

HİPERSPEKTRAL VE LİDAR VERİLERDE FİZİKSEL MODEL GÖZETİLEREK HEDEF TESPİTİ

TARGET DETECTION BY PHYSICAL MODEL OBSERVATIONS IN HYPERSPECTRAL AND LIDAR DATASET

EMRAH ODUNCU

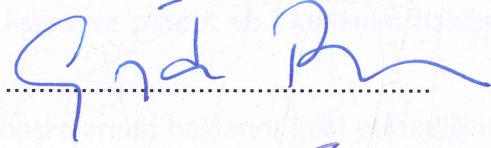
YRD. DOÇ. DR. SENİHA ESEN YÜKSEL
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

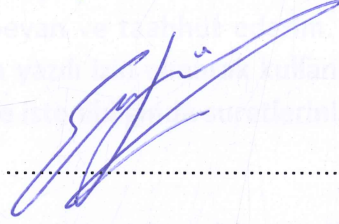
2018

EMRAH ODUNCU' nun hazırladığı **"HİPERSPEKTRAL VE LİDAR VERİLERDE FİZİKSEL MODEL GÖZETİLEREK HEDEF TESPİTİ"** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ELEKTRİK ve ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** OLARAK olarak kabul edilmiştir.

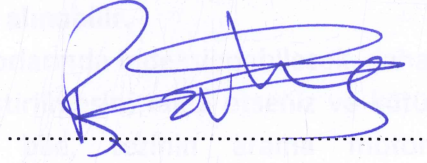
Prof. Dr. Güzde BOZDAĞI AKAR
Başkan



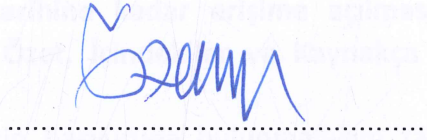
Yrd. Doç. Dr. Seniha Esen YÜKSEL
Danışman



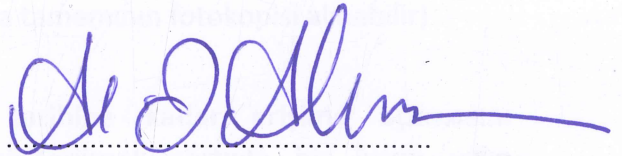
Prof. Dr. Birsen SAKA TANATAR
Üye



Yrd. Doç. Dr. Yakup ÖZKAZANÇ
Üye



Prof. Dr. Ali Ziya ALKAR
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 11.03.2019 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

22. / 03 / 2018

 (imza)

Öğrencinin Adı Soyadı

Emrah ODUNA

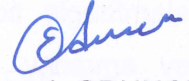
ETİK

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.

26.02/2018



Emrah ODUNCU

ÖZET

HİPERSPEKTRAL VE LİDAR VERİLERDE FİZİKSEL MODEL GÖZETİLEREK HEDEF TESPİTİ

Emrah ODUNCU

Yüksek Lisans, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Seniha Esen YÜKSEL

Ocak 2018, 82 sayfa

Hiperspektral hedef tespit algoritmaları, uzaktan algılamada kullanılan birincil uygulamalardandır. Yüzlerce bitişik dar spektral bantta toplanan uzaktan algılama görüntülerinde yer alan çeşitli hedefler, hedef tespit algoritmaları kullanılarak bulunur. Yapılan bu tez çalışmasında gölgeli ve açık alanda hedeflerin bulunduğu LiDAR ve hiperspektral veri kümeleri tümleştirilerek hedef tespit algoritmaları uygulanmıştır. Hedef tespit algoritmaları ışıma veri kümesine, yansıma veri kümesine ve fiziksel model içerisinde atmosferik düzeltme ve gölgeye göre düzeltme yapılarak elde edilen yeni yansıma veri kümesine uygulanmıştır ve hedef tespit sonuçları karşılaştırılmıştır.

Özellikle gölgelik alanda bulunan hedeflerin tespiti için, incelenen bölgenin LiDAR veri kümesi üzerinden gölgelik alanlar ve gökyüzü açıklığı değerleri belirlenmiş, veri kümesine ait atmosferik veriler yardımıyla atmosferik geçirgenlik, güneş parlaması, gökyüzü ışıması ve yol ışıması değerleri MODTRAN yazılımıyla elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler fiziksel modele konularak atmosferik düzeltme ve gölgeye göre düzeltme yapılmış yeni yansıma veri kümesi elde edilmiştir.

Hedef tespitinde imza tabanlı hedef tespit algoritmalarından uyarlanır koherens tahmincisi (ACE), spektral açışleştiricisi (SAM) ve uyumlu filtre (MF) kullanılmıştır.

Bu algoritmalar, hedef veri kümesine uygun olarak, gölgelik alanda bulunan hiperspektral verileri düzeltmenin hedef tespitine etkisini görmek amacıyla seçilmiştir. On iki mavi keçe ve on kırmızı keçe hedefinin bulunduğu SHARE 2012 AVON yerleşkesi veri kümesinde sekiz mavi ve sekiz kırmızı keçe hedefi farklı gölge aydınlanma seviyelerinde bulunmaktadır. Açık alan hedef verilerinin referans imza olarak kullanıldığı imza tabanlı algoritmalar bölgeye ait ışıma veri kümesi, yansıma veri kümesi ve fiziksel modelle elde edilen atmosfere ve gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma veri kümeleri üzerinden test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ROC eğrileri ve ROC eğrileri altında kalan alanlar üzerinden analiz edilmiştir.

Hedef tespit sonuçları hedef aydınlanma koşullarının, hedef arkaplan durumlarının ve hedef renklerinin hedef tespitine etkilerini görmek amacıyla gruplara ayrılarak sonuçlara eklenmiştir.

LiDAR ve hiperspektral veri kümelerinin tümleştirilmesi ile gölge ve açık alanda bulunan hedeflerin tespit edilme olasılığı %70-%90'lardan %100'lere çıkmıştır. Uygulanan algoritmalar içerisinde ACE en iyi sonucu göstermiş olup, elde edilen gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma veri kümesinde hedefler, incelenen diğer yansıma ve ışıma veri kümesine göre en düşük yanlış pozitiflik oranı ile hedefleri tespit etmiştir. Fiziksel modelde atmosferik düzeltme ve gölge düzeltilmesi yapılan yeni yansıma veri kümesinde SAM ve MF algoritmaları da verilen ışıma ve yansıma kümesinde yapılan hedef tespit sonuçlarına göre daha yüksek başarımlar göstermiştir ve bu başarımlar hedeflere göre %70'lerden %95-%100'lere çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: LiDAR, Hiperspektral Görüntüleme, Işıma, Yansıma, Fiziksel Model, Gökyüzü Açıklığı, Gölge, Hedef Tespiti.

ABSTRACT

TARGET DETECTION BY PHYSICAL MODEL OBSERVATIONS IN HYPERSPECTRAL AND LiDAR DATASET

Emrah ODUNCU

**Master of Science, Department of Electrical and Electronics
Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Seniha Esen YÜKSEL

January 2018, 82 pages

Hyperspectral target detection algorithms are the primary applications used in remote sensing. The various targets in the remote sensing images collected in hundreds of adjacent narrow spectral bands are found using target detection algorithms. In this thesis, target detection algorithms have been applied to fusion of LiDAR and hyperspectral dataset in which the shadow and open area targets are located. Target detection algorithms are applied to the radiance dataset, the reflectance dataset and the new reflectance dataset obtained from atmospheric correction and shadow correction in the physical model. Then, the target detection results are compared.

Especially for the detection of targets located in the shadow area, sky view factor and shadow density values were determined over the LiDAR dataset of the studied area, and atmospheric transmittance, sun irradiance, sky radiance and path radiance values are obtained by MODTRAN software with the help of atmospheric

data of dataset. The obtained data are put into physical model and atmospheric corrected and shadow corrected new reflectance dataset are obtained.

Adaptive coherence estimator (ACE), spectral angle mapper (SAM) and matched filter (MF) are used in signature-based target detection algorithms. These algorithms are selected to analyze the effect of correction of hyperspectral data in the shadow area on target detection, in accordance with the target dataset. In the SHARE 2012 AVON campus dataset, twelve blue felt and ten red felt targets are located, eight blue and eight red felt targets have different shadow illumination levels. Signature-based algorithms, using open area target data as a reference signature are tested on the radiance dataset, the reflectance dataset and the new reflectance dataset obtained by atmospheric correction and shadow correction in the physical model. The results are analyzed over the areas under ROC curves and ROC curves.

Target detection results are grouped in the results in order to see the effects of target illumination conditions, target background conditions and target colors on hyperspectral target detection.

Fusion of LiDAR and hyperspectral dataset, the probability of detecting targets in the shadow and open area has increased from 70%-90% to 100%. In the applied algorithms, the ACE showed the best result, and the targets in the atmospheric and shadow corrected new reflectance dataset are detected with the lowest false positive rate according to the other reflectance and radiance dataset examined. In the atmospheric and shadow corrected new reflectance dataset in the physical model, SAM and MF algorithms showed higher performance than the target detection results in the given radiance and reflectance dataset and according to targets these performance has increased from 70% to 95% - 100%.

Keywords: LiDAR, Hyperspectral Imaging, Radiance, Reflectance, Physical Model, Skyview, Shadow, Target Detection.

TEŞEKKÜR

Tez boyunca akademik bilgi ve tecrübelerinden fazlasıyla yararlandığım, akademik anlamda beni sürekli destekleyen ve emeğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Seniha Esen YÜKSEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışanlarının kişisel ve akademik gelişimine verdiği destekten ötürü TÜBİTAK BİLGEM İLTAREN'e, değerli takım arkadaşlarıma, çalışma boyunca bana güç veren ve daima destekleyen Buket TENKE'ye ve kıymetli aileme teşekkür ederim.

Bu tez TÜBİTAK tarafından 115E318 numaralı, "*Hiperspektral Görüntüler ile LİDAR Verilerinin Kaynaştırılması*" isimli proje kapsamında desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER	xi
ÇİZELGELER	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
SÖZLÜK DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Tezin Akışı	4
2. HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ ve ÖZELLİKLERİ	5
2.1 Kullanılan hiperspektral veri kümesi ve özellikleri	7
3. LİDAR SİSTEMLERİ ve ÖZELLİKLERİ	10
3.1 Kullanılan LİDAR veri kümesi ve özellikleri	11
4. HİPERSPEKTRAL VERİLERDE ÖN İŞLEME	12
4.1 Atmosferik etkiler	13
4.1.1 Atmosferik düzeltme	14
4.2 Geometrik etkiler	15
4.2.1 Coğrafi olarak yer tanımlama/düzeltilme (Georeferencing)	15
4.3 Gölge etkileri / Aydınlanma Etkileri	17
4.3.1 Gölge Alanların Bulunması	18
4.4 Gökyüzü açıklığı ve etkileri	21
4.4.1 Gökyüzü açıklığı bulunması	21
4.5 Sensör Kalibrasyonu	23
4.5.1 Share 2012 Sensör Kalibrasyonu	24

4.6	Anlamlı verilerin elde edilmesi.....	25
5.	TESPİT ALGORİTMALARINDA KULLANILAN VERİLERİN ELDE EDİLMESİ	25
5.1	Test koşumu yapılacak veri kümeleri	26
5.1.1	Işıma (Radiance) Verileri	27
5.1.2	Yansıma (Reflectance) Verileri	29
5.1.3	Atmosfere ve Gölgeye Göre Düzeltilmiş Yeni Yansıma Verileri.....	31
5.2	Hedef tespiti koşumunda kullanılacak hedef verileri.....	42
5.2.1	Ölçüm içinden alınan hedef ışımaya verileri	43
5.2.2	Ölçüm içinden alınan hedef yansıma verileri	43
5.2.3	Işıma verisi ve model ile tanımlanan hedef yansıma verileri	45
5.2.4	Yer ölçümünden alınan yansıma saf spektroskopi verileri	46
6.	TESPİT ALGORİTMALARINA GENEL BAKIŞ.....	48
6.1	Spektral Açık Eşleştiricisi (SAM-Spectral Angle Mapper).....	48
6.2	Uyarlanabilir Koherens Tahminicisi (ACE - Adaptive Coherence Estimator)	49
6.3	Uyumlu Filtre (MF - Matched Filter).....	49
7.	ALGORİTMALARIN GERÇEK VERİLER ÜZERİNDE KOŞTURULMASI ve SONUÇLARIN İNCELENMESİ.....	50
7.1	Algoritma Sonuçları	52
7.1.1	SAM Sonuçları.....	53
7.1.2	ACE Sonuçları	54
7.1.3	MF Sonuçları	55
7.1.4	Çim Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Sonuçları	56
7.1.5	Çakıl Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Sonuçları	58
7.1.6	Çim Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Sonuçları.....	59
7.1.7	Çakıl Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Sonuçları.....	61
7.2	Algoritma Sonuçlarında Aydınlatma Etkisinin İncelenmesi.....	63
7.3	Algoritma Sonuçlarında Arkaplan Etkisinin İncelenmesi.....	65

7.4	Algoritma Sonuçlarında Hedef Rengi Etkisinin İncelenmesi.....	66
8.	SONUÇLAR.....	68
	KAYNAKLAR (REFERENCES)	71
	EKLER	76
	ATCOR4 Log Dosyası Örneği	76
	SIU 2016 BİLDİRİSİ	77



ŞEKİLLER

Şekil 1 Genel akış diyagramı.....	3
Şekil 2 Spektral imza [3].....	5
Şekil 3 Hedef ışık durumları [3]	6
Şekil 4 Tek piksel spektrometre spektral imza gösterimi [3]	7
Şekil 5 Hiperspektral kamera hedef ölçümü ve veri küpü gösterimi [3]	7
Şekil 6 Pro SpecTIR-VS alan tarayıcı sensör sistemi [10].....	8
Şekil 7 Pro SpecTIR-VS Alan Tarayıcı Sensör Sistemi veri toplama GPS konumları [10].....	9
Şekil 8 SHARE 2012 – Avon yerleşkesi RGB görüntüsü [10].....	9
Şekil 9 ALS60 sensör sistemi [10]	11
Şekil 10 SHARE 2012 Avon yerleşkesi LİDAR görüntüsü	12
Şekil 11Atmosferik İletim – (Kuru/Açık-Nemli/Bulanık) – Karışık Gazlar, Aerosoller ve Su Buharı [18].....	13
Şekil 12 Ham veriler	17
Şekil 13 Düzenleme yapılmış spektral veriler	17
Şekil 14 Gölge Oluşumu [33].....	19
Şekil 15 UTC 17:06'da (öğleden önce 11:06'da) alınan LiDAR Veri Kümesi.....	20
Şekil 16 UTC 17:06'da (öğleden önce 11:06'da) alınan gölge haritası.....	20
Şekil 17 Gökyüzü Açıklığı Faktörü[28].....	21
Şekil 18 Gökyüzü Açıklığı Gösterimi [33]	22
Şekil 19 Veri Kümesi Gökyüzü Açıklığı Çıktısı	22
Şekil 20 Spektral Işıma ile Dijital değer ilişkisi [35]	24
Şekil 21 Veri kümesindeki hedeflerin yerleşimi [30].....	26
Şekil 22 UTC 17:06'da alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu ışıma verisi	28
Şekil 23 UTC 18:57'de alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu ışıma verisi	29
Şekil 24 UTC 17:06' da alınan kırmızı dalga boylu yansıma verisi	30
Şekil 25 UTC 18:57' de alınan kırmızı dalga boylu yansıma verisi	31
Şekil 26 Hiperspektral Işıma Modeli	32
Şekil 27 Hiperspektral Yansıma Verileri Elde Edilmesi.....	35
Şekil 28 Tam gölgeli, yarı gölgeli ve gölge düzeltme yapılmış mavi keçe verisi ...	36
Şekil 29 Tam gölgeli, yarı gölgeli ve gölge düzeltme yapılmış kırmızı keçe verisi	36

Şekil 30 Kırmızı, yeşil ve mavi dalga boylarından elde edilen öğleden önce gölge düzeltilmemiş yansıma veri	38
Şekil 31 Kırmızı, yeşil ve mavi dalga boylarından elde edilen öğleden önce gölge düzeltilmiş yeni yansıma veri.....	39
Şekil 32 Dalga numarasına göre güneş parlaması modtran koşum örneği	41
Şekil 33 Dalga numarasına göre sensör ile hedef arasındaki atmosferik geçirgenlik koşum örneği.....	41
Şekil 34 Dalga boyuna göre gökyüzü ve güneş parlaması modtran koşum örneği	42
Şekil 35 Dalgaboyuna göre sensör ile hedef arasındaki atmosferik geçirgenlik koşum örneği.....	42
Şekil 36 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında kırmızı keçe materyalinin spektral ışıma grafiği.....	43
Şekil 37 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında mavi keçe materyalinin spektral ışıma grafiği	43
Şekil 38 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında mavi keçe materyalinin spektral yansıma grafiği	44
Şekil 39 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında kırmızı keçe materyalinin spektral yansıma grafiği	44
Şekil 40 Çim ve çakıl arkaplanında mavi keçe materyalinin gölge düzeltilmiş spektral yansıma grafiği	45
Şekil 41 Çim ve çakıl arkaplanında kırmızı keçe materyalinin gölge düzeltilmiş spektral yansıma grafiği	45
Şekil 42 Açık alan mavi keçe spektroskopi verileri	46
Şekil 43 Açık alan kırmızı keçe spektroskopi verileri	47
Şekil 44 Açık alan çim arkaplanlı kırmızı keçe spektroskopi verileri	47
Şekil 45 Hedef Belirleme	51
Şekil 46 SAM algoritması sonuçları.....	53
Şekil 47 ACE algoritması sonuçları	54
Şekil 48 MF algoritması sonuçları	55
Şekil 49 Çim Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları	57
Şekil 50 Çakıl Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları	58
Şekil 51 Çim Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları	60
Şekil 52 Çakıl Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları.....	61

Şekil 53 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları.....	63
Şekil 54 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden sonra ACE algoritması sonuçları.....	63
Şekil 55 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları.....	66
Şekil 56 Çakıl arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları.....	66
Şekil 57 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları.....	67
Şekil 58 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları.....	67

ÇİZELGELER

Tablo 1 Hedef Kategorisi	27
Tablo 2 Modtran Girdi Parametreleri	34
Tablo 3 Hedefler ve Veri Kümeleri.....	52
Tablo 4 Hedef tespiti için kullanılan hedef bilgilerine göre sonuç adlandırılması ..	52
Tablo 5 SAM Algoritması ROC eğrilerinin altında kalan alanları	53
Tablo 6 ACE Algoritması ROC eğrilerinin altında kalan alanları	55
Tablo 7 MF Algoritması ROC eğrilerinin altında kalan alanları	56
Tablo 8 Çim Arkaplanlı Mavi Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları	57
Tablo 9 Çakıl Arkaplanlı Mavi Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları	58
Tablo 10 Çim Arkaplanlı Kırmızı Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları	60
Tablo 11 Çakıl Arkaplanlı Kırmızı Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları	61
Tablo 12 Aydınlanma durumuna göre hedef algoritma sonuçlarının ortalaması ..	64
Tablo 13 Aydınlanma durumuna göre hedef algoritma sonuçlarının ortalaması ..	64
Tablo 14 Arkaplan durumuna göre farklı hedef algoritma sonuçlarının ortalaması	66
Tablo 15 Renk durumuna göre algoritma sonuçlarının ortalaması	67

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar		
HSI	Hyperspectral imaging	Hiperspektral Görüntüleme
EO/IR	Electro Optic / Infrared	Elektro Optik / Kızılötesi
VIS	Visible Spectrum	Görünür Bant Bölgesi
NIR	Near Infrared	Yakın Kızılötesi Bölgesi
SWIR	Short-Wave Infrared	Kısa Dalga Kızılötesi Bölgesi
MWIR	Mid-Wave Infrared	Orta Dalga Kızılötesi Bölgesi
LWIR	Long-Wave Infrared	Uzun Dalga Kızılötesi Bölgesi
ATCOR	Atmospheric & Topographic Correction	ATCOR
MODTRAN	Moderate resolution atmospheric Transmission	MODTRAN
LİDAR	Light Detection and Ranging	Işık Tespiti ve Mesafe Ölçme
GLT	Geographic Lookup Table	Coğrafi Arama Tablosu
IGM	Input Geometry	İç Geometri Harita
BRDF	Bidirectional Reflectance Distribution Function	İki Yönlü Yansıtma Dağılım Fonksiyonu
SAM	Spectral Angle Mapper	Spektral Açık Eşleştiricisi

ACE	Adaptive Cosine/Coherence Estimator	Uyarlanır Koherens Tahmincisi
MF	Matched Filter	Uyumlu Filtre
ROC	Receiver Operating Characteristic	Alıcı İşletim Karakteristiği
PD	Probability of Detection	Tespit Olasılığı
FPR	False Positive Rate	Yanlış Tespit Oranı
ELM	Empirical Line Method	DeneySEL Hat Yöntemi
INS	Inertial Navigation System	Ataletsel Seyrüsefer Sistemi
FOG	Fiber Optic Gyros	Fiber Optik Bağlayıcılar
GPS	Global Positioning System	Küresel Konum Belirleme Sistemi
IMU	Inertial Measurement Unit	Atalet Ölçüm Ünitesi
DN	Digital Number	Dijital Değer
LE-ACE	Laplacian eigenmaps with Adaptive Cosine/Coherence Estimator	Laplacian Özgün Eşlemesi ile Uyarlanır Koherens Tahmincisi
PCA-ACE	Principal Component Analysis with Adaptive Cosine/Coherence Estimator	Temel Bileşen Analizi ile Uyarlanır Koherens Tahmincisi
SE-SSKP	Schroedinger Eigenmaps with spatial-spectral knowledge propagation	Schroedinger Özgün Eşlemesi ile uzamsal spektral bilgi yayılımı

SÖZLÜK DİZİNİ

Remote Sensing	Uzaktan Algılama
Radiance	Işıma
Reflectance	Yansımaya
Atmospheric Transmission	Atmosferik Geçirgenlik
Sun Irradiance	Güneş Spektral Işıması
Sky Irradiance	Gökyüzü Işıması
Path Radiance/Upwelling Radiance	Yol Işıması
Sun to Target Transmittance	Hedef – Güneş Arası Atmosferik Geçirgenlik
Sensor to Target Transmittance	Hedef – Sensör Arası Atmosferik Geçirgenlik
Sky-view Factor	Gökyüzü Açıklığı Faktörü
Solid Angle	Katı Açısı
Relief Horizon	Kabartma Ufku

1. GİRİŞ

Hiperspektral hedef tespit algoritmaları, yüzlerce bitişik dar spektral bantta toplanan uzaktan algılanmış görüntülerde çeşitli hedefleri bulmak için kullanılır. Bu hedefleri bulmak amacıyla birçok farklı algoritma ve hedef tespit sonuçlarını etkileyebilecek çok sayıda ön işleme basamağı ve algoritması bulunmaktadır. Farklı hedef tespit algoritmalarını kullanarak en iyi hedef tespitini yapmak için veri kümesini iyi bilmek, ön işleme ve tespit algoritmalarından oluşan optimal bir tespit prosedürü belirlemek gerekmektedir.

Hiperspektral sensörler yüzlerce bitişik dar bantta sahne spektral ışınmasını ölçmektedir ve bu ölçümler yüksek materyal ayrılabilirliği sağlamaktadır. Kısa kızılötesi (SWIR) ve yakın kızılötesini (NIR) kapsayan 400 nm – 2500 nm aralıkta ölçüm alan sistemler için materyal yansıma spektrumu tespit için karakteristik bir özelliktir [1]. Kısa ve yakın kızılötesi dalga boylarında ölçülen hiperspektral görüntülerde, ölçümün etkin olmasını sağlayan kaynak güneştir. Bu dalga boyu aralıklarında hedef tespiti yapılırken, güneşin etkin olarak ulaşmadığı gölge alanlardaki hedeflerin tespitinde problem oluşmaktadır. Bu nedenle, güneşin verinin toplandığı andaki konumu, gölgenin belirlenmesinde ve gölge alanlarda bulunan hedeflerin tespitinde büyük önem taşımaktadır. Özellikle gölgeli alanlarda bulunan hedeflerin tespitinde hiperspektral verinin yanında, LİDAR sensörü verilerinin ve atmosferik verilerin kullanılması hedef tespitini kolaylaştırmaktadır.

Gölge alanların bulunduğu hiperspektral veri kümesinde, hedef tespitine başlamadan önce veri kümesinin iyi incelenmesi gerekmektedir. Veri kümesine ait detaylar bölüm 2 ve bölüm 3'te anlatılmıştır. Veri kümesi incelendikten sonra, gölge alanlı veri kümesine uygun ön işleme algoritmalarının belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra belirlenen ön işleme adımlarının veri kümesine uygulanması gerekmektedir. Açık alanlı ve gölge alanlı veri kümesinde hedef tespiti yapılmadan önce, uygulanması gereken ön işleme algoritmaları bölüm 4'te detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

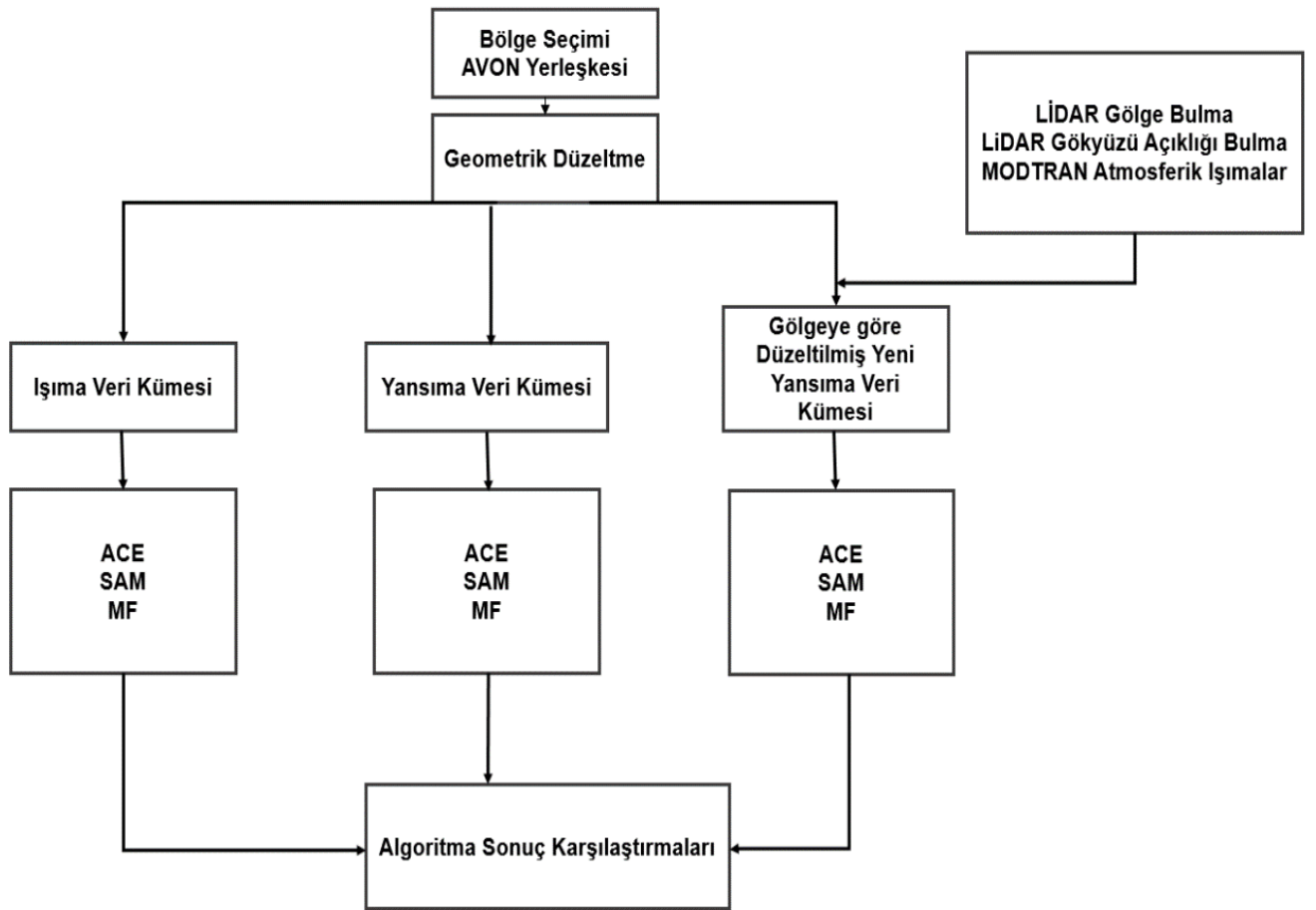
Veri kümesine uygulanan ön işlemlerden sonra hiperspektral hedef tespit algoritmalarının iyi bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Veri kümesinde uygulanan deneyler için spektral açı eşleştiricisi (SAM), uyarlanır koherens tahminicisi (ACE) ve uyumlu filtre (MF) algoritmaları seçilmiştir. Hedef tespit

algoritması için veri kümesi uygun bir prosedür ve farklı değişkenler gözüyle bakılarak uygulanmıştır. Veri kümeleri üzerinde algoritmalar uygulanırken, veri kümesinde bulunan hedefler, arkaplanlar ve ön işlemede uygulanan metodlar net olarak bilinerek performans metrikleri hesaplanmıştır. Böylece hedef tespit ve performans metriklerinden elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

Hedef tespit sonuçlarında performansı ölçmek için, ROC eğrilerinin kullanılması gerekmektedir. ROC eğrilerinin altında kalan alanlar sonuçları analiz etmekte kullanılmıştır. Tez çalışmasında ışıma veri kümesi, yansıma veri kümesi ve gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma veri kümesi olarak tanımladığımız ön işlemlerin uygulandığı veri kümesi algoritmalara girdi olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan algoritmalar, hedefler, hedeflerin renkleri, hedef arka planları ve hedeflerin gölgede olma durumları göz önünde bulundurularak karşılaştırmalar yapılmıştır. Kırmızı ve mavi keçe hedeflerinin bulunduğu veri kümesinde yapılan karşılaştırmalarda ACE algoritması en iyi performansı göstermiştir. Gölge düzeltilmemiş olarak verilen yansıma veri kümesinde ACE başarımı %70-%90 aralığında iken, gölge düzeltimi yapılarak elde edilen veri kümesinde başarımlar %100'lere kadar çıkabildiği görülmüştür. SAM ve MF algoritmalarının başarımları da atmosferik düzeltme ve gölge düzeltilmesi yapıldıktan sonra hedeflere göre %70'lerden %95-%100'lere kadar çıkmıştır. Ayrıca veri kümeleri ve hedefler; aydınlanma koşulları, arkaplan durumları ve hedef renklerine göre gruplara ayrılarak veri kümesinin toplanma ve oluşturulma durumuna göre etkileri analize eklenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Tezin amacı, hiperspektral görüntülemelerde gölge alanlı bölgede yer alan hedeflerin tespit edilmesidir. Tezde uygulanan genel akış diyagramı Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu bağlamda SHARE 2012 - AVON yerleşkesinden elde edilen veri kümesi üzerinde bulunan açık ve gölgeli hedeflerin imza tabanlı ACE, SAM ve MF algoritmaları ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Veri kümeleri üzerinde algoritmalar uygulanırken, veri kümesinde bulunan hedefler, arkaplanlar, atmosferik veriler ve ön işlemede uygulanan yöntemler incelenmiştir. Kısa ve yakın kızılötesi dalga boylarında toplanan hiperspektral görüntülerde, ölçümün etkin olmasını sağlayan kaynak güneştir. Güneş ışınlarının ulaşamadığı yerlerde gölge alanlar oluşmaktadır. Gölge alanlarda, etkin kaynak olan güneş ışınlarının yokluğundan hedeflerin tespitinde problem oluşmaktadır. Bu nedenle gölgede bulunan hedefleri tespit etmek amacıyla LİDAR veri kümesiyle hiperspektral veri kümesi tümleştirilerek kullanılmıştır. Veri kümesine ait atmosferik veriler ile MODTRAN yazılımından güneş parlaması, atmosferik geçirgenlik, gökyüzü ışıması, yol ışıması değerleri elde edilerek ve



Şekil 1 Genel akış diyagramı

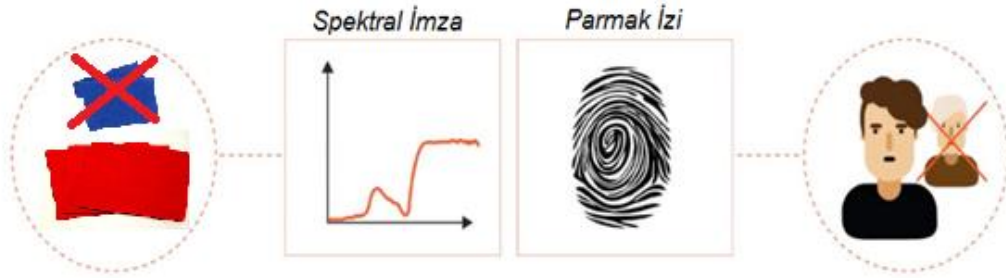
fiziksel model yardımıyla gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansımaya veri kümesi oluşturulmuştur. Elde edilen gölgeye ve atmosfere göre düzeltilmiş yeni yansımaya veri kümesi ile ışıma ve yansımaya veri kümesinden elde edilen hedef tespit sonuçları karşılaştırılmıştır.

1.2 Tezin Akışı

Çalışmada kullanılan temel kavramlar, tezin amacı ve tezin akışı Bölüm 1’de ele alınmıştır. Bölüm 2’de hiperspektral görüntüleme sistemleri ve kullanılan veri kümesi özellikleri, Bölüm 3’te LİDAR sistemleri ve kullanılan veri kümesi özellikleri anlatılmıştır. Bölüm 4’te hiperspektral verilerde ön işlemlerden atmosferik etkiler, geometrik etkiler, gölge etkileri, gökyüzü açıklığı etkileri, sensör etkileri ve anlamlı verilerin elde edilmesine detaylı yer verilmiştir. Bölüm 5’te hedef tespitinde kullanılacak veri kümelerinin özelliklerine ve kullanılan hedefler bulunmaktadır. Bölüm 6’da çalışmada kullanılan hedef tespit algoritmaları anlatılmıştır. Bölüm 7’de çalışmada elde edilen sonuçlar incelenmiş ve Bölüm 8’de genel sonuçlara yer verilmiştir.

2. HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ ve ÖZELLİKLERİ

Karidesler, insanların göremediklerini görürler. Mantis karideslerinin gözleri ışık altında kızılötesi bandını görebilirken, insan gözleri sadece elektromanyetik spektrumun görünür bant kısmını görebilir. Mantis karideslerinin kızılötesi bantta görebilmesi, bizim göremediğimiz avları tespit etmesine imkan verir. Bu, insan gözü algılamasının ötesinde olan algılamanın sadece bir örneğidir. Karideslerin dünyayı farklı dalga boylarında nasıl gördüklerine benzer, hiperspektral görüntüleme (HSI) tekniği de ultraviyolede uzun kızılötesi bandına elektromanyetik spektrumdaki bir hedef sahnenin bilgilerini toplar. Elde edilen bilgi nesnelerin tanımlanmasını kolaylaştırır. Bir hiperspektral veri küpü, üst üste dizilmiş bir dizi görüntüden oluşur. Her görüntü belirli bir dalga boyu bandını temsil eder. Bu görüntü kümesi "hiperspektral veri küpü" olarak adlandırılır. Hiperspektral bir görüntüde her piksel uygun bir spektral bölge üzerinde bir spektrumdan oluşur. Her nesne bu farklı dalga boyu bantları arasında benzersiz bir karaktere sahiptir. Bu benzersiz özellik Şekil 2'de gösterildiği üzere, "spektral imza" olarak adlandırılır. Spektral imzalar parmak izleriyle karşılaştırılabilir. Her malzeme ışık ile farklı tepki verdiği için, her malzemenin spektral imzası da farklıdır. Bir insanı tespit etmek için parmak izleri, materyali tespit etmek için spektral imzaları kullanılabilir [2].



Şekil 2 Spektral imza [3]

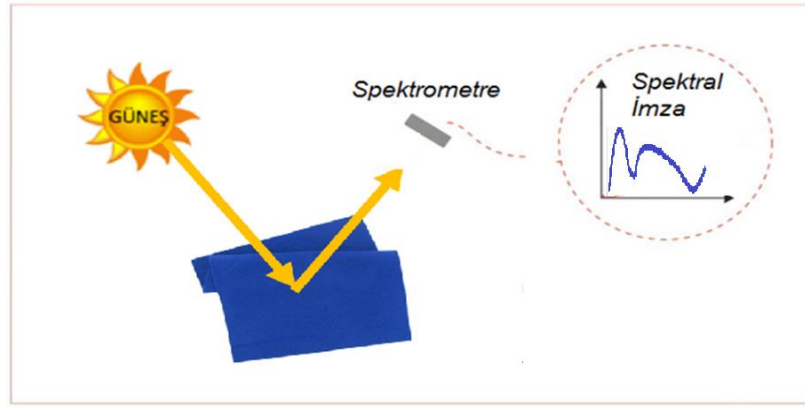
Hiperspektral görüntüler, görüntü spektrometreleri olarak adlandırılan araçlar tarafından üretilir. Bu kompleks sensörlerin gelişimi, birbiriyle ilişkili iki farklı teknoloji olan spektroskopi ve uzaktan görüntülemenin yakınsamasını içerir. Spektroskopi, malzemeden yayılan veya yansıyan ışığın dalga boyundaki enerji değişiminin incelenmesidir. Optik uzaktan algılama alanına uygulanan spektroskopi, dünyanın

yüzeyindeki malzemeler tarafından yansıtılan güneş ışığının spektrumunu ele alır. Spektrometre (veya spektoradiometre) adı verilen araçlar, bir test malzemesinden yansıyan ışığın zemin tabanlı veya laboratuvar ölçümlerini yapmak için kullanılır. Spektrometredeki ızgaralı veya prizma gibi bir optik dağıtıcı eleman, bu ışığı birçok dar, bitişik dalga boyu bandına böler ve her bandın enerjisi ayrı bir dedektör ile ölçülür. Bu aygıta aynı zamanda hiperspektral kamera denir. Hedef ışık durumları Şekil 3'te gösterilmiş olup, kamera ile hedeften ne kadar ışık yayıldığı, yansıtıldığı veya iletildiği kaydedilir Şekil 4'te tek bir piksel spektrometre ile spektral imza gösterimi ve Şekil 5'te ise hiperspektral kamera ile spektral imza ve veri küpü gösterimi yapılmıştır [3].

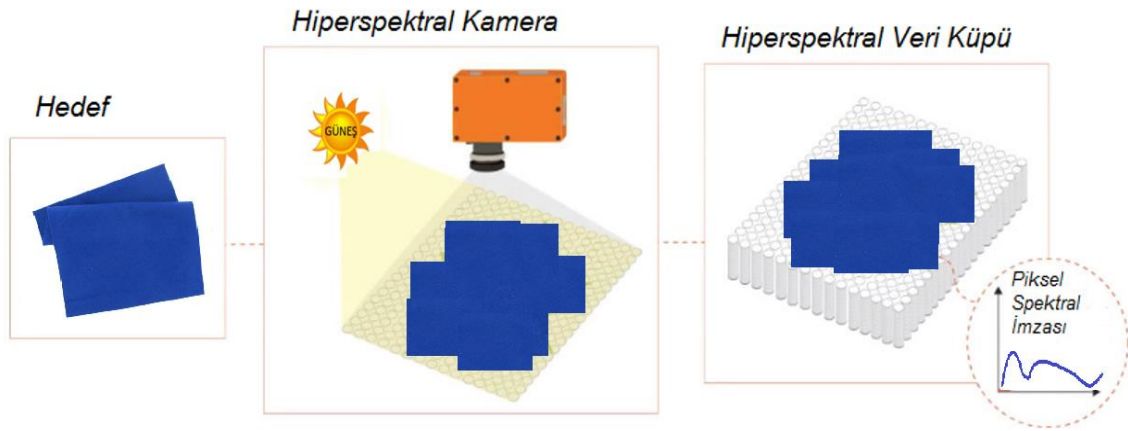


Şekil 3 Hedef ışık durumları [3]

Elektro-optik kızılötesi spektral bölgesi nominal olarak 0.4 ila 14 μm dalga boyundaki elektromanyetik spektrumun bir kısmıdır. Pasif elektro-optik kızılötesi algılama sistemi olan hiperspektral görüntüleme sistemleri ile yapılan ölçümlerde nesnelere etkiyen güneş ışığı ve nesnelerin termal emisyonu etkindir. Elektro-optik kızılötesi (EO/IR) spektrumu beş temel spektral bölgeye ayrılabilir: 0.4 ile 0.7 μm arasında görünür bant bölgesi (VIS), 0.7 ile 1.1 μm arasında yakın kızılötesi bölgesi (NIR), 1.1 ile 3.0 μm arasında kısa dalga kızılötesi bölgesi (SWIR), 3 ile 5 μm arası orta dalga kızılötesi bölgesi (MWIR), 5 ile 14 μm arası uzun dalga kızılötesi bölgesidir (LWIR). VIS, NIR ve SWIR bölgelerinde yansıyan güneş ışığı baskın ışıma kaynağıdır, LWIR bölgesinde ise termal emisyon baskındır [4]. Pasif bir uzaktan algılama teknolojisi olan hiperspektral görüntüleme sistemlerinin çalışabilmesi için güneşin varlığına ya da yeryüzünün doğal yayılım enerjisine ihtiyaç vardır ve hiperspektral sensörler ile toplanan veriler savunma sanayi [5], astronomi [6],[7], madencilik [8] ve kimya [9] gibi birçok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 4 Tek piksel spektrometre spektral imza gösterimi [3]



Şekil 5 Hiperspektral kamera hedef ölçümü ve veri küpü gösterimi [3]

2.1 Kullanılan hiperspektral veri kümesi ve özellikleri

Hiperspektral görüntüler Şekil 6'da gösterilen hava aracına monte edilen Pro SpecTIR-VS alan tarayıcı sensör sistemi kullanılarak, 400-2450 nm dalga boyları arasından 5 nm spektral çözünürlükte, toplam 356 adet spektral bantta toplanmıştır. Veriler 1m uzamsal çözünürlüktedir ve dahili GPS sisteminden alınmış koordinat bilgilerini de içermektedir [10].



Şekil 6 Pro SpecTIR-VS alan tarayıcı sensör sistemi [10]

Elde edilen veri küplerine ait ham değerler, Rochester Teknoloji Enstitüsü'nde görüntüleme bilimi için kurulan Dijital Görüntüleme ve Uzaktan Algılama (DIRS) Laboratuvarı tarafından kalibrasyon dosyaları kullanılarak spektral ışıma değerlerine dönüştürülmüştür. Işıma değerlerinin birimi $mW/cm^2sr \mu m$ 'dir ve ölçekleme katsayısı 1000'dir. Veri kümesinden bir piksel için okunan dijital değer 4500 ise, gerçek spektral ışıma değeri o piksel için $4.5 mW/cm^2sr \mu m$ 'dir.

Spektral ışıma değeri, spektral yansıma değerine dönüştürülürken Rochester Teknoloji Enstitüsü'nde görüntüleme bilimi için kurulan Dijital Görüntüleme ve Uzaktan Algılama (DIRS) Laboratuvarı ATCOR ışıınım transfer kodu kullanmıştır. ATCOR yazılımı içinde atmosferik emilim ve saçılım bileşenlerini hesaplamak amacıyla MODTRAN [11] kullanır. Kullanılan veri kümesinin üstbilgisinde, alınan veri sayısı, veri toplama zamanı, yapılan işlemler için kabul edilen değerler, bant

sayısı, dalga boyları ve güneşin veri toplama esnasındaki yanca- yükseliş açıları detaylı olarak verilmiştir. Örnek veri kümesine ait log dosyası EKLER kısmında gösterilmiştir. Verilerin toplandığı AVON bölgesinin GPS konumları Şekil 7’de, yerleşkenin ve hedeflerin RGB görüntüsü ise Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 7 Pro SpectIR-VS Alan Tarayıcı Sensör Sistemi veri toplama GPS konumları [10]



Şekil 8 SHARE 2012 – Avon yerleşkesi RGB görüntüsü [10]

3. LİDAR SİSTEMLERİ ve ÖZELLİKLERİ

Işık Tespiti ve Mesafe Ölçme (LİDAR – Light Detection and Ranging), bir hedefi lazerle aydınlatıp yansıyan ışığı analiz ederek mesafeyi ölçen uzaktan algılama teknolojisidir. Lazer görüntüleme algılama ve mesafe ölçümü (LİDAR – Laser Imaging Detection and Ranging) olarak da ifade edilen teknoloji aktif uzaktan algılama sistemlerindendir. Bu özelliği ile enerjisini güneşten alan pasif sensörlerden farklıdır; LİDAR’da sistem yakın kızılötesi bandında aktif olarak lazer darbesi gönderir ve gönderilen darbenin geri gelmesini bekler. Darbenin gönderiliş ve geri dönüş süresine bağlı olarak yükseklik belirlenir.

LiDAR ile tarama yapılarak yeryüzünün topografik modeli, sayısal yüzey modeli, sayısal arazi modeli, yükseklik modeli yüksek doğruluklarla hızlı bir şekilde üretilebilmektedir. LiDAR ile alınan veriler, üretilen modeller yoğun nokta bulutlarından (point clouds) oluşur. Bu yoğun nokta bulutu, her bir nokta için 3 boyutlu (X-Y-Z) nokta bilgisini içerir ve ilgili yere göre yoğunluğu değişen nokta bulutları veri kümelerine kaydedilir.

Genel olarak bir LiDAR sisteminde; konum ve yönlendirme sisteminde (Positioning and Orientation System-POS) küresel konum belirleme sistemleri (Global Navigation Satellite System-GNSS), inersiyal ölçme birimi (Inertial Measurement Unit-IMU) ile izdüşüm merkezinin koordinatları ve üç dönüklük parametreleri belirlenerek ilgili platformun yönlendirmesi gerçekleştirilir. Sistemde lazer tarayıcı ve diğer ekipmanların yerleştirildiği platforma ek olarak kontrol ve veri depolama birimi bulunur.

Günümüzde LiDAR sistemlerinin kullanım alanları [12] şunlardır :

- Temel harita üretimi: LiDAR sayısal arazi modeli, ortorektifikasyon, kritik arazi arızaları ile destekli olarak eş yükseklik eğrisi üretimi.
- Sel baskınlarının haritalanması: Sel baskını zarar analizleri, hidrolojik ve hidrolik modelleme.
- Doğal kaynak yönetimi: Ağaç yükseklikleri, kereste hacmi, maden sahalarında hacim hesaplamaları.
- Ulaşım ve/veya altyapı güzergahlarının haritalanması: Yeni ulaşım ve altyapı projelerinin tasarım ve uygulamaları.

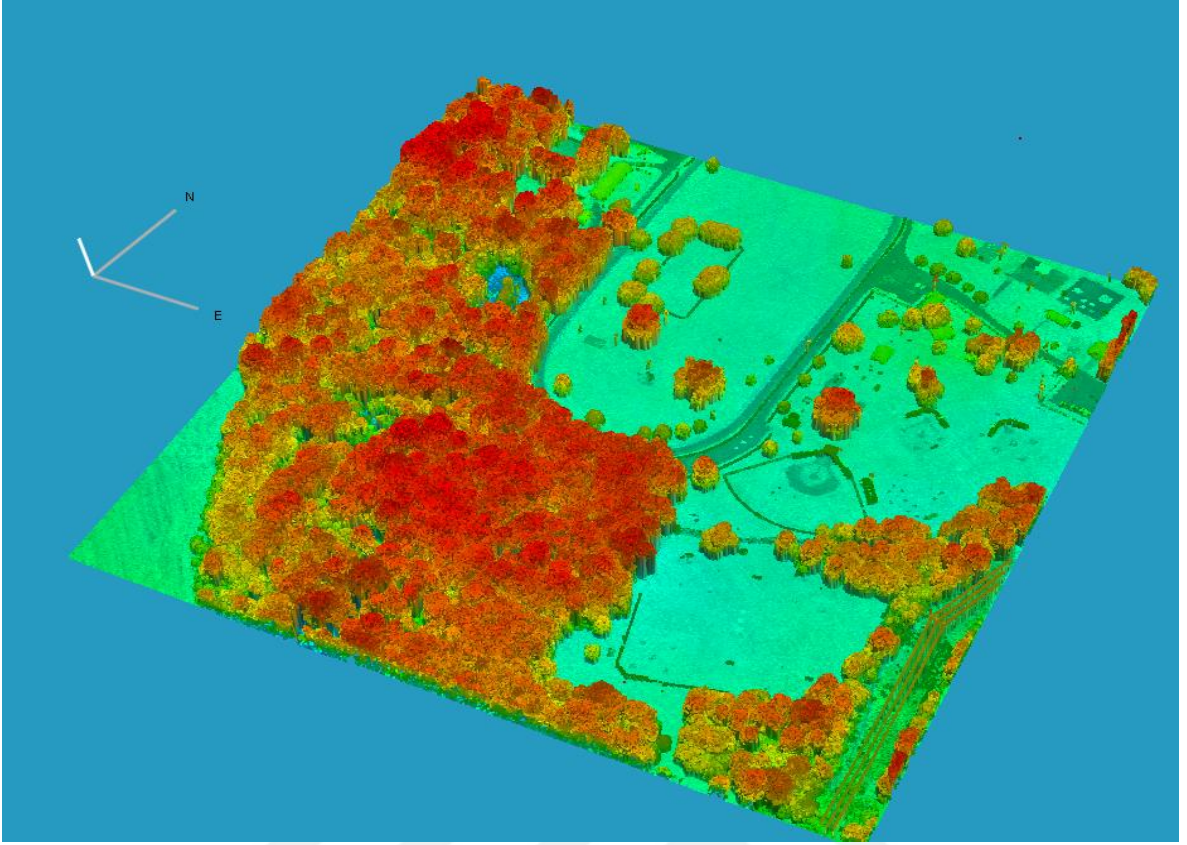
- Şehir modelleme: Hazırlanacak 3-B yeryüzü ve yansıtıcı yüzey modelleri, kentsel planlama, görüş analizleri.
- Enerji nakil hatları: Tasarım, yeniden inşa ve termal izleme analizleri.
- Demiryolları: Mühendislik tasarımları, tren kontrolleri için izleme verilerinin elde edilmesi.
- Karayolları: Karayolu tasarımında doğru veri temini.
- Sulama: Özellikle yüksek yükseklik doğruluğu gerektiren sulama projelerinde topografik harita üretimi.

3.1 Kullanılan LİDAR veri kümesi ve özellikleri

LiDAR veri kümesinin toplanması için Şekil 9'da gösterilen dahili GPS sistemine sahip, 1064nm dalgaboyunda lazer ışınları yayan ALS60 sensör sistemi kullanılmıştır. LiDAR verileri 20 Eylül 2012 tarihinde kayıt edilmiş olup koordinat bilgilerini, her nokta için yükseklik bilgilerini, yansıyan lazer sinyalinin yoğunluğunu ve geliş açısı bilgilerini içermektedir. LiDAR veri kümesi 0.5m uzamsal çözünürlüktedir [13]. LiDAR verilerinin nokta bulutlarından elde edilen görüntü Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9 ALS60 sensör sistemi [10]



Şekil 10 SHARE 2012 Avon yerleşkesi LİDAR görüntüsü

4. HİPERSPEKTRAL VERİLERDE ÖN İŞLEME

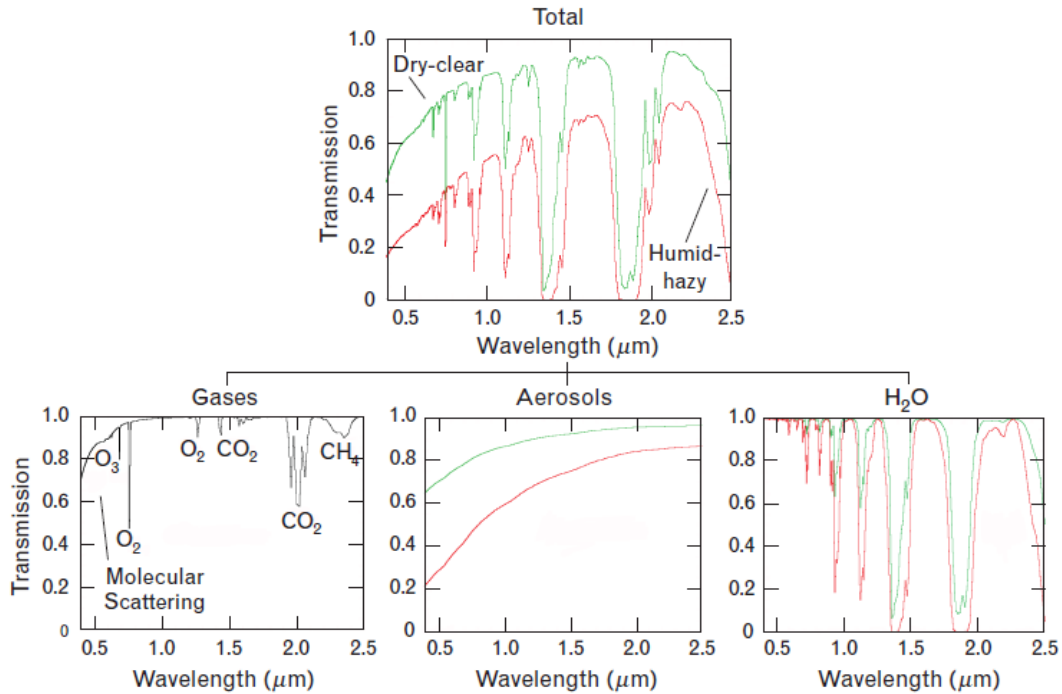
Hiperspektral sensörlere ait ham veriler, hedef tespit algoritmaları tarafından kullanılmadan önce ön işlenmelidir. Havadan alınan hiperspektral görüntüler için ilk ön işleme basamağı, coğrafi olarak yer tanımlama/düzeltilme işlemidir. Yer tanımlama /düzeltilme işlemi yapılan veriler, ışımaya kalibrasyonu işlemiyle ham veri değerlerinden (dijital değerler) ışımaya değerlerine ilişkilendirilirler. Bu ilişkilendirme tekniğinde toplanan ham veriler değişmez. Veriler istenildiği zaman yeniden düzenlenebilir veya eklenebilir. Literatürde yer alan ikinci ön işleme basamağına göre, ham verilerden ışımaya kalibrasyonu sonucu elde edilen ışımaya verilerine atmosferik düzeltme uygulanmalıdır. Son yıllarda atmosferik düzeltme işlemlerinde elde edilen ilerlemeler [14][15][16][17], spektral ayırma ve materyal tanıma işlemlerindeki başarıyı arttırmıştır. Atmosferik etkilerin düzeltilmesinin amacı, sensördeki gözlemlenen ışımaya değerlerine ve atmosferik koşulların bilgisine dayanan bir nesnenin yansıma veya sıcaklık değerlerini tahmin etmektir. Ayrıca bu bölümde, ön işleme algoritmalarının yanı sıra hedef tespit prosedüründe gölge etkileri, aydınlanma etkileri, gökyüzü açıklığı etkileri de incelenmektedir.

4.1 Atmosferik etkiler

Atmosferik etkiler havadan bir platform ile alınan hiperspektral verilerde yüzey yansımalarını hesaplamak amacıyla kullanılır. Elektromanyetik spektrumda 2.5 μm 'nin altındaki dalga boylarında güneş akısı değişiminde;

- Ozon (O_3), oksijen (O_2), metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) gibi iyi karıştırılmış gazlar tarafından emilim,
- Su buharı (H_2O) ile emilim,
- Moleküller tarafından saçılma ve emilim,
- Aerosoller tarafından saçılma ve emilim söz konusudur.

Gaz emiliminin etkileri dalga boyu ve gaz özelliklerine göre değişir ve güneş akısı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Aerosol emilimi, moleküler emilimine kıyasla küçüktür ve genellikle düzgün değişen sürekli bir fonksiyon olarak görülür. Genellikle deneysel hiperspektral veri kümeleri için bulutsuz koşullar altında, moleküler (Rayleigh) saçılım görünür bant dalga boylarında önem taşır. Moleküllerin saçılması, Rayleigh saçılım teoremi ile tanımlanabilir.



Şekil 11 Atmosferik İletim – (Kuru/Açık-Nemli/Bulanık) – Karışık Gazlar, Aerosoller ve Su Buharı [18]

İki atmosfer koşulunda, kuru-açık ve nemli-bulanık, 0.4 μm ile 2.5 μm arasında spektral bölgede gözlemlenen önemli gazların atmosferik iletimi Şekil 11'de gösterilmektedir. Zayıf ozon emme 0.5 μm ile 0.7 μm arasında bulunur. 0,76 μm 'de güçlü, dar bir oksijen emilim hattı mevcuttur. Daha zayıf bir oksijen hattı 1.27 μm 'de bulunur. Karbondioksit 1,9 μm ile 2,1 μm arasında güçlü bir biçimde emilir. Karbondioksit ayrıca 1.43 μm 'de zayıf bir emilim hattı sergiler. Metan ile zayıf emilim 2.2 μm ile 2.5 μm arasında bulunur. VNIR bandındaki su buharı emilimi, çeşitli kuvvetlerin ve spektral genişliklerin çeşitli bantlarıyla karakterize edilir. İki zayıf absorpsiyon bandı 0.6 μm ve 0.66 μm 'de bulunur. Biraz daha kuvvetli ve daha belirgin bantlar 0.73 μm , 0.82 μm ve 0.91 μm 'de bulunur. 0,94 μm ve 1,14 μm 'de su buharı emilimi, bant merkezlerinde ve merkez dışı konumlardaki ölçümlerin, toplam kolon su buharını türetmek için kullanılabilecek kadar güçlüdür. 1.375 μm , 1.9 μm ve 2.5 μm civarında su buharı emilimi, yüzey yansımalarının alınmasını zor veya imkansız hale getirecek kadar güçlüdür. Bu nedenle, bu bantlar, yüksek irtifada nem ve bulut etkileri hakkında bilgi elde etmek için kullanılır, çünkü bu dalga boylarındaki sinyallerin çoğu orta-üst troposferden (8–15 km yükseklik) gelmektedir. Su buharı, atmosferik iletimde açıkça en büyük etkiye sahipken, aerosoller de önemli bir rol oynamaktadır ve yüzey yansımalarının kesin bir tahmini elde edilecek olursa, düzeltme işlemlerinde etkin bir şekilde ele alınmalıdır. Aerosol etkileri, atmosferik nem, aerosol türü ve görünürlük ile büyük ölçüde değişebilir [18].

4.1.1 Atmosferik düzeltme

Hiperspektral sensörlerden elde edilen ışıma verileri, yalnızca yüzeyin spektral özellikleri hakkında değil, araya giren atmosfer hakkında da bilgi içerir. Bu sensörler öncelikle yeryüzünün spektral yansıma bilgisini elde etmek için bir araç olarak kullanıldığından, araya giren atmosferin etkilerini ortadan kaldırmak veya telafi etmek önemlidir. Hiperspektral veride atmosferik düzeltme algoritmalarının genel amacı, ölçülen spektral verilerden güneş aydınlatması ve atmosferik etkileri (ağırlıklı olarak aerosol saçılması ve su buharı emilimi) ortadan kaldırmaktır. Böylece yüzey yansımalarının doğru bir tahmini elde edilebilir. Alınan yüzey yansıtma değerleri, daha sonra çeşitli materyalleri temsil eden spektral imza değerleri ile karşılaştırılabilir.

Hiperspektral verilere uygulamak için çeşitli atmosferik düzeltme modelleri mevcuttur. Literatürde modeller istatistiksel veya deneysel ve fizik temelli iki temel

kategoriye ayrılır. İstatistiksel veya deneysel model, sensör gözlemleri ile yüzey yansıtma arasındaki istatistiksel ilişkileri geliştirmek için bir sahnede belirli referans nesnelerinin (örneğin kalibrasyon panelleri) yansıtma özelliklerine ilişkin önceden bilgi kullanmaktadır. Bu model deneysel hat yöntemi (ELM) olarak ifade edilen bir istatistik tabanlı atmosferik düzeltme modelidir [19][20]. ELM, her bir spektral bant için ham ışıma ve yüzey yansıtma arasında bir ilişki sağlayan doğrusal dönüşüm denklemi oluşturur. Bu işlem, ölçülen sinyalden güneş parlaklığını ve atmosferik yol parlaklığını kaldırmaya eşdeğerdir. Bu ilişkiden elde edilen her spektral bant için kazanç ve ofset faktörleri, atmosferik bileşeni ölçümlerden uzaklaştırmak için sahnedeki diğer tüm piksellere uygulanır. ELM, referans nesne spektral yansımalarının doğru bir şekilde bilinmekte olduğunu varsayarak, yüzey yansımalarını tahmin eder. Gerçek atmosferik telafi istendiğinde ve bir sahne hakkında doğrudan bilgi bilinmiyorsa, deneysel algoritmalar geçerli olmayabilir. Bu durumlar için ise atmosferik sinyale su buharı, aerosol ve karışık gaz katkısını göstermek için atmosferin fiziksel özelliklerinin kullanıldığı fiziksel modeller uygulanır. Yaygın olarak kullanılan modeller ATREM, FLAASH ve ATCOR'dur [14]. Kullanılan modeller farklı atmosferik düzeltme yöntemleri için, arkaplanda gerekli ışımaları ayrı ayrı hesaplamak amacıyla, radyometrik transfer modellerine sahip yazılım paketlerinden MODTRAN [11][21] uygularken, hepsi de su buharı, aerosol ve karışık gaz katkısının hiperspektral ölçümler üzerindeki etkilerini hesaba katar.

4.2 Geometrik etkiler

Hiperspektral veriler taramalı (scanning) bir sistem tarafından alınmıştır. Verilerle işlem yapmadan önce ön işleme kapsamında alınan verilerin coğrafi tarama tablosu (Geographic Lookup Table) ve uzam ölçüm geometrisi (Input Geometry) dosyası incelenmiştir. Bu bilgiler ışığında, veriler aşağıda anlatıldığı şekilde coğrafi olarak düzeltilmiştir.

4.2.1 Coğrafi olarak yer tanımlama/düzeltilme (Georeferencing)

Hava platformu üzerine yerleştirilen hiperspektral kamera ataletsel seyrüsefer sistemi (INS – (inertial navigation system)) paketine bağlı olarak, fiber optik bağlayıcılar (FOG-(fiber optic gyros)) veya mikro elektrikli mekanik sistemler (MEMS-(micro electrical mechanical systems)) tabanlı açısal hız sensörleri ve MEMS tabanlı ivme ölçerleri veya servo / kuvvet-geribildirim ivme ölçerleri içerir. Verilerin doğru bir şekilde coğrafi referans almasını sağlayan, ana işlemciye

gönderilen açısal hız ve doğrusal ivme verisini tek bir modülde toplayan elektronik bir birim olan IMU (inertial measurement unit), INS'te kalman filtresi ile beslenerek gerçek zamanlı diferansiyel düzeltmeleri kullanan 12 kanallı bir GPS sistemiyle birleştirilmiştir. INS konum verilerinin görüntüye en iyi şekilde çevrilmesini sağlamak için, INS ve kamera paralelleştirilmelidir.

Coğrafi referanslama işlemi için doğu ve kuzey tarafında piksel-piksel tanımlaması olan 2 bant iç geometri harita (IGM(Internal Geometry Map)) dosyası oluşturulmuştur. Ayrıca, harita alanına yansıtılan 1 bantlı bir dosya ile ilişkili coğrafi arama tablosu (GLT(Geographic Lookup Table)) de sağlanmaktadır. Bu dosyalardan herhangi biri, tamamen gezinilmiş görüntüler veya daha sonraki analiz sonuçlarını oluşturmak için görüntü işleme yazılımı tarafından kullanılabilir [22].

Yihang Sun, SHARE 2012 veri kümesinden elde edilen düzeltilmemiş ve düzeltilmiş hiperspektral görüntülere bir karşılaştırma metodolojisi uygulayarak bu verileri incelemiştir. Düzeltilmemiş görüntüyü en yakın komşuluk arama yöntemi (nearest neighbor resampling approach) kullanılarak düzeltirken; düzeltilmemiş veri, doğrudan işleme tabi tutulmadan sensör tarafından toplandığı şekliyle analiz edilmiştir. Performans karşılaştırmasını, spektral karışma ve alt piksel hedef saptamada değerlendirmiştir. Karşılaştırma sonucunda, coğrafi referanslama işleminin hiperspektral görüntülerde sınırlı bir ölçüde faydalı olacağı ifade edilmiştir [23].

Hiperspektral veriler taramalı bir sensör sistemine sahip kameralar ile alındığı için inceleme yapmadan önce alınan verilerin coğrafi tarama tablosu ve iç geometri harita dosyası incelenmiştir. Bu bilgilerle Şekil 12'deki ham hiperspektral verilerden, Şekil 13'teki coğrafi tarama tablosu yardımıyla düzenlenmiş (georectification) hiperspektral veriler elde edilmiştir. Düzenleme işlemi ENVI [24] yazılımında bulunan "georeferencing tool" ile yapılmıştır.



Şekil 12 Ham veriler



Şekil 13 Düzenleme yapılmış spektral veriler

4.3 Gölge etkileri / Aydınlanma Etkileri

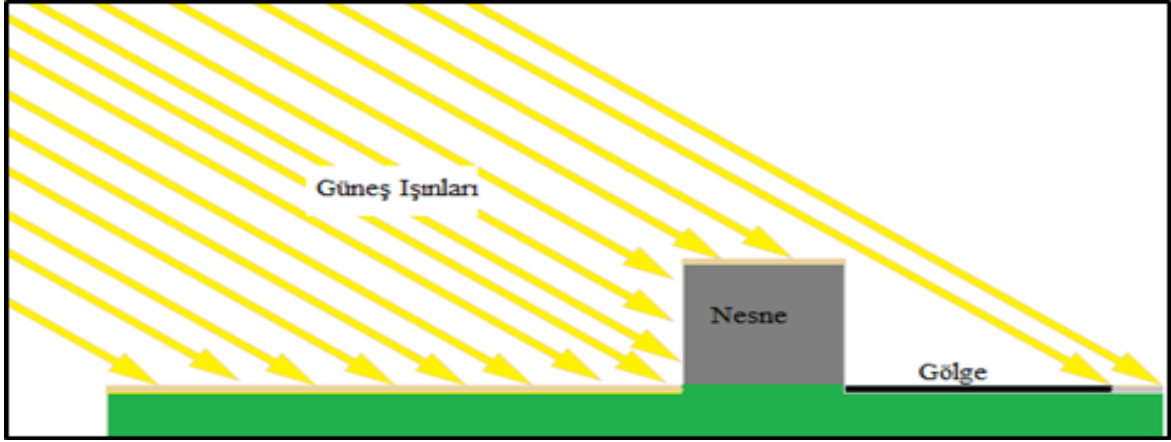
Kısa ve orta dalga boylarında ölçülen hiperspektral görüntülerde, ölçümün etkin olmasını sağlayan kaynak güneş olduğu için gölge alanlardaki hedeflerin tespitinde problem oluşmaktadır. Bu alanlara yeterince güneş ışığı gelmediğinden hedefin imzası zayıf kalmakta ve hedef tespiti yapılamamaktadır. Hiperspektral sensörler ışınım kaynağı olarak güneşi kullandıklarından, bir hiperspektral veri kümesindeki aynı materyal farklı aydınlanma koşullarına bağlı olarak farklı spektral imzaya sahip olabilmektedir. Bu nedenle, güneşin verinin toplandığı andaki konumu, gölgenin

belirlenmesinde ve gölge alanlarda bulunan materyallerin incelenmesinde büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, aydınlanmanın hiperspektral görüntülerde gölge alanlardan alınan veriler üzerindeki etkisi de aktif bir çalışma konusu olarak öne çıkmaktadır. Bu konuda literatürde yapılan araştırmalarda, spektral veri kullanan ve hiperspektral verilerini LiDAR verileri ile birlikte kullanan çalışmalar bulunmaktadır. Farklı aydınlanma koşullarında bulunan hiperspektral verilerde gölge ve aydınlanma koşullarının etkisi, çeşitli süzgeçleme yöntemleri ile deneysel olarak karşılaştırmıştır [25]. Gölge ve güneşlik alanların spektral imzalarının incelendiği bir çalışmada gölgedeki pikselleri güneşteki piksellerin imzaları ile değiştirirken; gölgedeki imzaların nasıl görünebileceklerini hesaplayarak bir tespit yöntemi geliştirmişler [26][27]. Hiperspektral verilerde aydınlanma ve gölge alanında yapılan diğer bir çalışmada, hiperspektral ve LiDAR veri kümelerinde doğrusal olmayan en küçük kareler kestirimi kullanılarak aydınlanma ve gölge düzeltme işlemini kullanmıştır [28]. Aydınlanma etkisinin incelendiği ve gölge alanlarda hedef tespitinin yapıldığı bir diğer çalışmada, LiDAR veri kümesinden yararlanarak aydınlanma faktörü elde edilmiştir. Bu aydınlanma faktörü açık alandaki ve yoğun gölgelik alandaki hedeflerin tespitinde kullanılmış ve hedefin hem açık alanda hem de yoğun gölgelik alanda tespitine olanak sağlamıştır. Share2012 veri kümesinde farklı aydınlanma faktörlerine sahip hedeflerin analizi yapılmıştır. Benzer hedefler farklı arkaplanlara sahip bölgelere farklı aydınlanma koşullarında yerleştirilmiş; arkaplan ve aydınlanma faktörü değişiminin hedef tespitindeki etkisi araştırılmıştır. Arkaplan ve aydınlanma koşulu farklılıklarının hedef imzalarındaki etkisine bakılarak hedef tespit algoritmaları koşturulmuştur. Spektrumu normalleştirmenin gölge ve gölge olmayan yerlerden alınan benzer verilerin birbirine benzemesini sağladığı gösterilmiştir [29][30].

4.3.1 Gölge Alanların Bulunması

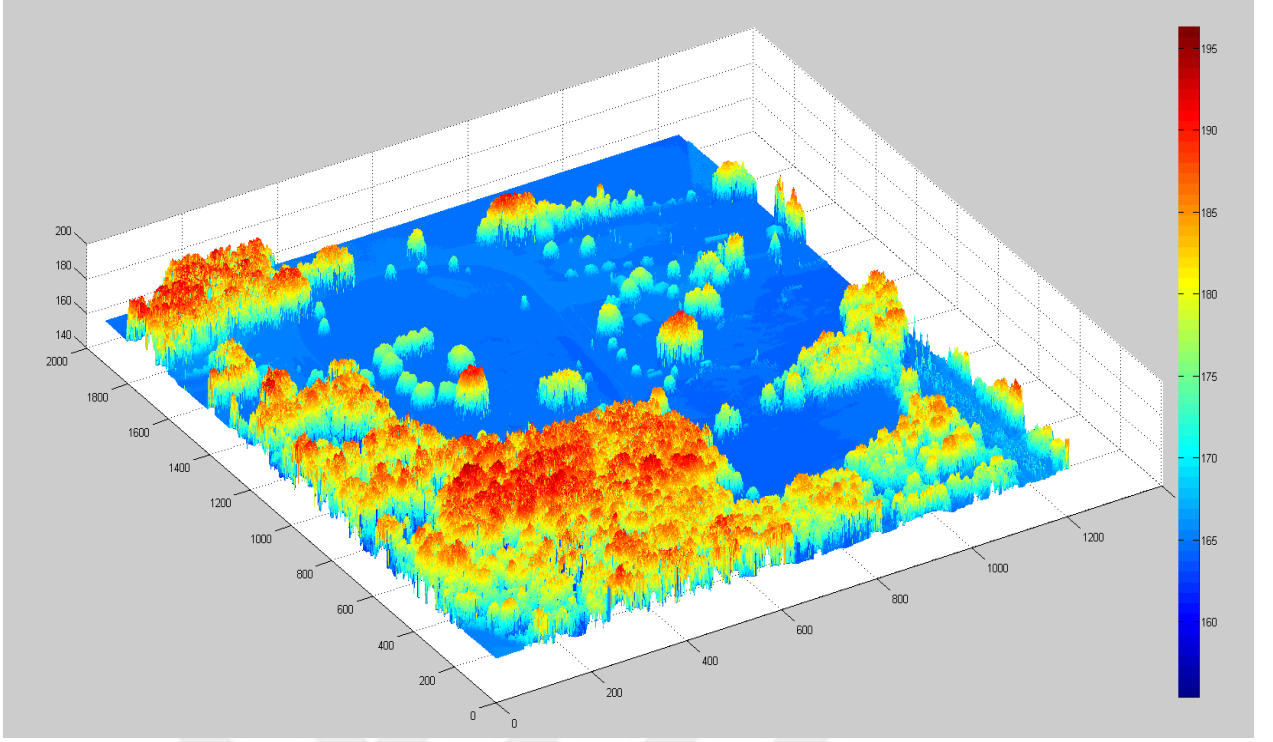
Noktasal bir ışık kaynağından çıkan ışınlar doğrusal bir yol izler. Kaynağın önüne ışık geçirmeyen bir cisim konulduğunda kaynaktan çıkan ışınların bir kısmı bu nesnenin arkasına ulaşamaz. Şekil 14'te gösterildiği üzere, cismin arkasında kalan ve ışık kaynağından çıkan ışınların ulaşamadığı bölge gölge olarak adlandırılır [31]. Bir noktanın gölgede olup olmadığına karar vermek için o noktadan kaynağa doğru sanal bir ışın gönderilir. Bu sanal ışın bir cisme çarparsa cisim güneşi direkt olarak

göremiyor demektir, yani gölgededir. Bu algoritmaya görüş hattı algoritması denilmektedir.

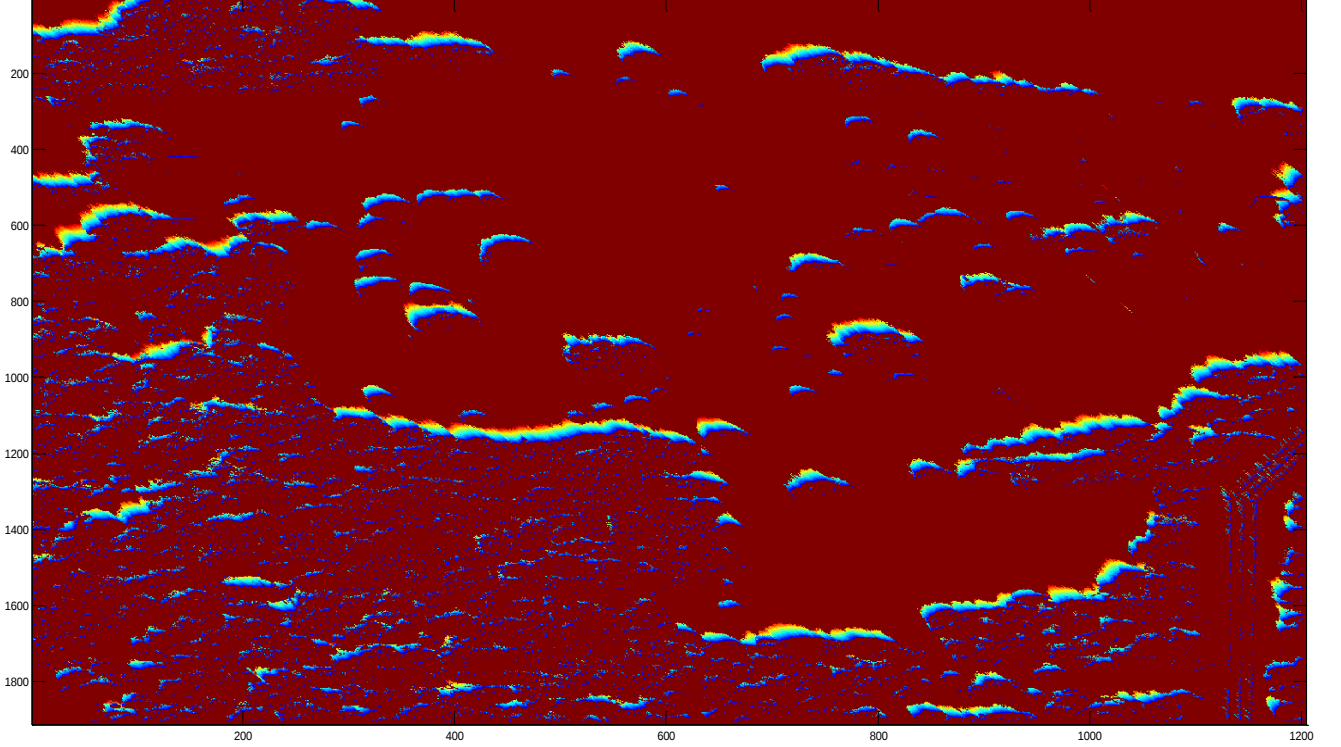


Şekil 14 Gölge Oluşumu [33]

Burada LiDAR verileri üzerinde görüş hattı algoritması koşturularak gölge alanlar bulunmuştur. Bunu yaparken asıl amacımız hiperspektral görüntülerdeki gölgelik alanları bulmak olduğundan, görüş hattı algoritması koşturulurken hiperspektral verilerin alındığı tarih ve saat baz alınmıştır. Tarih ve saate bağlı olarak güneşin yüzeye geliş açıları değiştiği için, güneşin zenit ve yanca açıları hiperspektral verinin bilgi bölümünden alınmıştır. Zenit açısı ve yanca açısı veri kümelerine [31][32]'de geliştirilen koda girdi olarak kullanılmıştır ve ışık yoğunluğu hesaplanması için Model 1 kullanılmıştır. Modelde gölgenin yoğun olduğu yerlerde ışık yoğunluğu az iken, gölge oluşturulan nesneden uzaklaştıkça ışık yoğunluğu artmaktadır. Ölçüm alınan bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 160 metre ve bölgede bulunan en yüksek nokta ise 195 metredir. Şekil 15'te çalışmada kullanılan LiDAR veri kümesi ve Şekil 16'da çalışmada kullanılan LiDAR veri kümesine ait UTC 17:06'da (öğleden önce) alınmış gölge haritası gösterilmiştir. Gölgelik alanlarda ışık yoğunluğu değişimi model çıktısı olarak çizdirilmiştir.



Şekil 15 UTC 17:06'da (öğleden önce 11:06'da) alınan LiDAR Veri Kümesi



Şekil 16 UTC 17:06'da (öğleden önce 11:06'da) alınan gölge haritası

4.4 Gökyüzü açıklığı ve etkileri

Katı açı (Solid angle), görünür gökyüzünü ifade etmek için kullanılan ölçüm biçimidir. Bu, bir nesnenin gözlemciye ne kadar büyük görüldüğünün ölçüsüdür. Nesnenin katı açısı, nesnenin izdüşümünün gözlem noktasındaki birim küre üzerindeki kapladığı alan ile orantılıdır. Yarı kürenin katı açısı :

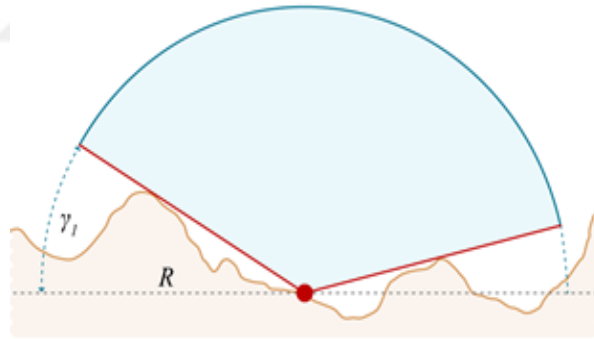
$$\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \cos\theta. d\theta. d\lambda = 2\pi \text{ ile ifade edilir.}$$

θ , yarı kürenin boylam açısı için, λ ise enlem açısı için kullanılır. Yatay bir yüzeyin üstünde, ufuk her yönde aynı dikey yükselme açısına sahiptir, bu durumda görünür gökyüzü aşağıdaki koni açısına eş bir koninin yüzeyi ile sınırlanır:

$$\Omega = \int_0^{2\pi} \int_{\gamma}^{\pi/2} \cos\theta. d\theta. d\lambda = 2.(1-\sin\gamma)$$

γ kabartma ufkunun (relief horizon) yükseltme açısını belirtir. Ufuk her yöne eşit yükseklikte değilse, katı açı, seçilen yönlerde ufuk dikey yükselme açısı γ_i gözlemlenerek etkili bir şekilde hesaplanabilir.

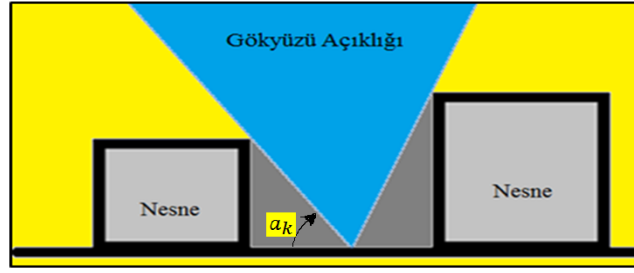
Gökyüzü açıklığı faktörü iki boyutlu çizimi Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 17 Gökyüzü Açıklığı Faktörü[28]

4.4.1 Gökyüzü açıklığı bulunması

Seçilen bir piksel üzerine düşen gökyüzü aydınlığı miktarı o pikselden gökyüzünün ne kadar görülebildiği ile orantılıdır. Buna literatürde gökyüzü açıklığı faktörü denir (sky-view factor) ve Şekil 18’de gösterilmektedir. Gökyüzü açıklığı faktörünü bulmak için, seçilen bir noktadan $[0,2\pi]$ aralığında çeşitli yönlerde N sayıda ışın gönderilir. Bu ışınlardan k yönünde olan ışının gökyüzünü ne kadar görebildiği, maksimum görüş açısı α_k ile ifade edilir [28].

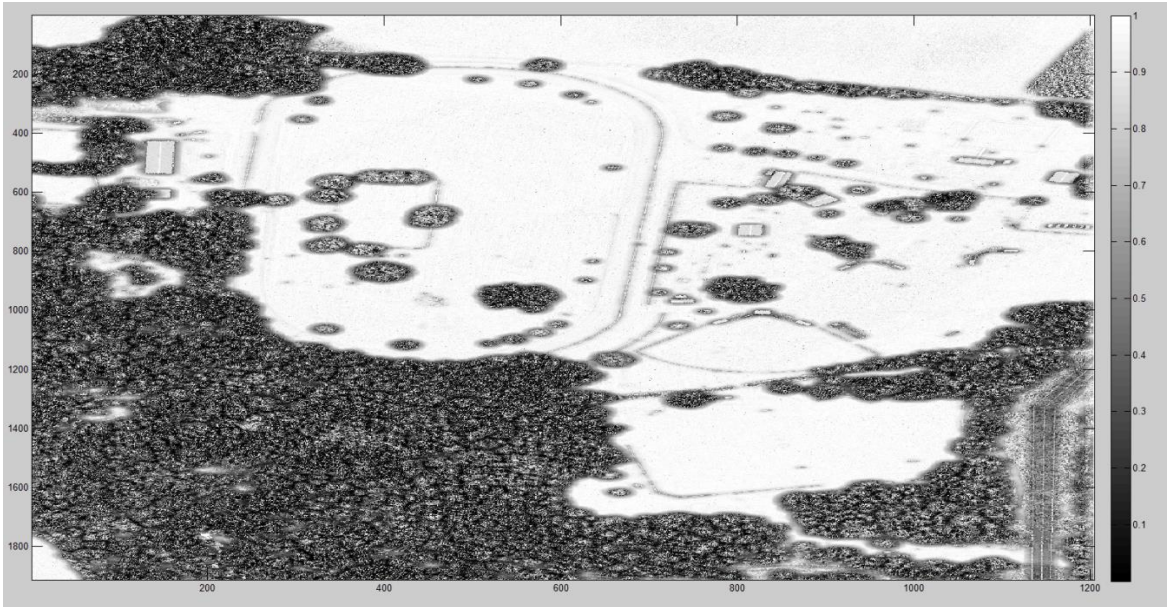


Şekil 18 Gökyüzü Açıklığı Gösterimi [33]

Tüm yönlerdeki maksimum görüş açısı değerleri bulunarak toplam gökyüzü açıklık değeri F , Denklem (1)'deki gibi hesaplanır:

$$F = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(1 - \frac{a_k}{\frac{\pi}{2}} \right) \quad (1)$$

Denklem (1) aslında sürekli bir integralin nümerik çözümü olup, yaklaşımın başarısı ışın sayısı arttıkça artmaktadır. Bu çalışmada gökyüzü açıklığını hesaplamak için Relief Visualization Toolbox, Ver 1.1 kullanılmıştır [34]. Denklemde N ile gösterilen başarıımı yüksek olan ışın sayısı değeri 32 olarak belirlenmiştir. Veri kümesinin gökyüzü açıklığı çıktısı Şekil 19'da gösterilmiştir. Gökyüzü açıklığı faktörü 0 ile 1 arasında değişir. 1'e yakın değerler neredeyse tüm yarı kürenin görünür olduğunu gösterir. 0'a yakın değerler, neredeyse gökyüzünün görülemediği alt kısımları gösterir. Gökyüzü açıklığı faktörü, özellikle enerji denge çalışmalarıyla alakalı fiziksel bir miktardır.

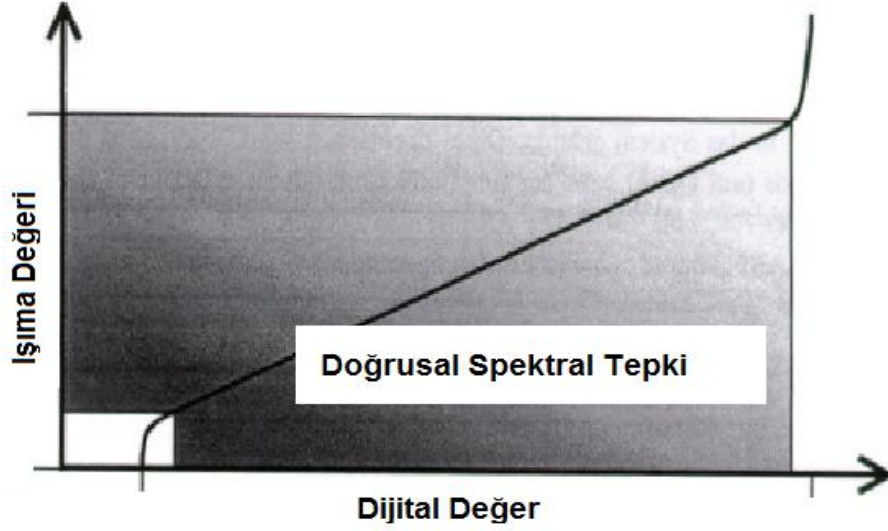


Şekil 19 Veri Kümesi Gökyüzü Açıklığı Çıktısı

4.5 Sensör Kalibrasyonu

Hiperspektral verilerden doğru bilgi çıkarabilmek için kameranın iyi kalibre edilmiş olması gerekmektedir. Kullanılan herhangi bir sensor zaman içerisinde kayma eğilimi gösterir, bu kayma nedeniyle de belirsizlikler meydana gelir. Sensör kalibrasyonunun amacı SI (Système International) birimlerinde sensör tepkisini karakterize etmektir. Bu nedenle sensör kalibrasyonunu üç gruba ayırabiliriz: Laboratuvar kalibrasyonu, uçuş sırasında kalibrasyon ve temsili kalibrasyon. İdeal olarak veri toplama işleminden önce ve sonra laboratuvar kalibrasyonu gerçekleştirilir. Uzun zaman harcanan bu kalibrasyon türü kalibre edilmiş lambalarla kontrollü deneyler şeklinde laboratuvar ortamında gerçekleştirilir. Daha sonra çalışma koşulları laboratuvar ortamından farklı olan sensörlere, operasyon esnasında laboratuvar kalibrasyonunu doğrulamak amacıyla uçuş kalibrasyonu ve temsili kalibrasyon uygulanır.

Sensör tepkisini SI birimlerine dönüştürmek için laboratuvar ortamında geometrik, spektral ve radyometrik kalibrasyona ihtiyaç vardır. Geometrik kalibrasyonunda amaç, her sensör elemanının uzamsal tepki fonksiyonunu belirlemektir. Spektral kalibrasyonda amaç, her sensör elemanı için dalga boyu merkezinin ve genişliğinin belirlenmesidir. Bir spektrometrenin spektral kalibrasyonu için, spektrometrenin duyarlı olduğu bölge boyunca salınım ve soğurum hatlarına bakılır. Tek tek bu hatların dalga boyları belirlenir. Radyometrik kalibrasyonda ise amaç, belirli bir digital değer için ışıma seviyesini belirlemektir. Bu nedenle sabit, eş dağılım gösteren ve Lambertian ışıma kaynağı olan standart bir lamba kullanılır. Kaynağın akım ve parlaklık seviyesi ayarlanabilir. Belirli bir akım ve parlaklık seviyesi için, lambanın çıkışına konulan sensöre ait belirli spektral aralıktaki spektral ışıma değeri hesaplanır. Burada sensör tepkisi (dijital değer) ile spektral ışıma arasındaki ilişki doğrusal olması Şekil 20’de gösterilmiştir. Sensöre ait doğru bilgiler, kalibre edilebilir olan doğrusal bölgeden elde edilir .



Şekil 20 Spektral Işıma ile Dijital değer ilişkisi [35]

Uçuş esnasındaki kalibrasyonların maliyet ve işçiliği laboratuvar kalibrasyonundan daha yüksektir. Referans olarak genellikle bir tümleşik (on-board) lamba kullanılır. Uçuş esnasındaki kalibrasyon tam bir kalibrasyon değildir, ancak laboratuvar kalibrasyonunun bir kontrolüdür.

Temsili kalibrasyon, laboratuvar kalibrasyonunu doğrulamak için bir araçtır. Veri toplamayla eşzamanlı olan bu kalibrasyonda, yerinde ölçümler ya ışıma ya da yansıma birimlerinde gerçekleştirilir. Sensör verilerini yerinde verilerle karşılaştırmak, atmosferi modellemek için atmosferik parametreler gereklidir [35].

4.5.1 Share 2012 Sensör Kalibrasyonu

SpecTIR'in standart radyometrik kalibrasyonu, bir Labsphere USS-2000-V eş dağılımlı kaynak kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu 20 inçlik çapa sahip toplayıcı küre, üç adet iç monte 45-watt ve bir adet 75 watt harici monte halojen ışık kaynağı ile donatılmıştır. Her lamba ayrı DC düzenlenmiş sabit akım güç kaynakları ile güçlendirilmiş ve değişken bir zayıflatıcı ilavesi ile ışık seviyelerinin daha hassas kontrolünü sağlamıştır. Parlaklık çıkışı 0 ila 4000 foot-lamberts arasında değişkendir. Bu küre, 5nm'lik bir örnekleme aralığında 400 nm ila 2500 nm arasında bir NIST izlenebilir ışıma kalibrasyonu taşır. Yapılan kalibrasyon mutlak ışımanın +/- % 5'i içindeki verileri kalibre eder [10].

Spektral kalibrasyonu Oriel Cornerstone 130 1/8m monokromatör ile üretilir. Bu otomatik, bilgisayar kontrollü monokromatör SWIR bölgesinde 3nm, VNIR

bölgesinde ise 1nm aralığında spektral kalibrasyon yapar. Bu kalibrasyon çıktısının merkezi dalga boyu lokasyonları olarak bilinir ve doğruluğu 0.5 nm'dir.

Kalibrasyon kazancı dosyası, ham veri değerlerini ışıma birimlerine dönüştürmek için uygulanır. Işıma veri birimleri ve ölçeklendirme faktörleri, işlenmiş her uçuş hattının üstbilgi dosyalarına dahil edilir. Standart birimler, ölçekleme faktörü 1000 olan mW/cm^2sr μm şeklindedir. Bu ayar, 4500 görüntü DN için dönüştürülen gerçek dünya değeri $4.5 W/cm^2sr$ μm şeklindedir.

4.6 Anlamlı verilerin elde edilmesi

Rochester Teknoloji Enstitüsü'nde görüntüleme bilimi için kurulan Dijital Görüntüleme ve Uzaktan Algılama (DIRS) Laboratuvarı kalibre edilmiş ışıma verilerini, yüzey yansıtma değerlerine dönüştürebilmek için, endüstri standardı MODTRAN ışıma transfer kodu kullanmıştır [10]. MODTRAN (MODerate Resolution TRANsmision) The United States Air Force (USAF) tarafından geliştirilen bir atmosfer modelidir. Atmosferik geçirgenlik ve ışıma hesaplamaları yapmak için yapılan bu model FORTRAN programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

ATCOR yazılımı atmosferik yayılım ve saçılma bileşenlerini düzeltmek için MODTRAN atmosferik arama tablolarını ve tescilli teknikleri kullanmaktadır. İşlem sırasında, ATCOR tüm giriş parametreleri ve program ayarları hakkında bilgi sağlayan her uçuş hattı için günlük dosyaları oluşturur. Bu ASCII dosyaları veri dağıtım dizininde bulunur.

ATCOR, atmosferik soğurma özelliklerini işlemek için üç olası interpolasyon şeması içerir. Son yansıtma ürününün üretilmesinde, doğrusal interpolasyon, 760.725 ve 825 nm bölgelerinde kullanılır. Doğrusal olmayan interpolasyon, bitki örtüsünün indeks fonksiyonuna dayalı spektrumun 940 ve 1130 nm kısımlarında uygulanır. Son olarak yine doğrusal interpolasyon, 1400 nm ve 1900 nm su buharı emme bölgelerinde gerçekleştirilir.

Gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıtma verilerinin elde edilmesi için yapılan işlemler, 5.1.3'te detaylı şekilde anlatılmıştır.

5. TESPİT ALGORİTMALARINDA KULLANILAN VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

Hedef tespit algoritmalarının performansı veri kümesinin karmaşıklığına ve bu karmaşıklığı temsil eden istatistiksel modelin uygunluğuna bağlıdır. Alınan sensör

ile ilgili parametrelerin sınırlamaları, veri toplama sırasında ve verilerin ön işleme sırasında halledilebilir. Diğerleri ise, alınan ölçüm verilerini incelemekle halledilebilir.

1. Uzamsal Parametreler

- a. Hedef Konumu
- b. Hedef Şekli
- c. Hedef Boyutu

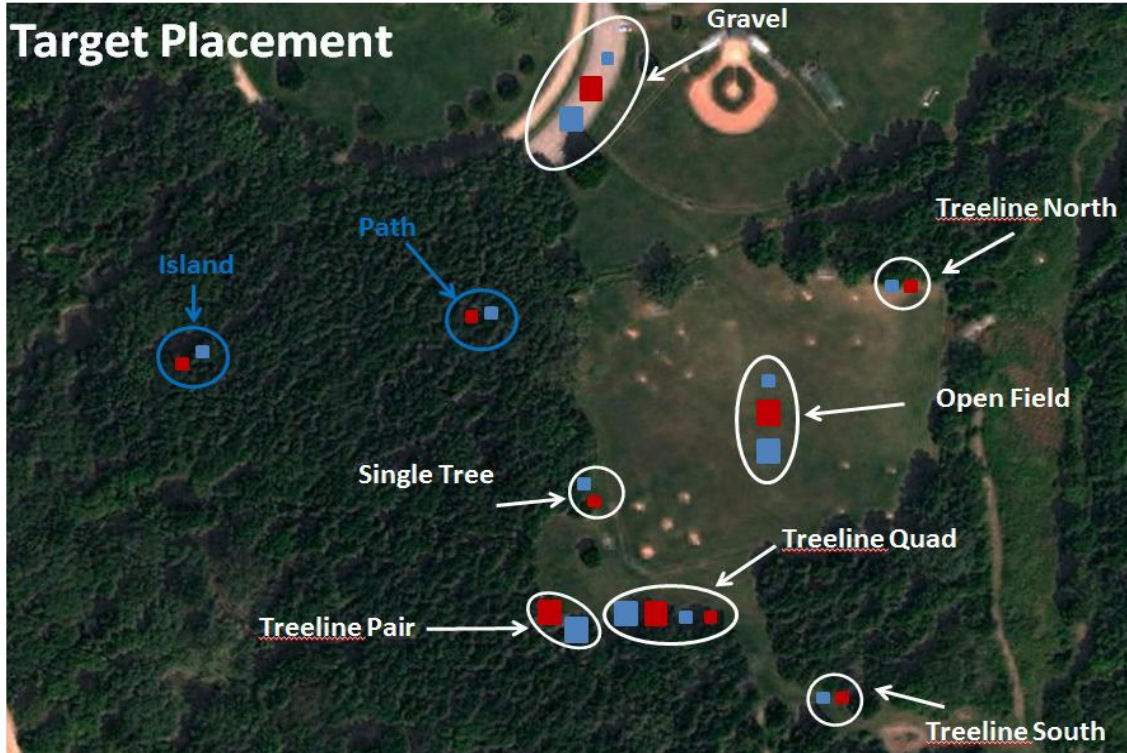
2. Sahne Parametreleri

- a. Aydınlanma Koşulları
- b. Hedef Rengi
- c. Hedef Durumu (Açık alan, kamufle edilme, saklanmış, gömülü)
- d. Hedef Arkaplanı

Bu çalışmada aydınlatma koşulları, hedef rengi ve hedef arkaplan durumlarına göre ACE, SAM, MF gibi üç spektral eşleme tabanlı tespit algoritması kullanılarak hedeflerin tespiti yapılmıştır.

5.1 Test koşumu yapılacak veri kümeleri

Şekil 21'de kırmızı ve mavi keçe materyal hedeflerin SHARE 2012 Avon yerleşkesindeki konumları gösterilmektedir. Konumlardaki hedefler boyutuna göre 2mx2m ve 3mx3m büyüklüğündedir.



Şekil 21 Veri kümesindeki hedeflerin yerleşimi [30]

Hedefler arkaplan, aydınlanma durumu ve renklerine göre kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler, arkaplana göre çakıl ya da çim, aydınlanma durumuna göre doğrudan ışık ya da gölgeli, renge göre kırmızı ya da mavi olarak Tablo 1’de gösterilmiştir. Grup isimleri hedeflerin bulunduğu bölgeye göre isimlendirilmiştir.

Tablo 1 Hedef Kategorisi

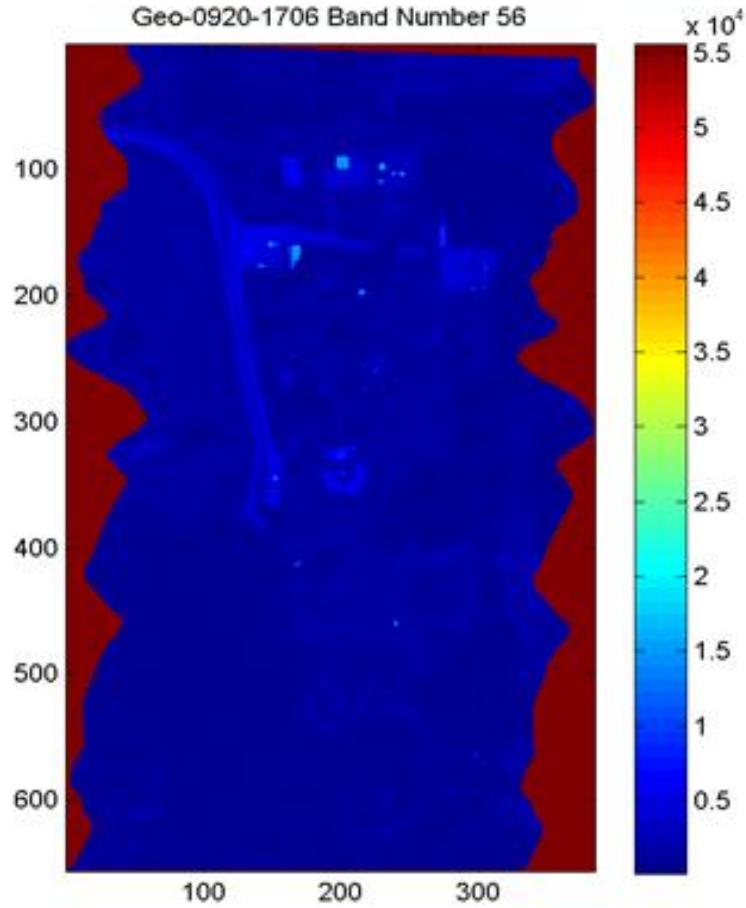
Grup	Hedef Ortamı		
	Arkaplan	Aydınlanma	Renk
Çakıl	Çakıl	Doğrudan Işık	Kırmızı, Mavi
Açık Alan	Çim	Doğrudan Işık	Kırmızı, Mavi
Kuzey Ağaç Sınırı	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi
Bahçe Ağaç Sınırı	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi
Çift Ağaç Sınırı	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi
Güney Ağaç Sınırı	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi
Tek Ağaç	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi
Ada	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi
Yol	Çim	Gölgeli	Kırmızı, Mavi

En belirgin hedefler, açık alanlara yerleştirilen Açık Alan ve Çakıl olarak gruplanan hedeflerdir. Bu hedeflere ait arkaplanlar çim ve çakıl zeminleridir. Diğer ağaç sınırında bulunan hedefler aydınlanma etkisini görmek amacıyla yerleştirilen hedeflerdir. Bu hedeflerin bulundukları yere göre gölge seviyeleri değişmektedir. Ada ve yol grubunda bulunan hedefler ise, gölgeliklerin altında, en az gökyüzünün bulunduğu bir toprak yolunun üzerine yerleştirilen hedeflerdir.

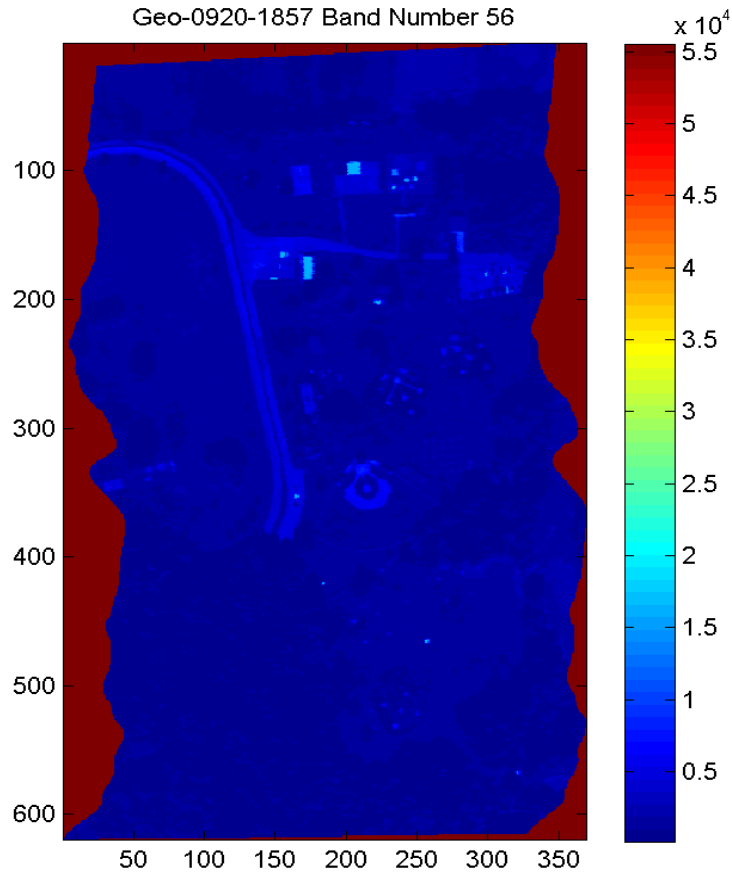
5.1.1 Işıma (Radiance) Verileri

Share 2012 veri kümesinde hiperspektral görüntüleme sensörü, SpecTIR ile 390 nm ile 2450 nm arasında 5 nm spektral çözünürlük ile alınan 360 bantlık ışıma veri kümesi bulunmaktadır. Bu veri kümesi, veri alınan bölgede bulunan kalibrasyon panelleri yardımı ile kalibre edilmiş, fakat gölge düzeltme ve geometrik düzeltme yapılmamıştır. Şekil 22’de UTC 17:06’da (öğleden önce 11:06) alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu (Bant 56 = 652,5nm) veri, Şekil 23’te ise UTC

18:57'de (öğleden sonra 12:57) alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu (Bant 56 = 652,5nm) veri gösterilmiştir. İki farklı zamanda alınan veri kümelerinde gözle görülebilir bir fark gözlenmemiştir. Veri kümesi incelendiğinde güneşin daha dik geldiği zaman olan UTC 18:57'de alınan veri kümesinde hedefin maksimum değeri daha büyüktür. Ayrıca kırmızı renkli hedefler ve ölçüm alanında kırmızı bantta yüksek ışıma yapan nesneler iki veri kümesinde de gözle görülebilmektedir.



Şekil 22 UTC 17:06'da alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu ışıma verisi

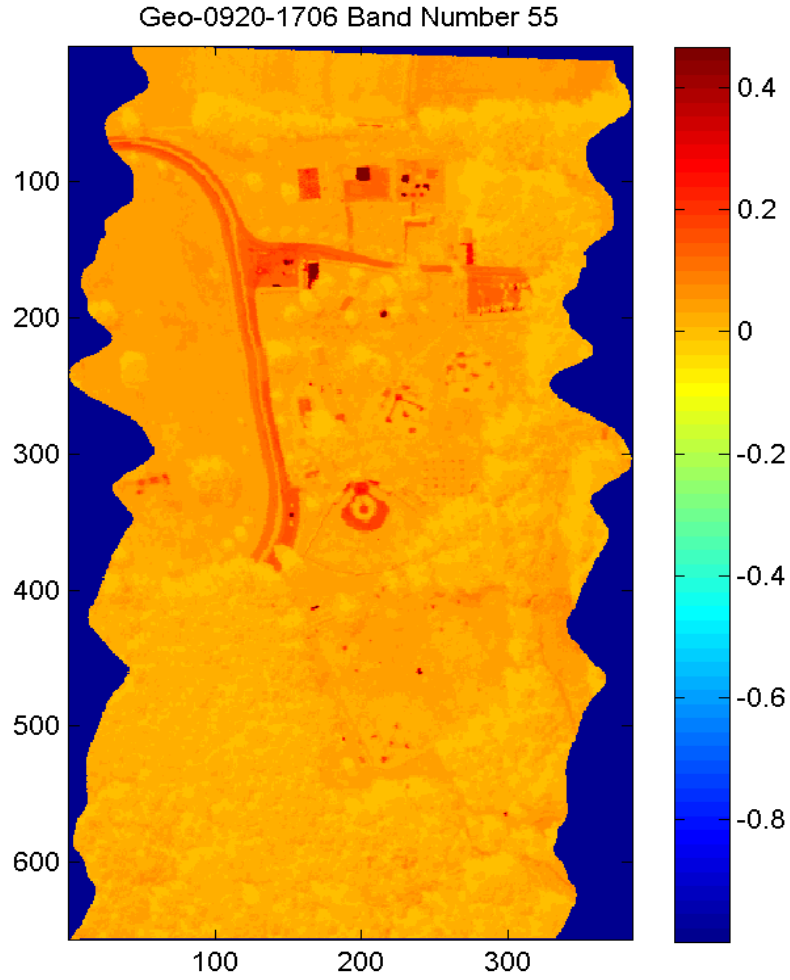


Şekil 23 UTC 18:57'de alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu ışınma verisi

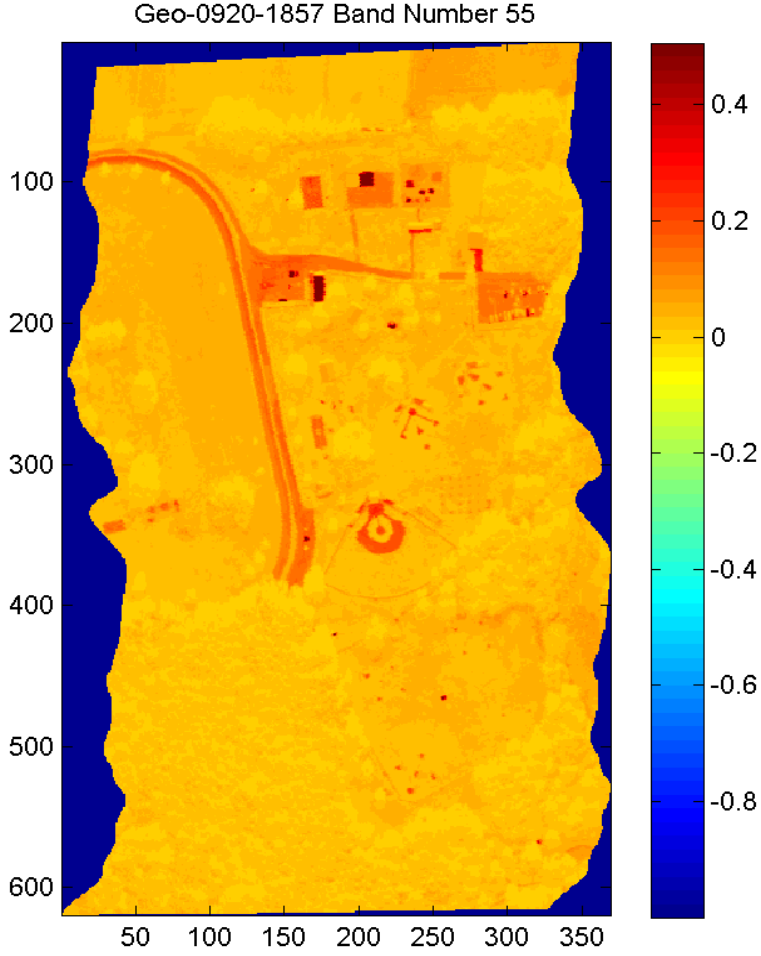
5.1.2 Yansıma (Reflectance) Verileri

Share 2012 veri kümesinde bulunan ışınma verileri kalibre edildikten sonra ATCOR yazılımı kullanılarak atmosferik düzeltme yapılmış ve yansıma değerlerine çevrilmiş veriler de bulunmaktadır. Sunulan yansıma veri kümesinde gölge düzeltme ve geometrik düzeltme uygulanmamıştır. Atmosferik düzeltmede 760, 725 ve 825 nm bölgesinde lineer interpolasyon, 940 ve 1130 nm bölgesinde bitki örtüsü indeks fonksiyonuna göre lineer olmayan interpolasyon, 1400 ve 1900 nm bölgesinde ise toprak ve bitki örtüsü spektrumuna bağlı olarak lineer olmayan interpolasyon uygulanmıştır. Şekil 24'te UTC 17:06' de alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu (Bant 55 = 647,5nm) yansıma verisi, Şekil 25'te ise UTC 18:57'de alınmış veri kümesine ait kırmızı dalga boylu (Bant 55 = 647,5nm) yansıma verisi gösterilmiştir. ATCOR yazılımına; sensöre ait kalibrasyon dosyaları, ölçüme ait atmosferik veriler ve ölçüm yapılan bölgenin coğrafi özellikleri girilmiştir. Koşum sırasında gölge, sis düzeltme ve değişken görünebilirlik kapalı, değişken su buharı durumu açıktır.

Aerosol tipi de kırsal olarak girilmiştir. Elde edilen yansıma veri kümesi ışımaya veri kümesi ile aynı formattadır, yapılan interpolasyonlar sonucunda atmosferik etkilerden arındırılmıştır. İki farklı zamanda alınan veri kümelerinde gözle görülebilir bir fark gözlenmemiştir. Veri kümesi incelendiğinde güneşin daha dik geldiği zaman olan UTC 18:57’de alınan veri kümesinde hedefin maksimum değeri daha büyüktür. Ayrıca kırmızı renkli hedefler ve ölçüm alanında kırmızı bantta yüksek ışımaya yapan nesneler iki veri kümesinde de gözle görülebilmektedir.



Şekil 24 UTC 17:06’ da alınan kırmızı dalga boylu yansıma verisi

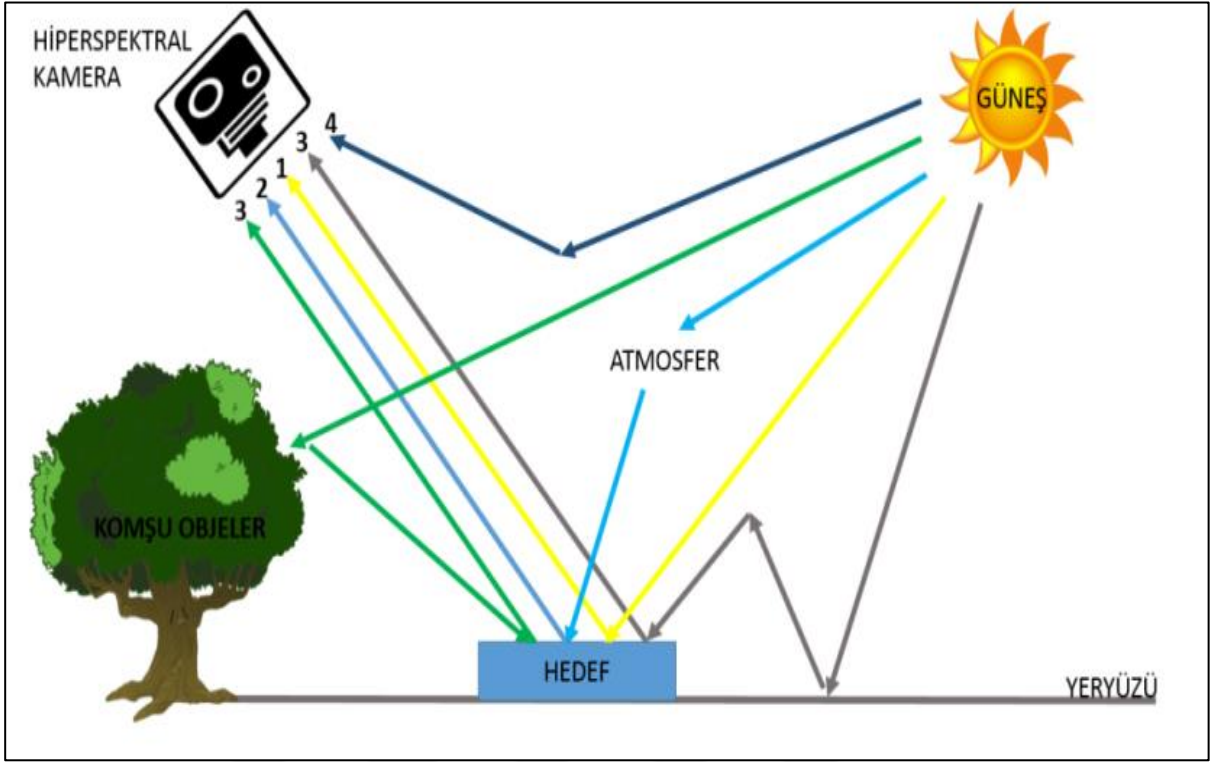


Şekil 25 UTC 18:57' de alınan kırmızı dalga boylu yansıma verisi

5.1.3 Atmosfere ve Gölgeye Göre Düzeltilmiş Yeni Yansıma Verileri

Share 2012 veri kümesinde bulunan kalibre edilmiş ışıma verileri kullanılarak ışıma modeli koşumu yapılmıştır. Bu ışıma modelinde kullanılan tüm veriler hiperspektral veri toplanma anında alınan veriler kullanılarak elde edilmiştir. Kalibre edilmiş ışıma verileri / MODTRAN ve model kullanılarak elde edilen atmosferik ve gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma verileridir.

Hiperspektral görüntülemeye uzaktan algılama sensörüne temel olarak 4 çeşit foton ulaşır. Bunlar (1) güneşten direkt olarak hedefe çarpıp hedeften yansıyan fotonlar, (2) atmosferden dağılıp hedeften yansıyan fotonlar, (3) etrafta bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonlar ve (4) yüzeye temas etmeden atmosferde dağılıp doğrudan sensöre gelen fotonlardır [29]. Bu dört çeşit foton Şekil 26'te gösterilmektedir.



Şekil 26 Hiperspektral Işıma Modeli

Bu etkenler Denklem (2)'de verilen ışınma modeli [29] ile açıklanır.

$$L(\lambda) = k * E_s(\lambda) * \cos\sigma * \tau_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda) + F * E_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda) + L_u(\lambda) + E_{adj}(\lambda) * \frac{\rho_b(\lambda)}{\pi} \quad (2)$$

Denklemden λ dalga boyu, L bu dalga boyundaki spektral ışınma (radiance), k doğrudan aydınlatma (direct illumination) faktörüdür. Güneş ışınlarının ulaşamadığı tam gölge alanlarda k değeri 0, diğer k değerleri ise gölge bulma algoritması sonucunda elde edilen güneş yoğunluğu değerleridir. Doğrudan aydınlanan yerlerde ise k değeri 1'dir. Doğrudan aydınlatma faktörü değerleri LiDAR veri kümesine gölge bulma algoritması uygulandığında elde edilen değerlerdir. $E_s(\lambda)$ güneşin σ zenit açısında spektral ışınması (sun (solar) irradiance), $\tau_d(\lambda)$ hedef-güneş yolundaki atmosferik iletimdir (sun-to-target transmittance). $E_s(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi}$ ifadesi hedeften güneş ışınları etkisinde yansıyan fotonları ve hedefte ışığın iki yönlü yansıtma dağılım fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır (BRDF). $\tau_u(\lambda)$ hedef ile

sensör arasındaki spektral iletim (sensor to target transmittance), F gökyüzü açıklığı değeri (sky-view factor), $E_d(\lambda)$ gökyüzü ışımasıdır (sky radiance). Denklemdaki $E_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi}$ ifadesi hedeften gökyüzü açıklığı faktörü etkisinde yansıyan fotonlar ve hedefte BRDF'dir. $L_u(\lambda)$ yukarıya doğru giden spektral ışımaya ifadesidir (upwelling radiance) ve hedefle etkileşimi yoktur. $E_{adj}(\lambda) * \frac{\rho_b(\lambda)}{\pi}$ ifadesi ise denklemden olmasına rağmen yakında bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonlar ve arkaplanda BRDF'nin net olarak bilinmemesi nedeniyle kullanılmamıştır [29]. İncelenen alandaki pikseller, hem birbirlerine yakın (ardışık pikseller) oldukları için hem de uzamsal çözünürlük 1m olduğu için benzer atmosfer etkisine maruz kalmaktadır. Bu nedenle modeldeki yukarı yönlü ışımaya tüm veride homojen kabul edilmiştir.

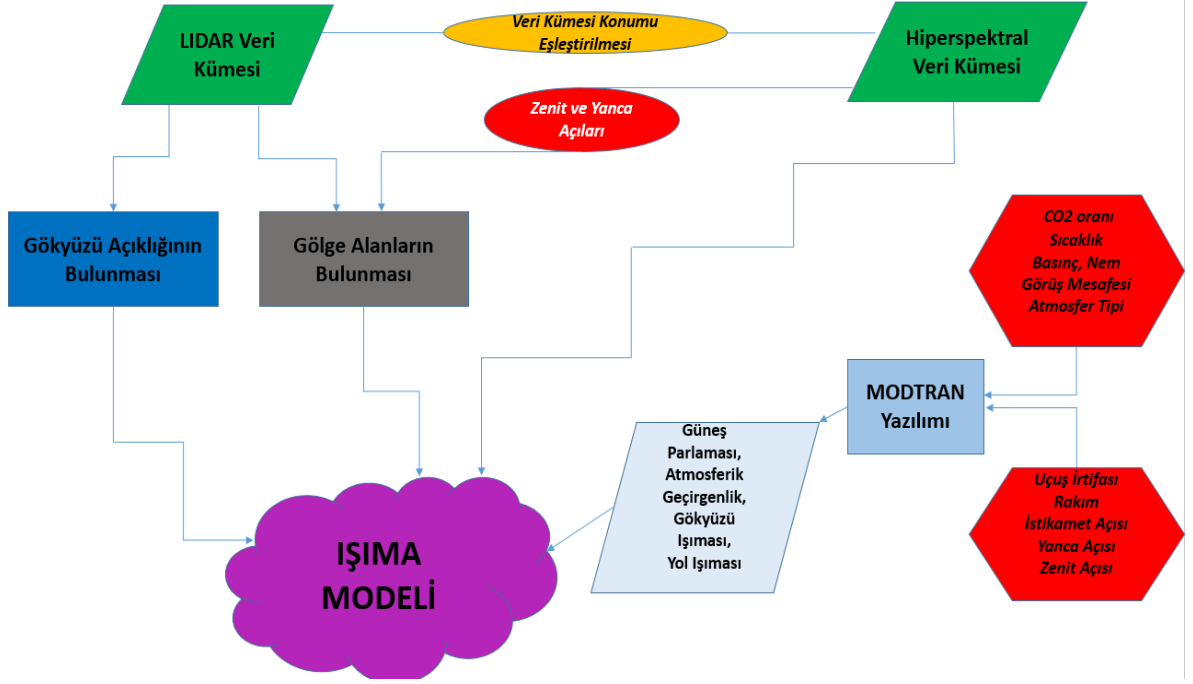
Denklemler(2)'de yer alan aydınlatma faktörü olan k değerleri LİDAR veri kümesine uygulanan 4.3.1'de anlatılan gölge bulma algoritması ile, gökyüzü açıklığı faktörü olan F değerleri ise 4.4.1'de anlatılan gökyüzü açıklığı faktörü bulma algoritması sonucunda elde edilmiştir. Diğer parametreleri elde etmek amacıyla ise MODTRAN yazılımı koşturulmuştur. MODTRAN yazılımına girdi olarak kullanılan parametreler Tablo 2'de gösterilmiştir.

MODTRAN koşullarının belirli yüksekliklerde (angajmanlarda) yapılması sonucunda $E_s(\lambda)$ güneşin σ zenit açısındaki spektral ışıması (sun irradiance), $\tau_d(\lambda)$ hedef-güneş yolundaki atmosferik iletimi (sun-to-target transmittance), $\tau_u(\lambda)$ hedef ile sensör arasındaki atmosferik iletimi (sensor to target transmittance), $E_d(\lambda)$ gökyüzü ışıması (sky radiance) ve $L_u(\lambda)$ yukarıya doğru giden spektral ışımaya (upwelling radiance) değerleri elde edilmiştir.

Tablo 2 MODTRAN Girdi Parametreleri

Parametre	UTC 1857 Veri Kümesi Değerleri	UTC 1706 Veri Kümesi Değerleri
Gün	263	263
Atmosferik Model	Orta Enlem - Yaz (Mid-latitude Summer)	Orta Enlem - Yaz (Mid-latitude Summer)
Aerosol Model	Kırsal (Rural)	Kırsal (Rural)
Görüş Mesafesi	23 km	23 km
CO ₂ oranı	390 ppmv	390 ppmv
Sıcaklık	291.83K	286.99 K
Basınç	1021.3 hPa	1022.7 hPa
Nem	%44.155	%62.168
Sensör Yüksekliği (Uçuş irtifası)	0.889 km	0.911 km
Spektral Dalgaboyu	400 – 2500 nm	400 – 2500 nm
Zenit Açısı	43.9°	44.2°
Yanca Açısı	199.2°	158.9°
İstikamet Açısı	192.5°	192.9°
Ortalama yer yüksekliği (Rakım)	0.168 km	0.168 km

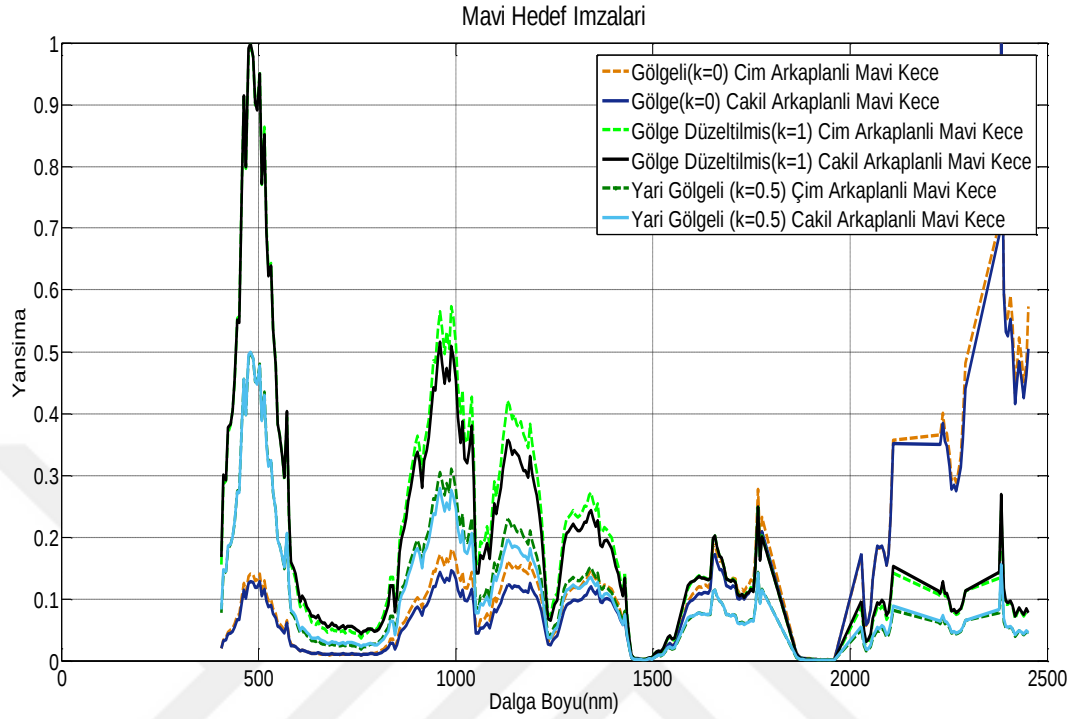
Hiperspektral, LiDAR ve meteorolojik verileri kullanarak düzeltilen gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma veri kümesi hedef tespitinde kullanılmıştır. Gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma veri kümesinin elde edildiği ve hedef tespiti için hazır hale getirildiği bu bölümde, Şekil 27'deki akış şemasında belirtildiği gibi, LiDAR ve hiperspektral veri kümeleri üzerinde işlemler yapılmıştır.



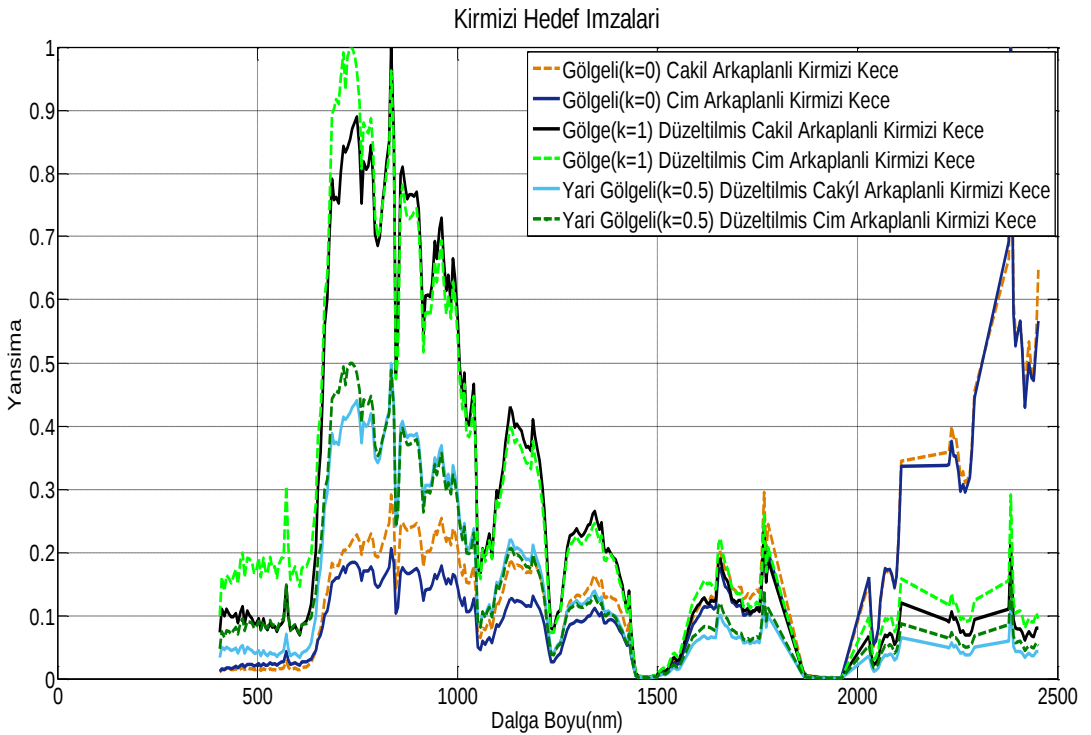
Şekil 27 Hiperspektral Yansıma Verileri Elde Edilmesi

LiDAR veri kümesi kullanılarak gökyüzü açıklık haritaları çıkartılmış, hiperspektral verilerin ölçüldüğü zamandaki güneşin zenit ve yanca açıları kullanılarak gölge alanlar bulunmuştur. LiDAR ve hiperspektral veri kümeleri konum verileri yardımıyla eşlenmiştir. Daha sonra, gerekli yansımaları ayrı ayrı hesaplamak amacıyla, radyometrik transfer modellerine sahip yazılım paketlerinden MODTRAN yazılımı kullanılmıştır. MODTRAN yazılımına meteoroloji istasyonundan ölçülen karbondioksit oranı, sıcaklık, basınç, nem, görüş mesafesi bilgileri, ölçüm yapılan alanın konum bilgisinden elde edilen atmosfer tipi bilgileri, hiperspektral verinin ölçülme geometrisinden uçuş irtifası, rakım, istikamet açısı, yanca açısı, ve zenit açısı bilgileri girilmiştir. Bilgiler girdi olarak verildiğinde, MODTRAN yazılımı güneş parlaması, atmosferik geçirgenlik, gökyüzü ışınması ve yol ışınması verilerini çıktı olarak sunmuştur. Işıma modelinde elde edilen gölge verileri, gökyüzü açıklığı verileri, MODTRAN 'dan elde edilen simülasyon verileri ve gölgelik alanda ölçülen hiperspektral ışınma verisi fiziksel modele yerleştirilerek, tüm veri kümesi yeniden

oluşturulmuş ve hedef tespit algoritmalarına girdi olacak şekilde hazır hale getirilmiştir. Şekil 28 ve Şekil 29'da tam gölgeli, yarı gölgeli ve gölge düzeltimi yapılmış mavi ve kırmızı keçe yansıma verisi gösterilmiştir.



Şekil 28 Tam gölgeli, yarı gölgeli ve gölge düzeltme yapılmış mavi keçe verisi

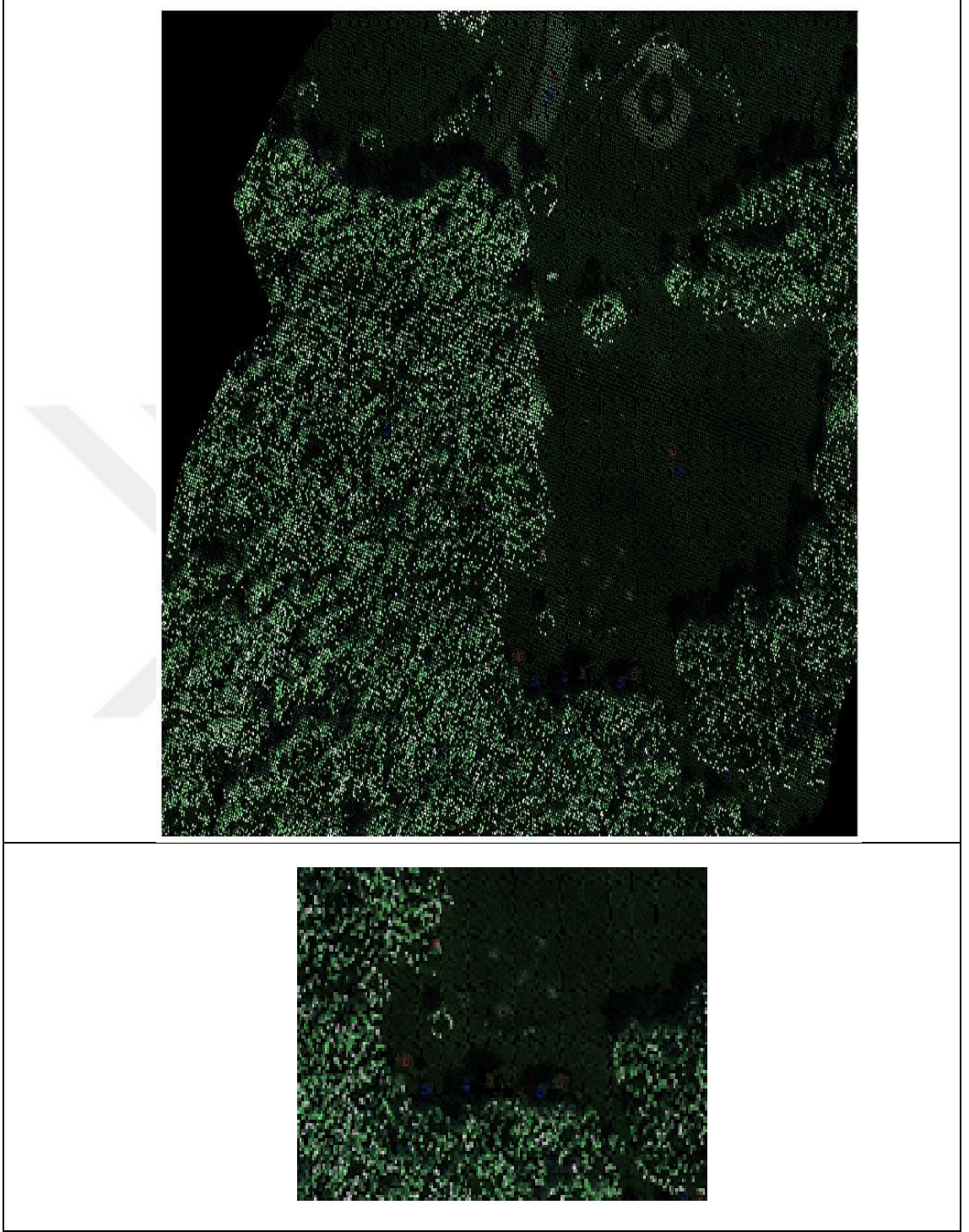


Şekil 29 Tam gölgeli, yarı gölgeli ve gölge düzeltme yapılmış kırmızı keçe verisi

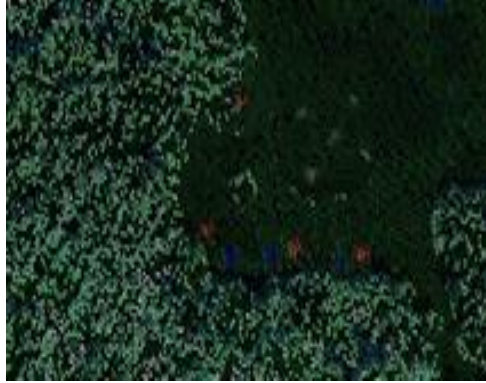
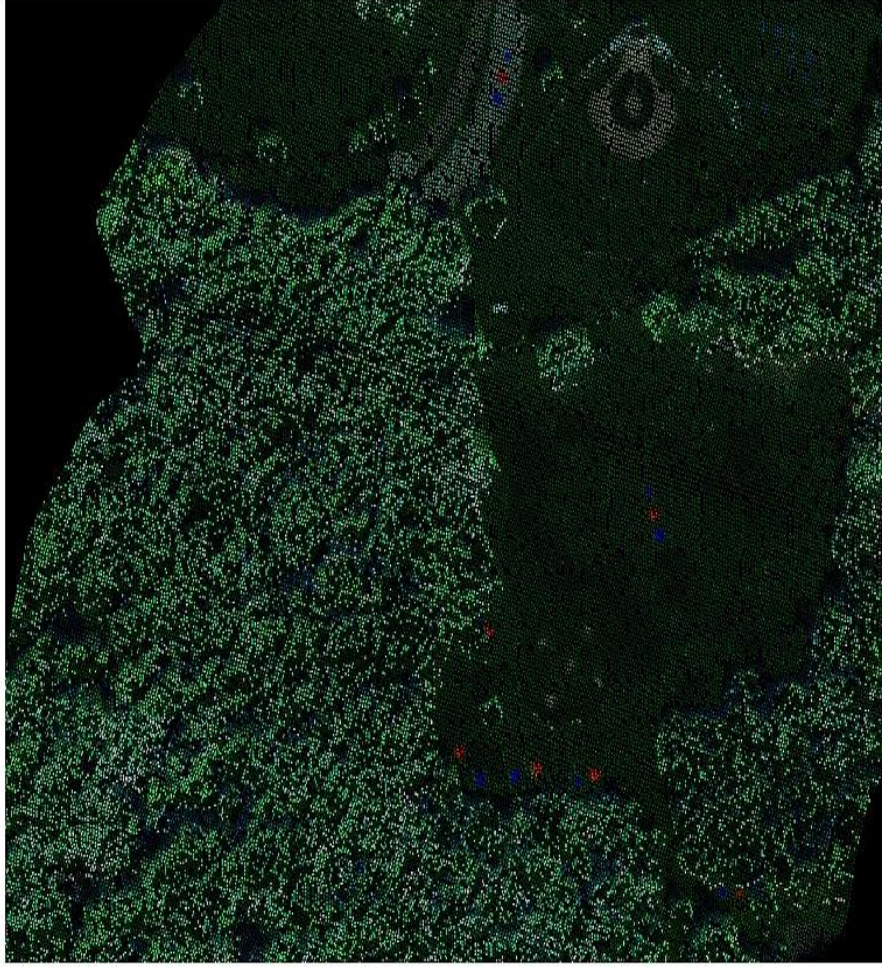
Özellikle güneş ışığının daha etkin olduğu 400-1500 nm dalga boyları arasında tam gölgeli, yarı gölgeli ve gölgesi düzeltimi yapılan hedef verisi farkları görülmektedir. Şekil 28'de mavi keçe hedefinin imzası incelendiğinde, mavi dalga boyunun etkin olduğu 490-500 nm dalga boyu aralığındaki değişim görülmektedir. Mavi dalga boyu aralığında tam gölgeli veride spektral imza değeri en küçükken, bu değer ışık durumuna göre artmaktadır. Elde edilen gölge düzeltilmiş mavi keçe hedefi imzası, Şekil 42'de bulunan yer ölçümünden alınan saf spektroskopi verisi ile karşılaştırıldığında, düzetmenin yapıldığı 490-500 nm aralığından aynı spektral imza dağılımı görülmektedir. Şekil 29'da ise kırmızı keçe hedefinin imzası incelendiğinde, kırmızı dalga boyunun etkin olduğu 600-700 nm dalga boyu aralığındaki değişim görülmektedir. Ayrıca elde edilen gölge düzeltilmiş kırmızı keçe hedefi, Şekil 44'de yer alan açık alan çim arkaplanlı kırmızı keçe spektroskopi verileri ile karşılaştırıldığında hedef imzası benzerlikleri görülmektedir. Bu da gölge düzeltmenin etkisini göstermektedir.

Şekil 30'da gölge düzeltimi yapılmamış yansıma verisi, Şekil 31'de ise gölge düzeltimi yapılmış yeni yansıma verisi verilmiştir. Mavi ve kırmızı keçe hedefleri gölge düzeltilmesi yapılan yeni yansıma verisinde daha belirgin gözükmemektedir.

Gölge düzeltilmesi yapılmayan veri de ise gölgeli alanda bulunan hedef verilerinin görünürlüğü çok düşüktür, açık alanda yer alan hedefler ise daha belirgindir.



Şekil 30 Kırmızı, yeşil ve mavi dalga boylarından elde edilen öğleden önce gölge düzeltilmemiş yansıma veri / Yakınlaştırılmış Görüntü



Şekil 31 Kırmızı, yeşil ve mavi dalga boylarından elde edilen öğleden önce gölge düzeltilmiş yeni yansıma veri / Yakınlaştırılmış Görüntü

5.1.3.1 MODTRAN Koşumu Sonucu Elde Edilen Verilerin Dalga Boyuna Çevrilmesi

Belirli yüksekliklerde yapılan koşumlar sonucunda, radyometrik transfer modellerine sahip MODTRAN yazılımı güneş parlaması, atmosferik geçirgenlik, gökyüzü ışıması ve yol ışıması verilerini çıktı olarak sunmuştur. Elde edilen sonuçlar frekansa bağlı çıkmıştır ve bu değerler fiziksel modelde kullanabilmek amacıyla dalga boyu bandına çevrilmiştir.

Belirli koşullar altında, MODTRAN, sensör ışımasını $W/cm^2sr\ cm^{-1}$ cinsinden verir. Genellikle uzaktan algılamada ışıma $W/cm^2sr\ \mu m$ biriminde yazılır. Dönüşüm 10^4 'den çarpılarak cm 'den μm 'ye geçmekle olmamaktadır. Işıma üzerindeki birimler tarafından gerçekten ne kastedildiğini anlamak gerekmektedir. Dalga numarasına bağlı olarak;

$$L(\nu) = Watts/(\Delta Area)(\Delta Angle)(\Delta wavenumber\ bin)$$

$$L(\nu) = Watts/ (\Delta A)(\Delta \phi)(\Delta \nu)\text{ ifadeleri yazılır.}$$

$L(\lambda)$ 'yi $W/cm^2sr\ \mu m$ 'ye çevirirken yukarıdaki durumları göz önünde bulundurarak;

$$L(\lambda) = Watts/(\Delta Area)(\Delta Angle)(\Delta wavelength\ bin)$$

$$L(\lambda) = Watts/ (\Delta A)(\Delta \phi)(\Delta \lambda)\text{ ' si ifade yazılır.}$$

$\Delta \nu$ ile $\Delta \lambda$ arasındaki ilişki bulmak için ise ilk olarak dalga numarasından dalgaboyuna $10^4\mu m/cm$ üzerinden μm^{-1} 'ye geçilir.

$$L(\nu) \cdot [W/cm^2sr\ \mu m] = L(\nu) \cdot [10^4 \cdot W/cm^2sr\ cm^{-1}]$$

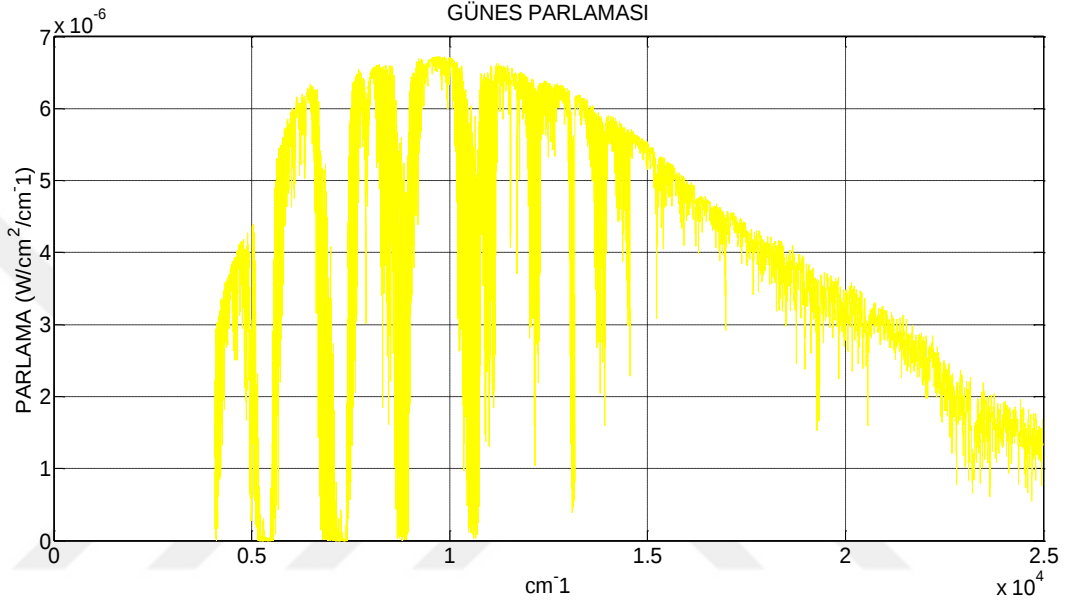
Dalga numarasının tanımına göre $\nu\ [\mu m^{-1}] = 1/\lambda\ [\mu m]$ 'dir. Bu ilişkiye göre dalga boyuna göre türev alınır $\frac{d\nu}{d\lambda} = \frac{-1}{\lambda^2}$ 'dir. Negatif işaret artan dalga numarasına karşın azalan dalga boyunu ifade eder ve bu işaret ihmal edilebilir. Böylece $\frac{d\lambda}{d\nu} = \frac{1}{\nu^2}$ ifadesi yazılabilir. Buna göre $\frac{d\lambda}{d\nu}$ ifadesinde μm^{-1} cinsinden olmalıdır.

Buradan $\frac{d\lambda}{d\nu} = \frac{\Delta \lambda}{\Delta \nu}$ yapılarak, $L(\lambda) = Watts/ (\Delta A)(\Delta \phi)(\Delta \nu)(\Delta \nu/\Delta \lambda)$ ifadesinde yerine koyarsak;

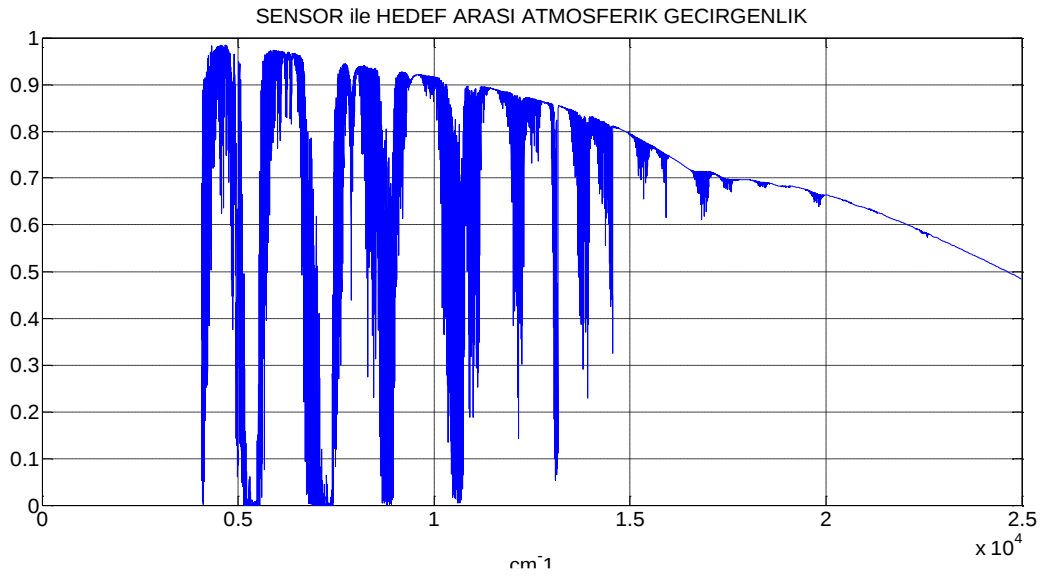
$$L(\lambda) = L(\nu) \cdot \nu^2\text{ ifadesi elde edilir.}$$

Sonuç olarak dalga boyuna bağlı olan ışıma değeri sadece o dalga numarasındaki ışıma değerine değil aynı zamanda dalga numarasına da bağlıdır.

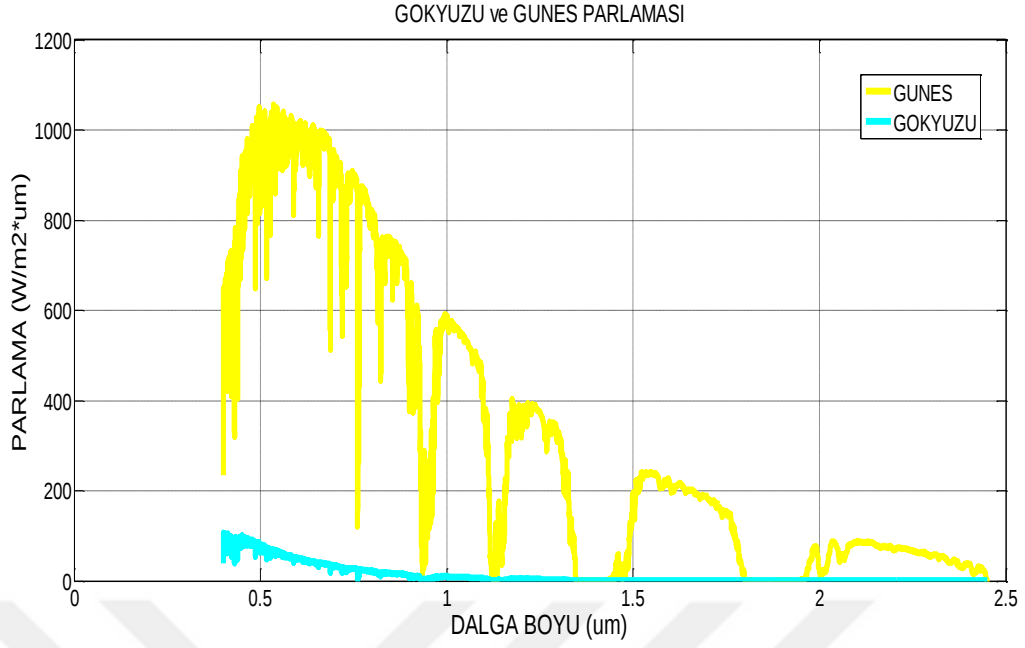
MODTRAN çıktısı olan dalga numarasına göre güneş parlaması örneği Şekil 32’de, dalga numarasına göre sensör ile hedef arasındaki atmosferik geçirgenlik Şekil 33’te gösterilmiştir. Dalga boyuna göre gökyüzü ve güneş parlaması örneği Şekil 34’te, dalga boyuna göre sensör ile hedef arasındaki atmosferik geçirgenlik örneği Şekil 35’te gösterilmiştir. Gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma veri kümesi için sadece hiperspektral verinin dalga boyundaki değerler (400 nm – 2500 nm) alınarak işlem yapılmıştır.



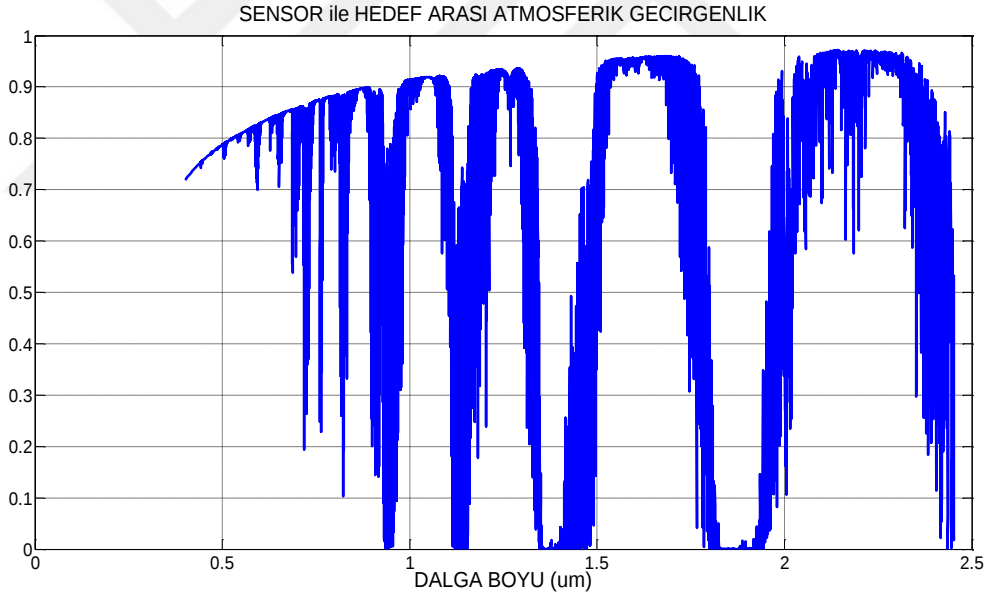
Şekil 32 Dalga numarasına göre güneş parlaması modtran koşum örneği



Şekil 33 Dalga numarasına göre sensör ile hedef arasındaki atmosferik geçirgenlik koşum örneği



Şekil 34 Dalga boyuna göre gökyüzü ve güneş parlamaşı modtran koşum örneği



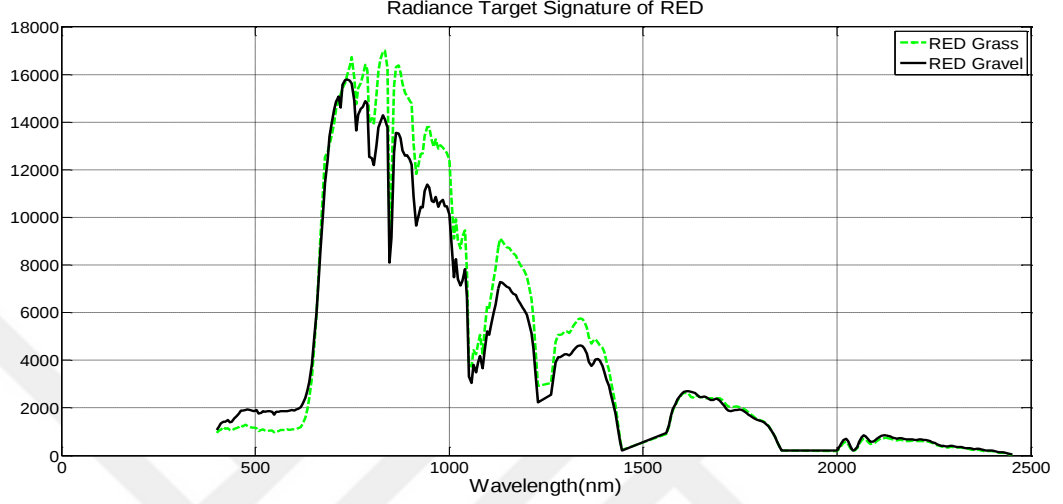
Şekil 35 Dalgaboyuna göre sensör ile hedef arasındaki atmosferik geçirgenlik koşum örneği

5.2 Hedef tespiti koşumunda kullanılacak hedef verileri

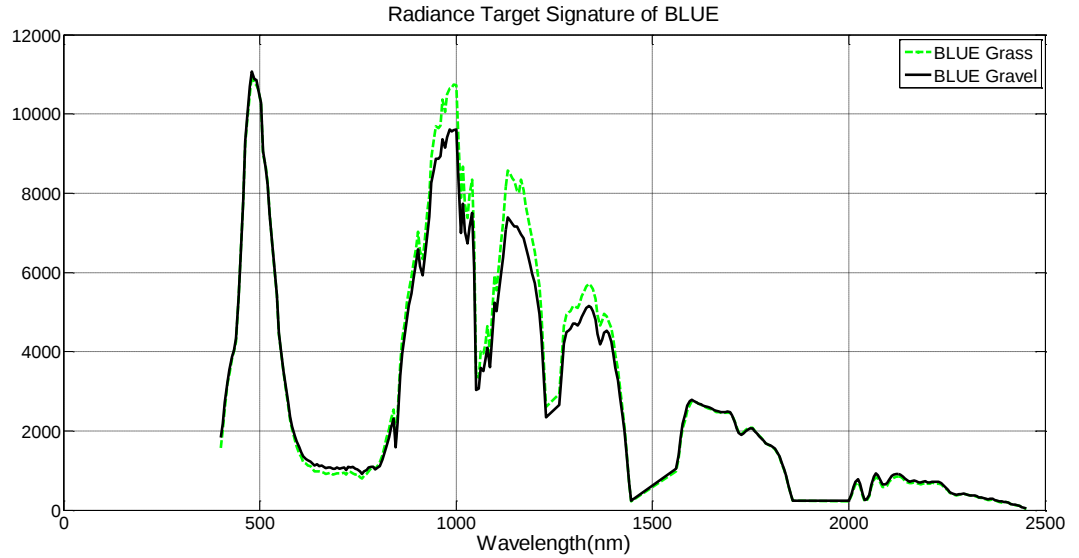
Hedef tespitinde kullanılmak üzere ölçüm sırasında açık alanda bulunan kırmızı ve mavi keçe materyale ait çakıl ve çim arkaplanlı ışıma verileri, yansıma verileri ve gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansıma verileri seçilmiştir. Hedef verileri açık alanda bulunan kırmızı ve mavi keçe materyallerin tam piksel değerlerinden alınmıştır.

5.2.1 Ölçüm içinden alınan hedef ışma verileri

Hedef tespitinde kullanılmak üzere ölçüm sırasında açık alanda bulunan kırmızı ve mavi keçe materyale ait çakıl ve çim arkaplanlı ışma verileri seçilmiştir. Tam piksel hedeflere ait spektral ışma imzaları Şekil 36 ve Şekil 37’de gösterilmiştir. Spektral ışma grafiğinde çim ve çakıl arkaplanından kaynaklanan farklılıklar gözlenmektedir.



Şekil 36 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında kırmızı keçe materyalinin spektral ışma grafiği

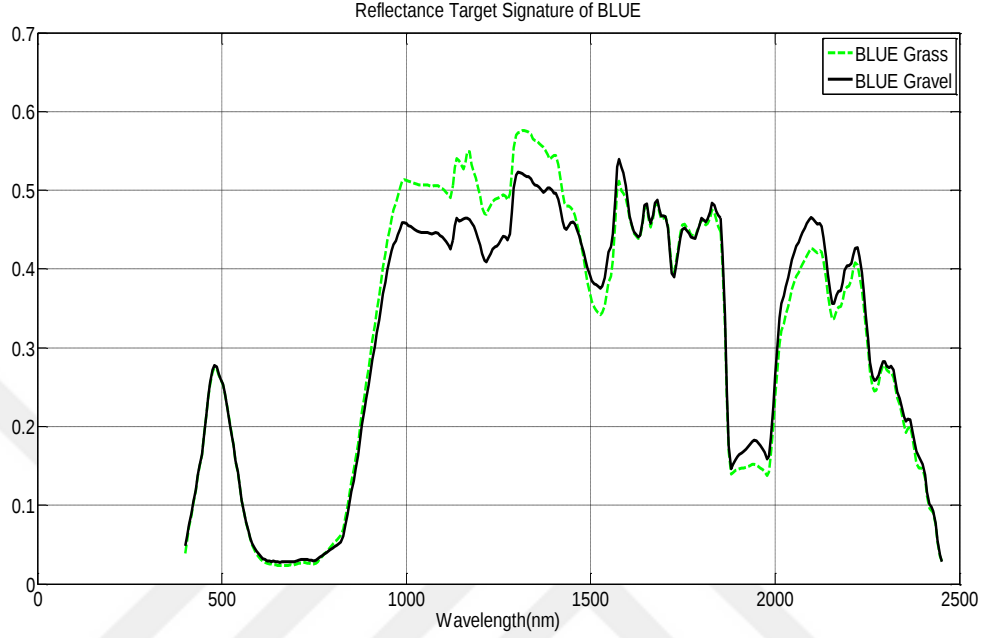


Şekil 37 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında mavi keçe materyalinin spektral ışma grafiği

5.2.2 Ölçüm içinden alınan hedef yansıma verileri

Hedef tespitinde kullanılmak üzere ölçüm sırasında açık alanda bulunan kırmızı ve mavi keçe materyale ait çakıl ve çim arkaplanlı ışma verilerinden elde edilen

yansımaya verileri seçilmiştir. Tam piksel hedeflere ait spektral yansımaya imzaları Şekil 38 ve Şekil 39'da gösterilmiştir. Spektral yansımaya grafiğinde çim ve çakıl arkaplanından kaynaklanan farklılıklar gözlenmektedir.



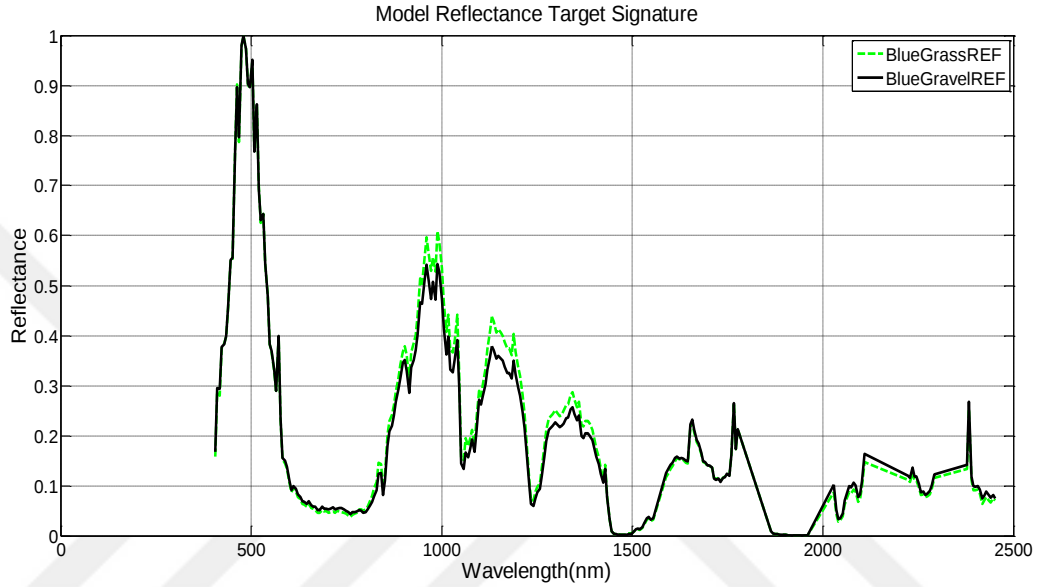
Şekil 38 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında mavi keçe materyalinin spektral yansımaya grafiği



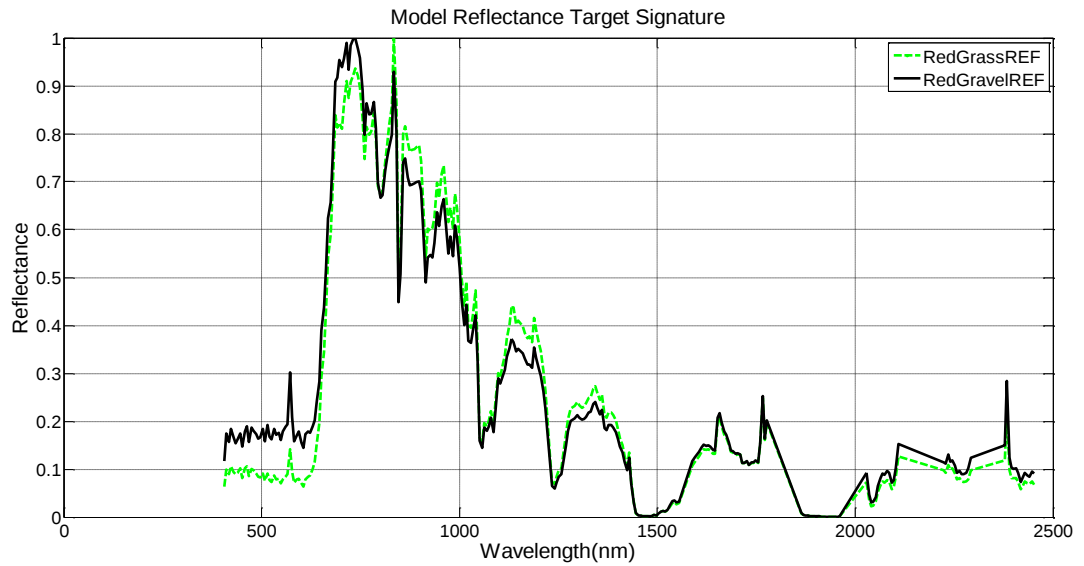
Şekil 39 Ölçüm içi çim ve çakıl arkaplanında kırmızı keçe materyalinin spektral yansımaya grafiği

5.2.3 Işıma verisi ve model ile tanımlanan hedef yansımaları

Hedef tespitinde kullanılmak üzere ölçüm sırasında açık alanda bulunan kırmızı ve mavi keçe materyale ait çakıl ve çim arkaplanlı model yansımaları verilerinden elde edilen yansımaları verileri seçilmiştir. Tam piksel hedeflere ait spektral yansımaları imzaları Şekil 40 ve Şekil 41’de gösterilmiştir. Spektral yansımaları grafiğinde çim ve çakıl arkaplanından kaynaklanan farklılıklar gözlenmektedir.



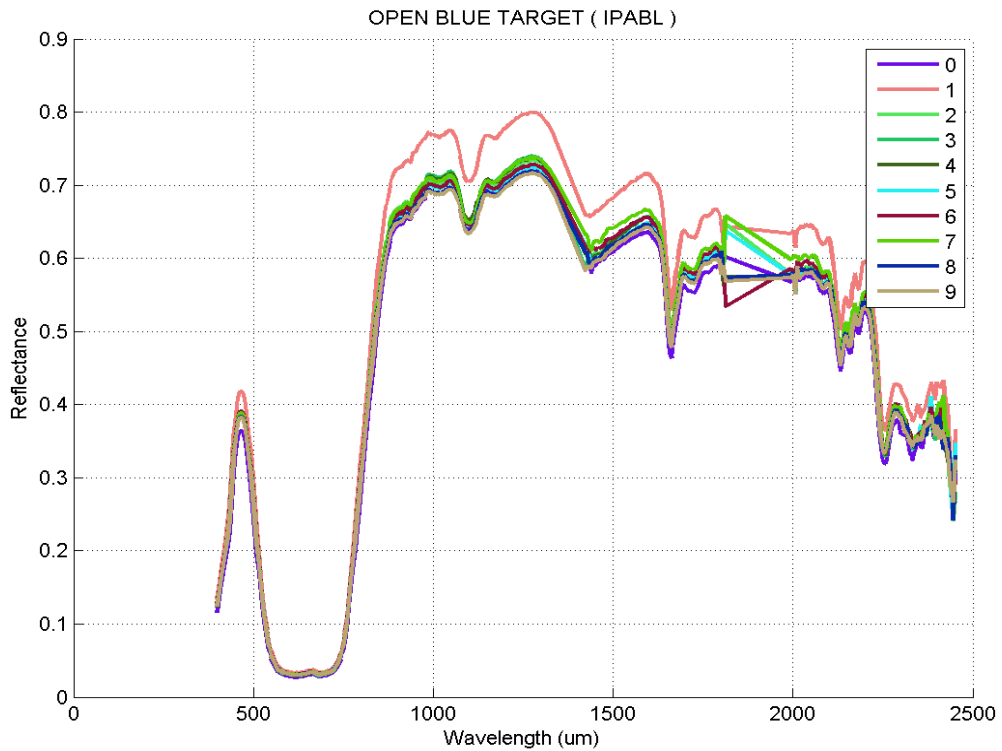
Şekil 40 Çim ve çakıl arkaplanında mavi keçe materyalinin gölge düzeltilmiş spektral yansımaları grafiği



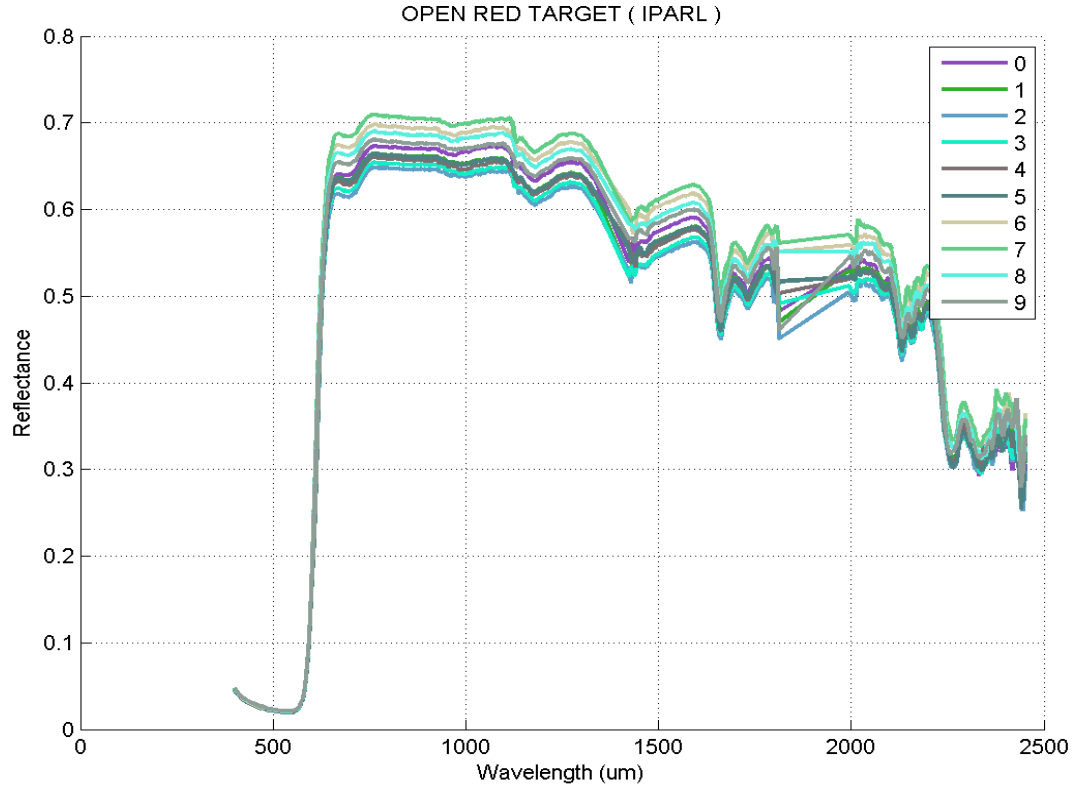
Şekil 41 Çim ve çakıl arkaplanında kırmızı keçe materyalinin gölge düzeltilmiş spektral yansımaları grafiği

5.2.4 Yer ölçümünden alınan yansıma saf spektroskopi verileri

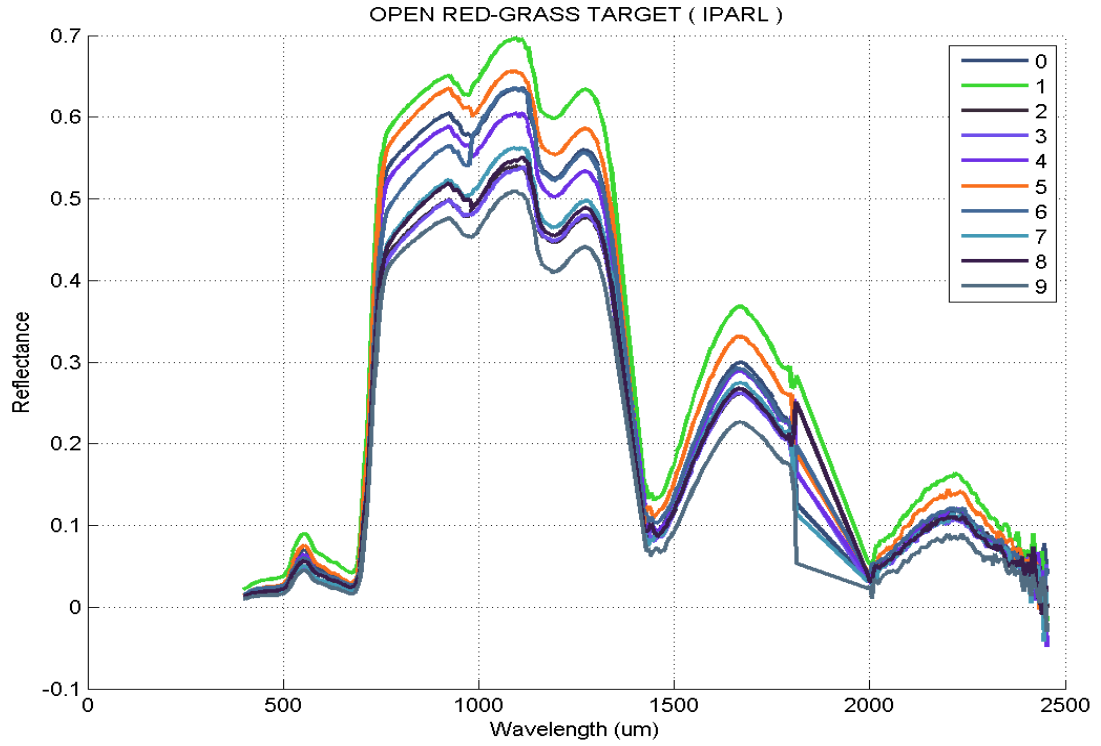
Rochester Teknoloji Enstitüsü'nde görüntüleme bilimi için kurulan Dijital Görüntüleme ve Uzaktan Algılama (DIRS) Laboratuvarı tarafından saf mavi ve kırmızı keçe verileri spektroskopi ile alınmıştır. Bunlardan bazıları laboratuvar ortamında bazıları ise açık alanda ölçüm noktasında toplanmıştır. Elde edilen bu veriler hedef tespitinde kullanılmamış olup sadece imzaları incelenmiştir. Hedeflere ait spektroskopi verileri Şekil 42, Şekil 43 ve Şekil 44'te gösterilmiştir. Açık alan kırmızı keçe ve çim arkaplanlı kırmızı keçe verileri incelenecek olursa, arkaplandan kaynaklanan spektral imza farkı gözlenmektedir. Özellikle çim arkaplanının 555nm çevresindeki etkisi görülmektedir. Keçe materyallerinin renk durumlarına göre inceleme yapıldığında kırmızı keçe ve mavi keçenin spektral imzalarının Şekil 42 ve Şekil 43 incelendiğinde mavi ve kırmızı dalga boylarındaki spektral imza farkları görülmektedir. Ayrıca verilerde aynı hedeften aynı ölçüm sistemiyle veri toplanmasına karşılık hedef imza büyüklüklerinde değişiklikler gözlenmesine karşın spektral karakterleri yüksek benzerlik göstermektedir.



Şekil 42 Açık alan mavi keçe spektroskopi verileri



Şekil 43 Açık alan kırmızı keçe spektroskopi verileri



Şekil 44 Açık alan çim arkaplanlı kırmızı keçe spektroskopi verileri

6. TESPİT ALGORİTMALARINA GENEL BAKIŞ

Uzaktan algılamada hedef tespiti, savunma ve gözetim amaçları için kullanılan birincil uygulamalardandır. Hedef tespiti özellikle boyut ve şekil gibi uzamsal olarak veya eşsiz bir spektral imza oluşturan hedef bileşimi ile gerçekleştirilebilir. Hedef tespit algoritmaları, spektral eşleştirme algoritmaları ve anomali saptama algoritmaları [36] olarak ayrılabilir. Spektral eşleme algoritmalarında, tespit edilmek istenen hedefin öncül referans spektral bilgisi kullanılır. Görüntüde her piksele ait spektral bilgisi, hedef tespit için istenilen referans spektral bilgileriyle eşleştirilir. Bu referans spektral bilgileri görüntüden yani sahne pikselinden veya spektrum kütüphanelerinden elde edilebilir [37]. Bu çalışmada spektral eşleme algoritmalarından SAM, MF, ACE kullanılmıştır. Deterministik algoritmalar olan SAM'de kararlar, hedef piksel spektrumunun ve hedef referans spektrumun fiziksel ve geometrik özelliklerine dayanarak alınır. Stokastik algoritmalar olan MF ve ACE'de ise kararlar hedef piksellerin spektral dağılımı temel alınarak alınır [38].

6.1 Spektral Açık Eşleştiricisi (SAM-Spectral Angle Mapper)

Spektral açı eşleştiricisi algoritması, denklemde gösterildiği gibi, test edilen piksel spektral imzası ile hedef referans spektral imzaları arasındaki açının kosinüsünü hesaplar. Sonuçta çıkan açının değeri sıfır ile bir arasındadır.

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\mathbf{t}^T \mathbf{r}}{\|\mathbf{t}\| \cdot \|\mathbf{r}\|} \right) \quad (3)$$

Burada $\mathbf{t}$ test spektral imzası ve $\mathbf{r}$ referans spektral imzasıdır. Denklem, her bant için hesaplanır.

Algoritma, her bir piksel spektral imzasını referans spektral imza ile karşılaştırır. Ortaya çıkan daha küçük açı, referans spektral imzaya daha yakın eşleşmeyi gösterir. Süpervizör tarafından eşik girdi değerine bağlı olarak, hedef tespiti yapılır. Spektral Açık Eşleştiricisi (Spektral Angle Mapper) [39] ve Spektral Eğim Açısı (Spectral Gradient Angle) [40] algoritmaları spektrumdaki aydınlanma farklarından ve genel albedo farklılıklarından etkilenmemektedir. Hedef ve referans spektral imza vektörünün büyüklüğünü dikkate almaz ve hedef tespiti için sadece açısal mesafeyi kullanır. SAM algoritması vektör büyüklüğüne duyarsız olduğu için, yalnızca spektral imza farklılıklarına ya da karaktere önem vermektedir. Bu nedenle SAM, bu çalışmada gölgeli hedefleri tespit etmek amacıyla ele alınmıştır. SAM tanımı gereği,

aydınlatma, geometri varyasyonları veya genel albedo farklılıklarından etkilenmez, çünkü vektör büyüklüğü ve açisal mesafedeki eşikleri gözardı eder [41]. SAM, işleme algoritmalarının ilk aşamasında yaygın olarak kullanılır; çünkü hesaplama açısından ucuzdur ve sahne hakkında istatistiksel bilgi gerektirmez. Bununla birlikte, herhangi bir matematiksel optimalite özelliği yoktur. SAM, yalnızca küçük dağılımlarla iyi ayrılmış dağılımlara sahip tam piksel hedefleri için yeterli performansı sağlar.

6.2 Uyarlanır Koherens Tahmincisi (ACE - Adaptive Coherence Estimator)

Uyarlanır koherens tahmincisi yöntemi, Genelleştirilmiş Olabilirlik Oranı (GLR) yaklaşımına dayanmaktadır.

$$T_{ACE}(t) = \frac{[(\mathbf{r} - \mu)^T \hat{\mathbf{\Gamma}}^{-1}(\mathbf{t} - \mu)]^2}{[(\mathbf{r} - \mu)^T \hat{\mathbf{\Gamma}}^{-1}(\mathbf{r} - \mu)] \cdot [(\mathbf{t} - \mu)^T \hat{\mathbf{\Gamma}}^{-1}(\mathbf{t} - \mu)]}$$

Burada $\mathbf{r}$ referans spektral imzası, $\mathbf{t}$ test spektral imzası, μ ve $\hat{\mathbf{\Gamma}}$ arkaplanın ortalama ve kovaryans matrisidir.

Elde edilen sonuç, 0'dan 1'e değerler içeren gri ölçekli bir görüntüdür. 0'dan 1'e kadar olan bu değer, piksel spektral imzası ve referans spektral imzası arasındaki eşleşme derecesini gösterir. 0 değeri en düşük değerli hedef tespiti, 1 ise en yüksek değerli hedef tespitinin yapıldığını gösterir. Bu görüntü üzerinden süpervizör tarafından eşik girdi değerine bağlı olarak, hedef tespiti yapılır.

ACE'nin tek başına güçlü bir matematiksel hedef tespit istatistiği olması (olasılıksal arkaplan modellemesi) ve ACE'nin ölçeklendirme dönüşümlerinde değişmez olması en önemli özelliklerindendir [42].

6.3 Uyumlu Filtre (MF - Matched Filter)

Uyumlu filtre algoritması istenen hedef spektrumunu maksimize ederek, bilinmeyen arka plan spektrumlarını ise bastırarak algılama yapar [43].

$$T_{MF}(t) = \frac{(\mathbf{r} - \mu)^T \hat{\mathbf{\Gamma}}^{-1}(\mathbf{t} - \mu)}{(\mathbf{r} - \mu)^T \hat{\mathbf{\Gamma}}^{-1}(\mathbf{r} - \mu)}$$

Burada $\mathbf{r}$ referans spektral imzası, $\mathbf{t}$ test spektral imzası, μ ve $\hat{\mathbf{\Gamma}}$ arkaplanın ortalama ve kovaryans matrisidir.

Elde edilen sonuç, 0'dan 1'e değerler içeren gri ölçekli bir görüntüdür. 0'dan 1'e kadar olan bu değer, piksel spektral imzası ve referans spektral imzası arasındaki eşleşme derecesini gösterir. 0 değeri en düşük değerli hedef tespiti, 1 ise en yüksek değerli hedef tespitinin yapıldığını gösterir. Bu görüntü üzerinden süpervizör tarafından eşik girdi değerine bağlı olarak, hedef tespiti yapılır.

7. ALGORİTMALARIN GERÇEK VERİLER ÜZERİNDE KOŞTURULMASI ve SONUÇLARIN İNCELENMESİ

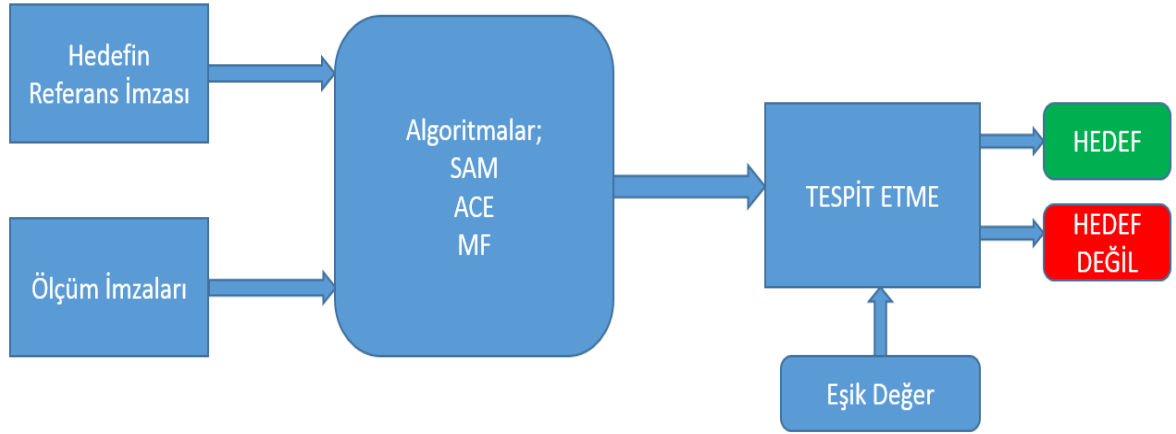
Algoritma koşumları sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmeden önce alıcı işletim karakteristiği (ROC) eğrileri çizdirilmelidir. ROC eğrilerini elde etmek amacıyla veri kümesine ait kesin referans bilgileri (Ground Truth) verilen geometrik koordinat dosyası ile eşleştirilerek elde oluşturulmuştur. Hiperspektral veri kümesinden “Bant 56 = 652,5nm (KIRMIZI)”, “Bant 34 = 550,65nm (YEŞİL)” ve “Bant 16 = 468,29nm (MAVİ)” görüntüleri birleştirilerek görüntü elde edilmiş ve bu görüntüde bulunan hedefler işaretlenmiştir.

ACE, MF, SAM algoritmaları üç sahne parametresinin ;

- 1) Arka plan (çakıl ve çim)
- 2) Hedef materyalin türü (kırmızı keçe ve mavi keçe)
- 3) Aydınlatma koşulları (gölge ve gölge olmayan)

etkisini incelemek üzere alt küme resminde uygulanmıştır. Her bir koşul için deneyler yapılırken diğer iki koşul sabit tutulmuştur. Örneğin, arkaplanın etkisini incelemek için doğrudan aydınlatmada bulunan aynı kumaş hedefi göz önüne alınmıştır. Referans spektral imza olarak, alt kümede yer alan hedeflerden elde edilen ışıma ve yansıma verileri kullanılmıştır.

Hedef belirleme şeması Şekil 45'te gösterilmiştir. Işıma ve yansıma veri kümelerindeki her bir piksele ait imzalar hedefin referans imzası ile karşılaştırılarak algoritmalar tarafından bir değer oluşturulmuştur. Algoritma sonuçları olarak adlandırılan piksellere ait değerler eşik değeriyle karşılaştırılarak pikselin hedef ya da hedef değil olarak sınıflandırılmasını sağlanmıştır.



Şekil 45 Hedef Belirleme

ROC eğrilerinde elde edilen sonuçlar, gerçek pozitifler, gerçek negatif, yanlış pozitif ve yanlış negatif olmak üzere tüm tespit istatistiklerini hesaplamak için analiz edilir. Gerçek pozitif doğru tespitlerin toplam sayısını, doğru negatif doğru reddetme sayısını, yanlış pozitif yanlış tespit sayısını ve yanlış negatif kaçırılmış tespit sayısını gösterir. Hedef tespit algoritmasının performansı, tespit olasılığı (veya gerçek doğru oran) ve yanlış alarmların olasılığı (yanlış pozitif oran) hesaplanarak analiz edilir.

Tespit Olasılığı (PD) = Gerçek Pozitif / (Gerçek Pozitif + Yanlış Negatif)

Yanlış Pozitiflik Oranı (FPR) = Yanlış Pozitif / (Yanlış Pozitif + Gerçek Negatif)

Mükemmel bir algoritma mümkün olan en yüksek pozitif oranı ve mümkün olan en düşük yanlış pozitif oranı vermelidir.

Yukarıda anlatılan spektral eşleme algoritmaları sonuçlarında elde edilen değerler, süpervizör tarafından belirlenen eşik değerlerine bağlı olarak iki seçenekli sonuçlar üretir; burada hedefin varlığı 1, hedefin yokluğu ise 0'dır. Seçilen hedef imzaları ve veri kümeleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3 Hedefler ve Veri Kümeleri

Seçilen Hedef İmzası	Seçilen Veri Kümesi 1	Seçilen Veri Kümesi 2
Mavi Keçe (Çim Arkaplanlı) Işıma, Yansımaya İmzaları	Geo_0920-1706 Işıma ve Yansımaya Verileri	Geo_0920-1857 Işıma ve Yansımaya Verileri
Kırmızı Keçe (Çim Arkaplanlı) Işıma, Yansımaya İmzaları		
Mavi Keçe (Çakıl Arkaplanlı) Işıma, Yansımaya İmzaları		
Kırmızı Keçe (Çakıl Arkaplanlı) Işıma, Yansımaya İmzaları		

7.1 Algoritma Sonuçları

Hedef tespit algoritmalarından elde edilen sonuçlar ve veri kümesine ait kesin referans bilgileri (Ground Truth) kullanılarak algoritma sonuçları oluşturulmuştur. Algoritma sonuçları ROC eğrileri ve bu eğrilerin altında kalan alanların üzerinden değerlendirilmiştir. ROC eğrilerinde belirtilen isimlendirme Tablo 4'te ifade edilmiştir.

Tablo 4 Hedef tespitinde kullanılan hedef bilgilerine göre sonuç adlandırılması

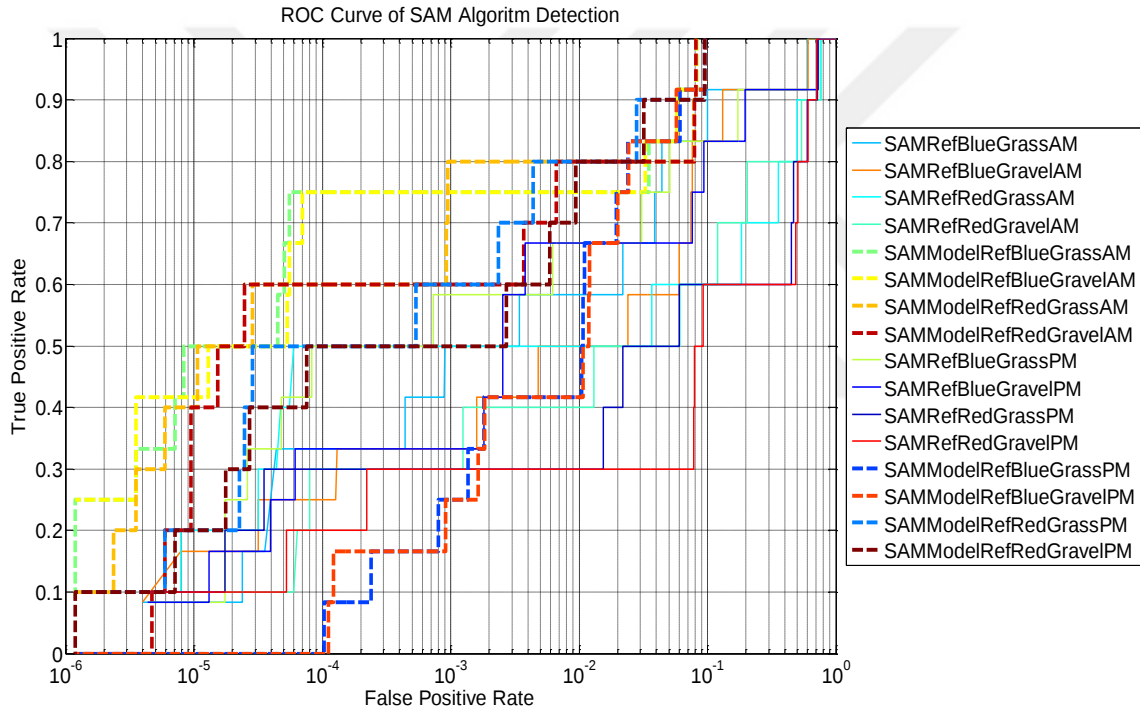
Algoritma	Veri Kümesi	Hedef Rengi	Hedef Arkaplanı	Hedef Zamanı
SAM, ACE; MF	Reflectance, Model Reflectance	BLUE(Mavi), RED(Kırmızı)	Grass(Çim), Gravel(Çakıl)	AM(öğleden önce), PM(öğleden sonra)

Hedef tespit sonuçları kullanılan veri kümesine göre;

“Algoritma + Hedef Rengi + Hedef arkaplanı + Hedef zamanı” olarak isimlendirilmiştir. Örnek olarak SAM algoritması kullanılan öğleden önce alınan gölge düzeltme yapılan yeni yansımaya veri kümesinde çim arkaplanlı kırmızı keçe hedefi sonuçları ; SAMModelRefRedGrassAM olarak adlandırılmıştır. Burada hangi veri kümesinde hangi hedef imzası kullanılarak hangi sonucu elde ettiğimiz ifade edilmiştir.

7.1.1 SAM Sonuçları

SAM algoritması kullanılarak elde edilen ROC eğrileri ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Şekil 46'da ve Tablo 5'te gösterilmiştir. Şekil 46'daki gerçek doğru orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; gölge düzeltme yapılmış öğleden önce veri kümesinde çakıl arkaplanlı kırmızı keçe hedefi (SAMModelRefRedGravelAM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 46 SAM algoritması sonuçları

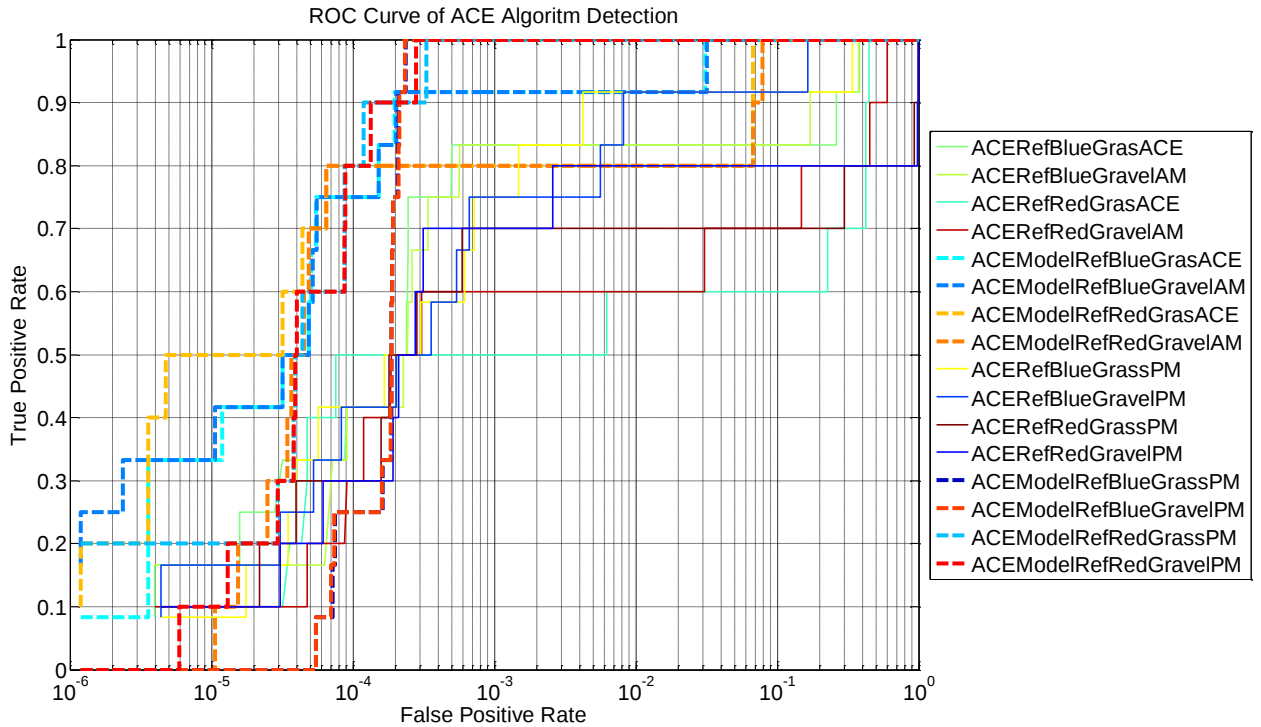
Tablo 5 SAM Algoritması ROC eğrilerinin altında kalan alanları

SAM_RefBlueGrass_AM	0,932491
SAM_RefBlueGravel_AM	0,918127
SAM_RefRedGrass_AM	0,816133
SAM_RefRedGravel_AM	0,830845
SAM_ModelRefBlueGrass_AM	0,985381
SAM_ModelRefBlueGravel_AM	0,985594
SAM_ModelRefRedGrass_AM	0,983899
SAM_ModelRefRedGravel_AM	0,982914

SAM_RefBlueGrass_PM	0,918475
SAM_RefBlueGravel_PM	0,908022
SAM_RefRedGrass_PM	0,76735
SAM_RefRedGravel_PM	0,744193
SAM_ModelRefBlueGrass_PM	0,980177
SAM_ModelRefBlueGravel_PM	0,980184
SAM_ModelRefRedGrass_PM	0,987013
SAM_ModelRefRedGravel_PM	0,985427

7.1.2 ACE Sonuçları

ACE algoritması kullanılarak elde edilen ROC eğrileri ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Şekil 47’de ve Tablo 6’da gösterilmiştir. Şekil 47’deki gerçek doğru orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; gölge düzeltilme yapılmış öğleden sonra veri kümesinde çim arkaplanlı mavi keçe hedefi (ACEModelRefBlueGrassPM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



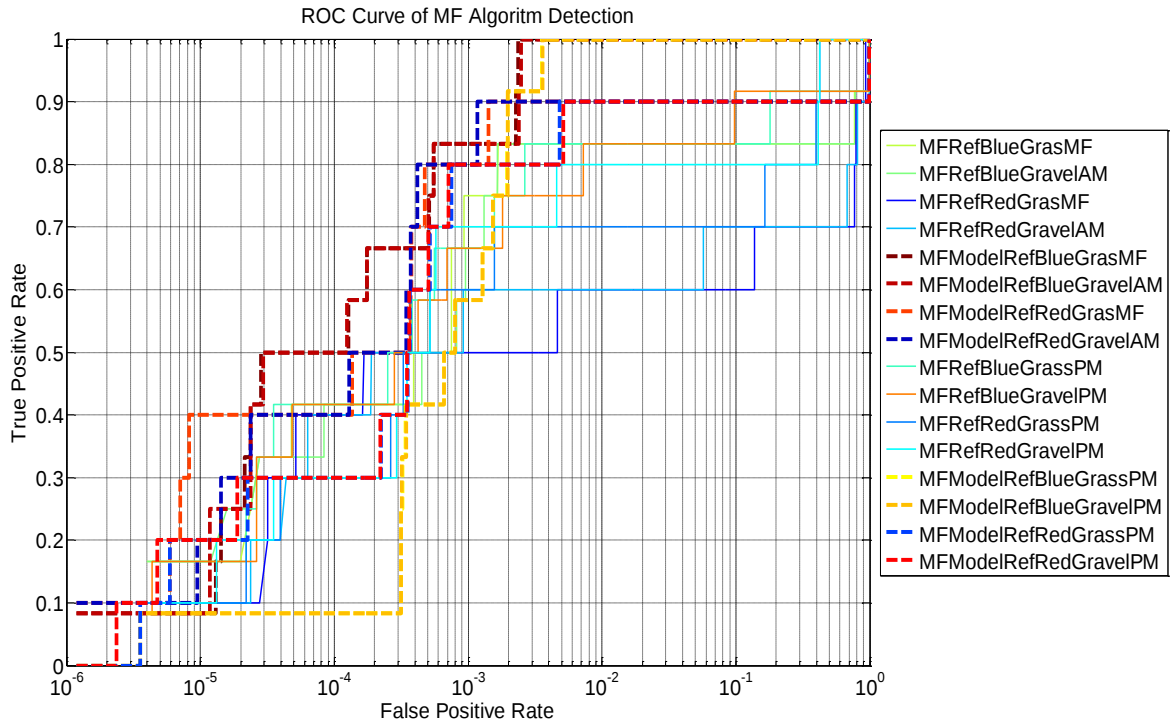
Şekil 47 ACE algoritması sonuçları

Tablo 6 ACE Algoritması ROC eğrilerinin altında kalan alanları

ACE_RefBlueGrass_AM	0,946181
ACE_RefBlueGravel_AM	0,954388
ACE_RefRedGrass_AM	0,84748
ACE_RefRedGravel_AM	0,877049
ACE_ModelRefBlueGrass_AM	0,997377
ACE_ModelRefBlueGravel_AM	0,997314
ACE_ModelRefRedGrass_AM	0,98645
ACE_ModelRefRedGravel_AM	0,985372
ACE_RefBlueGrass_PM	0,970895
ACE_RefBlueGravel_PM	0,985016
ACE_RefRedGrass_PM	0,77746
ACE_RefRedGravel_PM	0,801959
ACE_ModelRefBlueGrass_PM	0,999836
ACE_ModelRefBlueGravel_PM	0,999837
ACE_ModelRefRedGrass_PM	0,999922
ACE_ModelRefRedGravel_PM	0,999924

7.1.3 MF Sonuçları

MF algoritması kullanılarak elde edilen ROC eğrileri Şekil 48'de ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Tablo 7'de gösterilmiştir. Şekil 48'deki gerçek doğru



Şekil 48 MF algoritması sonuçları

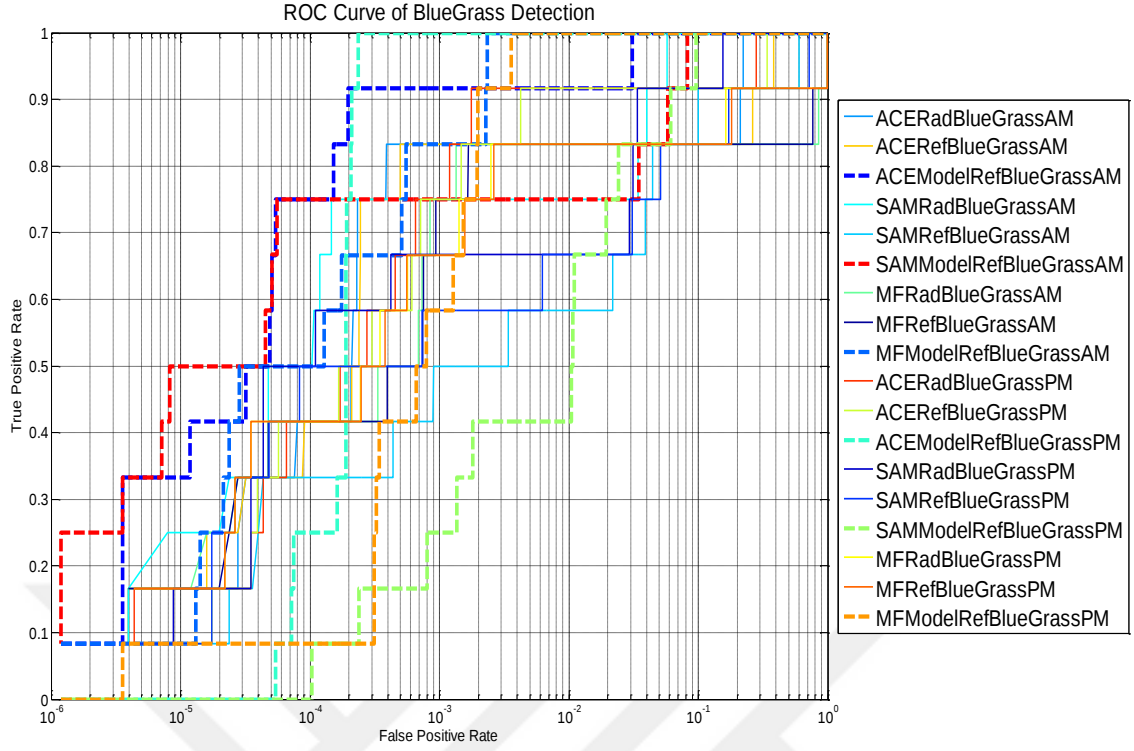
orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; gölge düzeltilme yapılmış öğleden sonra veri kümesinde çim arkaplanlı mavi keçe hedefi (MFModelRefBlueGrassPM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 7 MF Algoritması ROC eğrilerinin altında kalan alanları

MF_RefBlueGrass_AM	0,852804
MF_RefBlueGravel_AM	0,851678
MF_RefRedGrass_AM	0,737354
MF_RefRedGravel_AM	0,746074
MF_ModelRefBlueGrass_AM	0,999491
MF_ModelRefBlueGravel_AM	0,999473
MF_ModelRefRedGrass_AM	0,899741
MF_ModelRefRedGravel_AM	0,899842
MF_RefBlueGrass_PM	0,901309
MF_RefBlueGravel_PM	0,907754
MF_RefRedGrass_PM	0,90107
MF_RefRedGravel_PM	0,91609
MF_ModelRefBlueGrass_PM	0,998911
MF_ModelRefBlueGravel_PM	0,998906
MF_ModelRefRedGrass_PM	0,899961
MF_ModelRefRedGravel_PM	0,899911

7.1.4 Çim Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Sonuçları

Çim arkaplanlı mavi keçe hedefi kullanılarak elde edilen ROC eğrileri Şekil 49'da ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Tablo 8'de gösterilmiştir. Şekil 49'daki gerçek doğru orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; ACE algoritması, gölge düzeltilme yapılmış öğleden sonra veri kümesinde çim arkaplanlı mavi keçe hedefi (ACEModelRefBlueGrassPM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



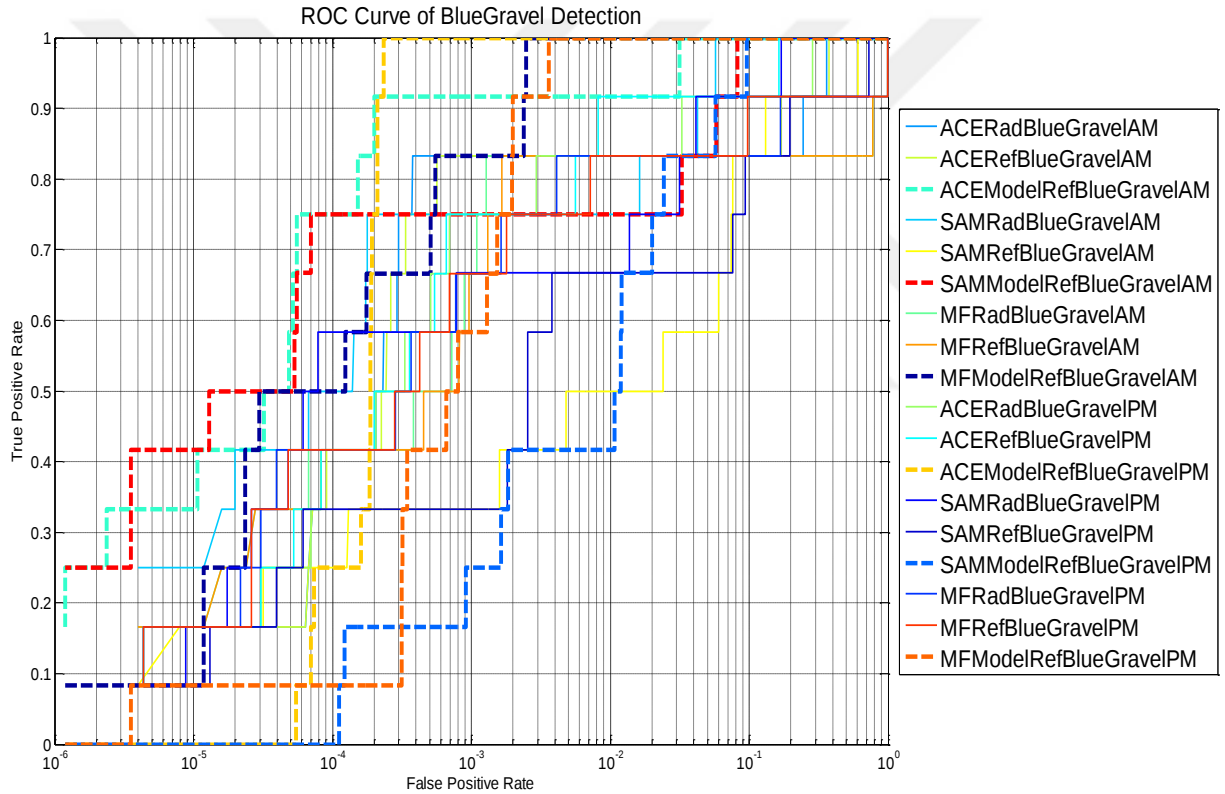
Şekil 49 Çim Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları

Tablo 8 Çim Arkaplanlı Mavi Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları

ACERadBlueGrassAM	0,963724
ACERefBlueGrassAM	0,946181
ACModelRefBlueGrassAM	0,997377
SAMRadBlueGrassAM	0,989023
SAMRefBlueGrassAM	0,932491
SAMModelRefBlueGrassAM	0,985381
MFRadBlueGrassAM	0,845611
MFRefBlueGrassAM	0,852804
MFModelRefBlueGrassAM	0,999491
ACERadBlueGrassPM	0,976164
ACERefBlueGrassPM	0,970895
ACModelRefBlueGrassPM	0,999836
SAMRadBlueGrassPM	0,97913
SAMRefBlueGrassPM	0,918475
SAMModelRefBlueGrassPM	0,980177
MFRadBlueGrassPM	0,902695
MFRefBlueGrassPM	0,901309
MFModelRefBlueGrassPM	0,998911

7.1.5 Çakıl Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Sonuçları

Çakıl arkaplanlı mavi keçe hedefi kullanılarak elde edilen ROC eğrileri Şekil 50’de ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir. Şekil 50’deki gerçek doğru orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; ACE algoritması, gölge düzeltilme yapılmış öğleden sonra veri kümesinde çakıl arkaplanlı mavi keçe hedefi (ACEModelRefBlueGravelPM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 50 Çakıl Arkaplanlı Mavi Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları

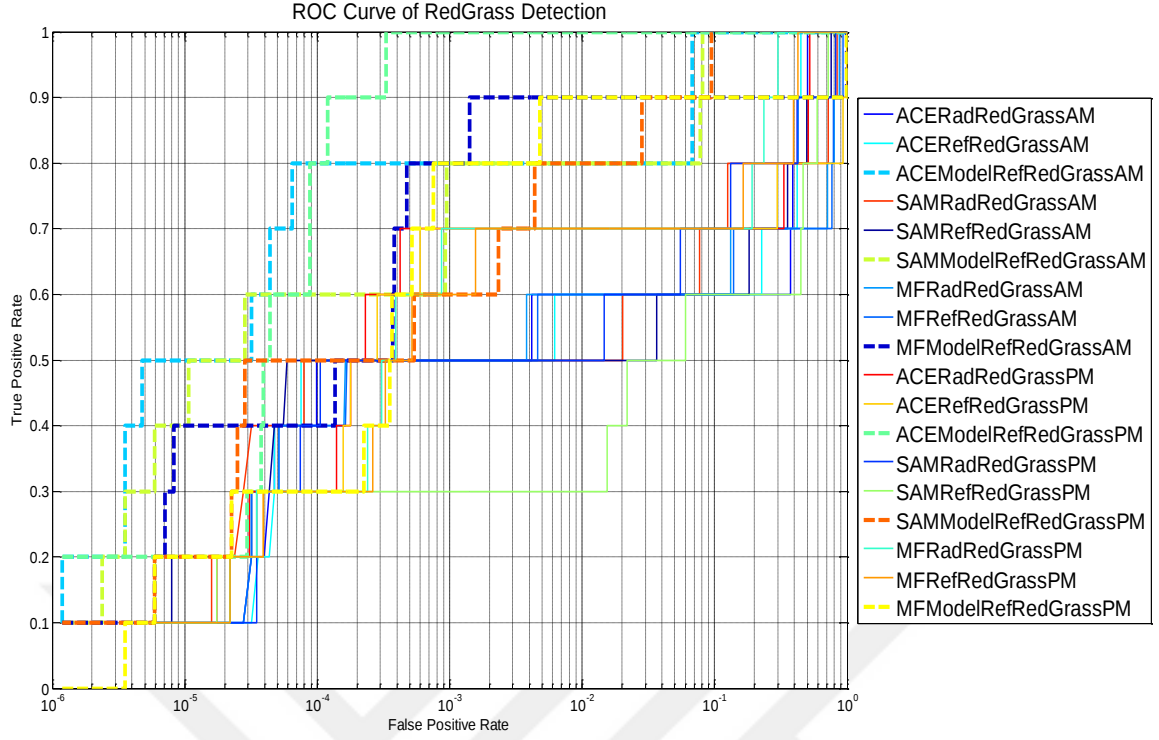
Tablo 9 Çakıl Arkaplanlı Mavi Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları

ACERadBlueGravelAM	0,949317
ACERefBlueGravelAM	0,954388
ACEModelRefBlueGravelAM	0,997314
SAMRadBlueGravelAM	0,990324
SAMRefBlueGravelAM	0,918127
SAMModelRefBlueGravelAM	0,985594

MFRadBlueGravelAM	0,851646
MFRefBlueGravelAM	0,851678
MFModelRefBlueGravelAM	0,999473
ACERadBlueGravelPM	0,973
ACERefBlueGravelPM	0,985016
ACEModelRefBlueGravelPM	0,999837
SAMRadBlueGravelPM	0,978493
SAMRefBlueGravelPM	0,908022
SAMModelRefBlueGravelPM	0,980184
MFRadBlueGravelPM	0,902403
MFRefBlueGravelPM	0,907754
MFModelRefBlueGravelPM'	0,998906

7.1.6 Çim Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Sonuçları

Çim arkaplanlı kırmızı keçe hedefi kullanılarak elde edilen ROC eğrileri Şekil 51'de ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Tablo 10'da gösterilmiştir. Şekil 51'deki gerçek doğru orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; ACE algoritması, gölge düzeltilme yapılmış öğleden sonra veri kümesinde çim arkaplanlı kırmızı keçe hedefi (ACEModelRefRedGrassPM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



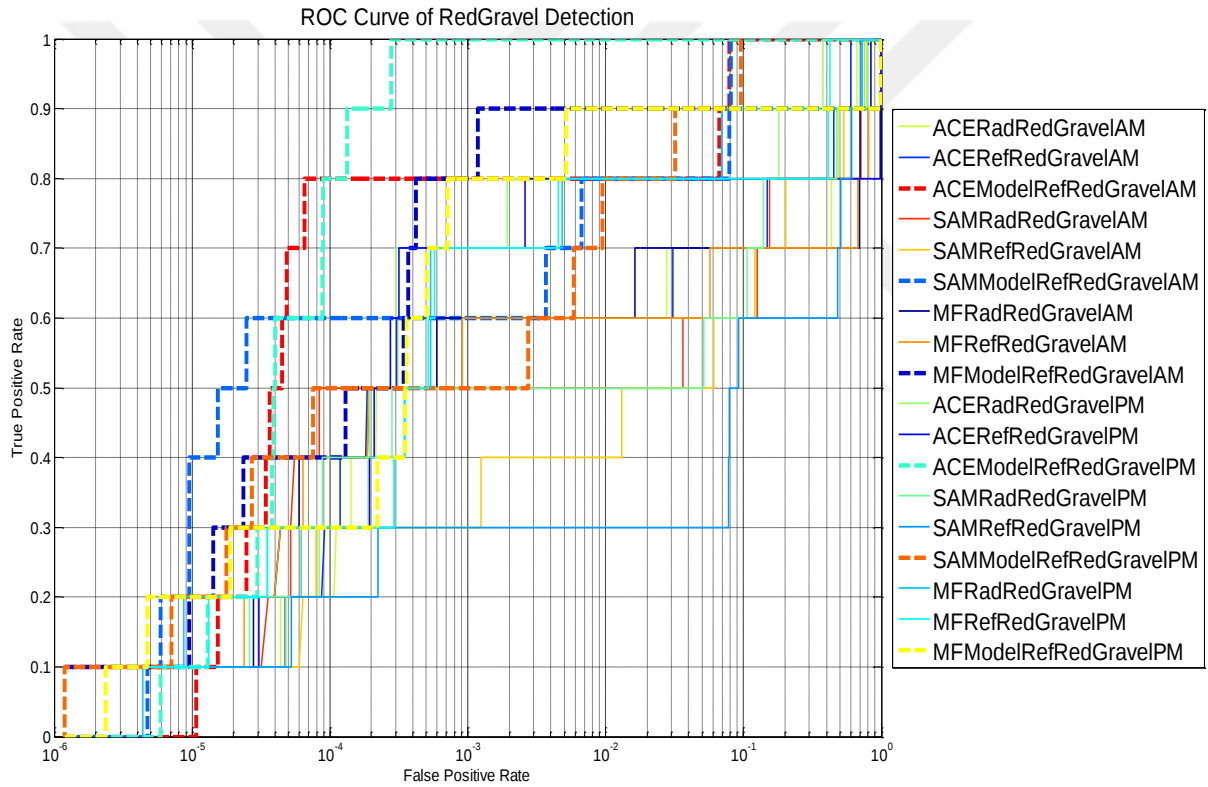
Şekil 51 Çim Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları

Tablo 10 Çim Arkaplanlı Kırmızı Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları

ACERadRedGrassAM	0,831269
ACERefRedGrassAM	0,84748
ACEModelRefRedGrassAM	0,98645
SAMRadRedGrassAM	0,821316
SAMRefRedGrassAM	0,816133
SAMModelRefRedGrassAM	0,983899
MFRadRedGrassAM	0,747959
MFRefRedGrassAM	0,737354
MFModelRefRedGrassAM	0,899741
ACERadRedGrassPM	0,863314
ACERefRedGrassPM	0,77746
ACEModelRefRedGrassPM	0,999922
SAMRadRedGrassPM	0,854862
SAMRefRedGrassPM	0,76735
SAMModelRefRedGrassPM	0,987013
MFRadRedGrassPM	0,927028
MFRefRedGrassPM	0,90107
MFModelRefRedGrassPM	0,899961

7.1.7 Çakıl Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Sonuçları

Çim arkaplanlı kırmızı keçe hedefi kullanılarak elde edilen ROC eğrileri Şekil 52’de ve ROC eğrisi altında kalan alan değerleri Tablo 11’de gösterilmiştir. Şekil 52’deki gerçek doğru orana göre yanlış pozitiflik oranı grafiğine bakıldığında; ACE algoritması, gölge düzeltilme yapılmış öğleden sonra veri kümesinde çakıl arkaplanlı kırmızı keçe hedefi (ACEModelRefRedGravelPM) kullanılarak elde edilen sonucun en düşük yanlış pozitiflik oranında en yüksek gerçek doğru oranına sahip olduğu görülmektedir. ROC eğrileri altında kalan değerlere bakıldığında gölge düzeltimi yapılan yansıma veri kümelerine ait sonuçların, yansıma veri sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 52 Çakıl Arkaplanlı Kırmızı Keçe Hedefi Algoritma Sonuçları

Tablo 11 Çakıl Arkaplanlı Kırmızı Keçe ROC eğrilerinin altında kalan alanları

ACERadRedGravelAM	0,838163
ACERefRedGravelAM	0,877049
ACEModelRefRedGravelAM	0,985372
SAMRadRedGravelAM	0,797575
SAMRefRedGravelAM	0,830845
SAMModelRefRedGravelAM	0,982914

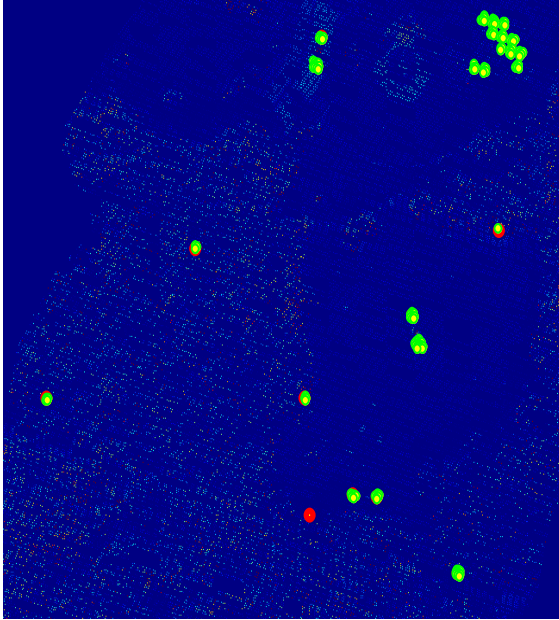
MFRadRedGravelAM	0,775627
MFRefRedGravelAM	0,746074
MFModelRefRedGravelAM	0,899842
ACERadRedGravelPM	0,943929
ACERefRedGravelPM	0,801959
ACEModelRefRedGravelPM	0,999924
SAMRadRedGravelPM	0,844142
SAMRefRedGravelPM	0,744193
SAMModelRefRedGravelPM	0,985427
MFRadRedGravelPM	0,919573
MFRefRedGravelPM	0,91609
MFModelRefRedGravelPM	0,899911



7.2 Algoritma Sonuçlarında Aydınlatma Etkisinin İncelenmesi

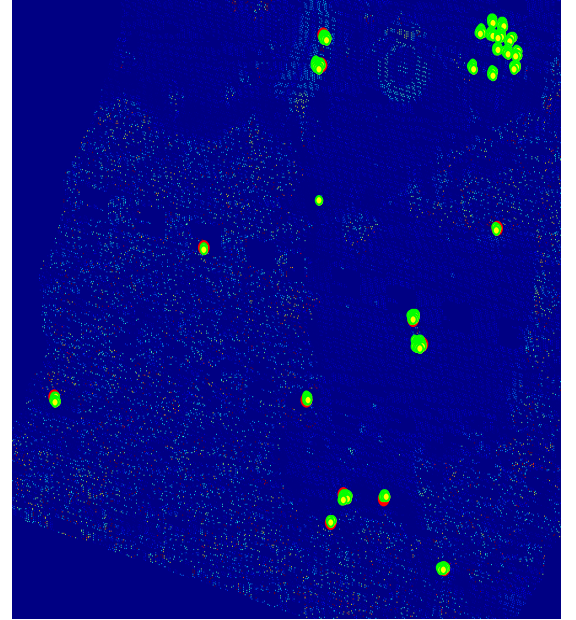
Aydınlatma etkilerini incelemek amacıyla yerel saatte 10:06'da (öğleden önce) ve 11:57'de(öğleden sonra) alınmış aynı hedefin aynı arkaplan üzerinde farklı zamanlarda alınmış verileri incelenmiştir. Aydınlatma esnasında mavi keçe hedefinin tüm pikselleri, çim arkaplanlı mavi keçe hedef imzası kullanılarak, yani hedef aydınlatma kullanılarak gerçekleştirildiğinde, üç algoritma tarafından tespit edilir. Belirlenen eşik değerine göre ACE algoritmasının aynı eşik değerinin uygulandığı sonuçlarına bakıldığında Şekil 54'de gösterilen öğleden sonra alınan veri kümesinde tüm hedeflerin bulunduğu, Şekil 53'te gösterilen öğleden önce alınan hedeflerden tam gölgede bulunan bir hedefin bulunamadığı görülmüştür. Şekil 53 ve Şekil 54'de gösterilen kırmızı piksel noktaları hedeflerin kesin referans bilgilerini gösterirken, yeşil-sarı renkle gösterilen pikseller ise ACE algoritması sonuçlarına aynı eşik değeri uygulandığında elde edilen hedef pikselleri göstermektedir. Çift ağaç sınırında bulunan mavi keçe hedefinin öğleden önce tespiti diğer öğleden sonra tespitine göre zayıftır. Bu da gölgenin yani aydınlanma koşullarının hedef tespit algoritmalarını etkilediğini göstermektedir.

Cim Arkaplanlı Mavi Keçe ACE Sonuçları 1706 AM



Şekil 53 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları

Cim Arkaplanlı Mavi Keçe ACE Sonuçları 1857 PM



Şekil 54 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden sonra ACE algoritması sonuçları

Genel olarak, aydınlatma değişimine göre seçilen hedeflerin algoritma sonuç ortalamaları Tablo 12’de gösterilmiştir. Gölge düzeltimi yapılmayan yansıma veri kümesi algoritması sonuçlarına bakıldığında; öğleden önce alınan veri kümesi ile öğleden sonra alınan veri kümesi arasında fark olduğu görülmektedir. Gölge düzeltme yapıldıktan sonraki öğleden önce ve öğleden sonra alınan veri kümesi sonuçlarına bakıldığında ise aydınlatma etkisinin sonuçları ortadan kaldırılmıştır.

Tablo 12 Aydınlanma durumuna göre hedef algoritma sonuçlarının ortalaması

ACE_REF_AM	0.906274
ACE_MODELREF_AM	0.991628
ACE_REF_PM	0.883832
ACE_MODELREF_PM	0.99988
SAM_REF_AM	0.874399
SAM_MODELREF_AM	0.984447
SAM_REF_PM	0.83451
SAM_MODELREF_PM	0.9832
MF_REF_AM	0.796977
MF_MODELREF_AM	0.949637
MF_REF_PM	0.906556
MF_MODELREF_PM	0.949422

Tablo 13’e bakıldığında ise hedeflere göre bir değerlendirme yapıldığında, güneş ışınlarının daha yatık geldiği ve gölge durumunun fazla olduğu öğleden önce alınan veri kümesinin algoritma sonuçları, güneş ışınlarının daha dik geldiği gölgenin daha az olduğu öğleden sonra alınan veri kümesinin algoritma sonuçlarına göre daha düşüktür. Bu nedenle aydınlanma koşulları, gölge alan yoğunluğunun daha fazla olduğu veri kümesinde hedef tespit sonuçlarını olumsuz etkilemektedir. Gölge düzeltme yapıldıktan sonraki hedeflere göre öğleden önce ve öğleden sonra alınan veri kümesi sonuçlarına bakıldığında ise aydınlatma etkisinin sonuçları ortadan kaldırılmıştır.

Tablo 13 Aydınlanma durumuna göre hedef algoritma sonuçlarının ortalaması

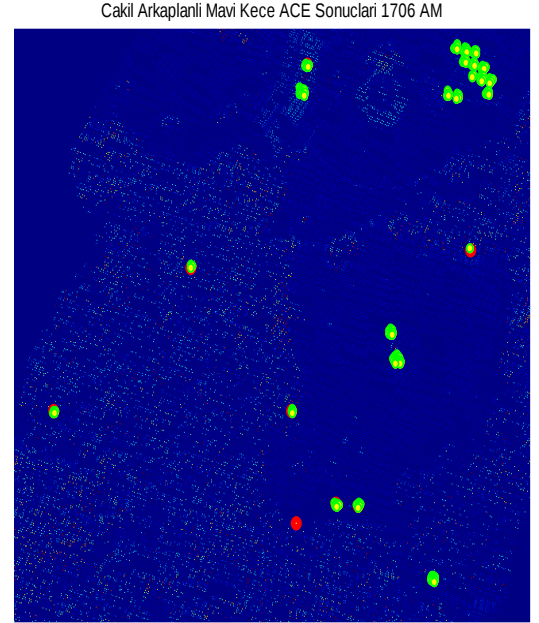
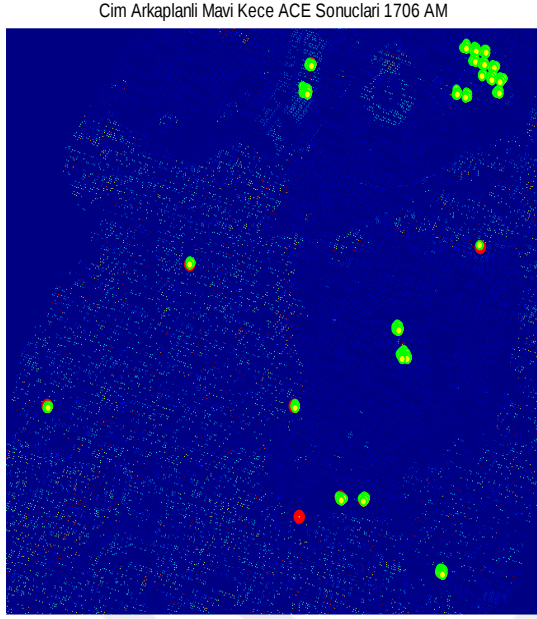
BLUEGRAVEL_AM_ModelREF	0.994127
BLUEGRAVEL_AM_REF	0.919247
BLUEGRAVEL_PM_ModelREF	0.992975
BLUEGRAVEL_PM_REF	0.942448

BLUEGRASS_AM_ModelREF	0.994083
BLUEGRASS_AM_REF	0.921639
BLUEGRASS_PM_ModelREF	0.992975
BLUEGRASS_PM_REF	0.941445
REDGRAVEL_AM_ModelREF	0.956043
REDGRAVEL_AM_REF	0.810889
REDGRAVEL_PM_ModelREF	0.961754
REDGRAVEL_PM_REF	0.861648
REDGRASS_AM_ModelREF	0.956697
REDGRASS_AM_REF	0.800252
REDGRASS_PM_ModelREF	0.962299
REDGRASS_PM_REF	0.848514

7.3 Algoritma Sonuçlarında Arkaplan Etkisinin İncelenmesi

Hedef arkaplanının etkisini değerlendirmek için aynı hedefin iki farklı zeminde, yani çim ve çakılda tespiti için veriler incelenmiştir. Üç algoritmanın da istenen tüm hedefleri tespit edebildiğini sonuçlarda görülmüştür. Çim arkaplanlı ve çakıl arkaplanlı hedeflerin bulunduğu veri kümesinde açık alanda bulunan mavi ve kırmızı hedeflerin hepsi bulunmuştur. Şekil 55'te ve Şekil 56'da gösterilen kırmızı piksel noktaları hedeflerin kesin referans bilgilerini gösterirken, yeşil-sarı renkle gösterilen pikseller ise ACE algoritması sonuçlarına aynı eşik değeri uygulandığında elde edilen hedef pikselleri göstermektedir. Hedef imzaları açısından bakıldığında ise çim ve çakıl arkaplanlarında olan hedef imzasında çeşitli farklılıklar görülmektedir.

Tablo 14'te farklı arkaplanlı hedeflerin algoritma sonuçları görülmektedir. Belirlenen eşik değerine göre Şekil 55'te ve Şekil 56'da görüldüğü üzere sadece bir gölgeli hedef iki arkaplanda da bulunamamıştır. Arka planın istenen hedeflerin tespitinde etkisi olmadığı görülmektedir.



Şekil 55 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları

Şekil 56 Çakıl arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları

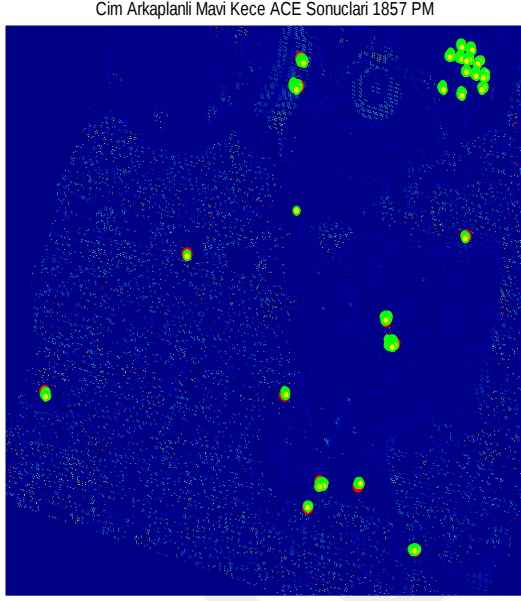
Tablo 14 Arkaplan durumuna göre farklı hedef algoritma sonuçlarının ortalaması

BLUEGRAVEL	0.951749
BLUEGRASS	0.952204
REDGRAVEL	0.877145
REDGRASS	0.869421

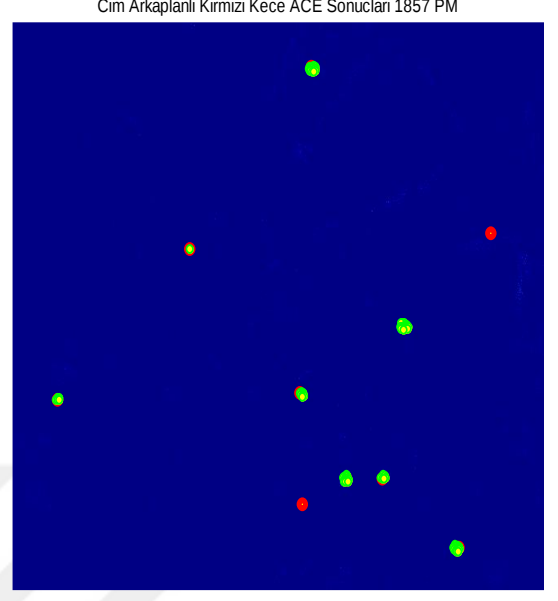
7.4 Algoritma Sonuçlarında Hedef Rengi Etkisinin İncelenmesi

Hedef renk etkisini değerlendirmek için, mavi ve kırmızı keçe hedefleri incelenmiştir. Algoritmelerde hedef tespiti için kullanılan her iki keçe hedefi aynı materyaldedir. Farklı renk hedefler diğer hedefi tespit etmek için kullanıldığında hiçbir hedef diğer hedefleri bulamamıştır. Bu nedenle renk hedef tespit algoritmalarında baskın rol oynamaktadır. Mavi ve kırmızı keçe hedeflerin belirlenen eşik değeri için sonuçları Şekil 57 ve Şekil 58’de gösterilmiştir. Şekil 57 ve Şekil 58’de gösterilen kırmızı piksel noktaları hedeflerin kesin referans bilgilerini gösterirken, yeşil-sarı renkle gösterilen pikseller ise ACE algoritması sonuçlarına aynı eşik değeri uygulandığında elde edilen hedef pikselleri göstermektedir. kendi veri kümelerindeki algoritma sonuçlarına bakıldığında mavi hedeflerin daha baskın olduğu görülmektedir. Kırmızı keçe hedef imzası sonuçlarının mavi keçe imzasına göre daha düşük olmasının

sebebi olarak kırmızı keçe hedefinin karmaşık spektral imza yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 57 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları



Şekil 58 Çim arkaplanlı mavi keçe hedefinin öğleden önce ACE algoritması sonuçları

Tablo 15 Renk durumuna göre algoritma sonuçlarının ortalaması

BLUE	0.951976
RED	0.873283

8. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında SHARE 2012 veri kümesinde AVON yerleşkesinde bulunan gölgeli ve açık alanda bulunan hedeflerin tespiti üzerine incelemeler yapılmıştır. Veri kümesinde yer alan ışıma verileri, LiDAR ve atmosfer verileri ile desteklenerek fiziksel modele bağlı olarak gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansımaya veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansımaya kümesi ile gölge alanda bulunan verilerin tespit edilmesi sağlanmıştır. Veri kümesinde yer alan ışıma verisine, yansımaya verisine ve gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansımaya verisine imza tabanlı hedef tespit yöntemlerinden SAM, ACE, MF algoritmaları uygulanmıştır. On iki mavi keçe ve on kırmızı keçe hedefinin bulunduğu veri kümesinde hangi algoritmaların en iyi hedef tespiti yaptığı ve uygulanan LiDAR destekli gölgeye göre düzeltilmiş yeni yansımaya verisinde hangi algoritma sonuçlarında nasıl gelişmeler olduğu ROC eğrileri ve bu eğrilerin altında kalan alanlar ile analiz edilmiştir.

Literatürde Lentilucci'nin SHARE 2012 veri kümesi üzerine yaptığı çalışmada [30], gölgede bulunan hedefler üzerinde hedef tespit çalışmaları yapılmıştır. Gölge alanların düzeltilmesi için LiDAR verilerinin kullanılması, ışıma veri kümesi için değiştirilmiş, fakat uygulanmamıştır. Ayrıca sonuçların karşılaştırılması için herhangi istatistiksel bilgiye yer verilmemiştir. Bu tez kapsamında oluşturulan yansımaya veri kümesinin LiDAR verilerinin desteği sonucu elde edilmesi ve sonuçların ROC eğrileri üzerinden analiz edilmesi SHARE 2012 üzerinde yapılan çalışmalara özgün bir katkı sağlamıştır. Schroedinger özgün eşlemesini kullanılarak hedef tespiti yapılan bir diğer SHARE 2012 çalışmasında [44], SE-SSKP, LE-ACE ve PCA-ACE algoritmaları hedef sayısının daha az olduğu bölge seçilerek oluşturulmuş, sonuçlar ROC eğrileri ve en düşük yanlış pozitiflik oranları olarak verilmiştir. Bu tez kapsamında daha fazla sayıda kırmızı ve mavi hedefin bulunduğu bölge seçildiği halde gölge düzeltme ve atmosferik düzeltme yapılması ile, hedef tespitindeki başarımlar artmış ve daha düşük yanlış pozitiflik oranlarında hedeflerin tespiti yapılmıştır. Broadwater'ın atmosferik ve gölge düzeltme üzerine olan SHARE 2012 veri kümesi üzerine yapılan çalışmasında [45], LiDAR veri kümesi noktasal olarak işlenmek yerine, üç boyutlu modelleme yapılarak kullanılmış; ve bu modelden elde edilen geometrik bilgilerle hiperspektral verideki gölge ve atmosferik etkiler düzeltilmiştir. Atmosferik düzeltmede ELM yöntemi kullanılmış, gölgeli alanlarda yol ışımasının ve yakından yansıyan fotonların etkinliğinin hesaplanması durumunda

en iyi düzeltmenin yapılabileceği vurgusu yapılmıştır. Elde edilen düzeltilmiş veri kümesi üzerinde koşturulan ACE algoritması sonucunda, istatistiksel bir sonuç çıkartılmamış, sadece bazı kırmızı hedeflerin bulunamadığı gösterilmiştir. Bu tez kapsamında ise, MODTRAN koşumları sonucunda gerçek atmosferik düzeltme yapılmış, elde edilen yeni yansıma veri kümesinde deneysel bir düzeltme olan ELM'ye göre daha yüksek başarımlar elde edilmiştir.

Kırmızı ve mavi keçe hedeflerinin bulunduğu veri kümesine uygulanan hedef tespit algoritmaları içerisinde ACE algoritması en iyi performansı göstermiştir. ACE algoritmasının başarımlarını gölge düzeltilmemiş olarak verilen yansıma veri kümesinde %70-%90 aralığında iken, atmosferik düzeltme ve gölge düzeltimi yapılarak elde edilen veri kümesinde %100'lere çıkmıştır. SAM ve MF algoritmalarının başarımlarını da atmosferik düzeltme ve gölge düzeltilmesi yapıldıktan sonra hedeflere göre %70'lerden %95-%100'lere kadar çıkmıştır.

Veri kümesinde yer alan hedefler aydınlanma koşulları, arkaplan durumları ve hedef renklerine göre gruplara ayrılarak aydınlanma koşullarının, arkaplan durumlarının ve hedef renklerinin hedef tespitine etkileri analize eklenmiştir. Aydınlatma koşullarının, gölgeli hedefin tespit edilebilirliğini etkilediği görülmüştür. Özellikle doğrudan aydınlatma bir hedefin algılanmasını artırabilirken, gölge hedefin tespit edilmesini olumsuz etkilemektedir. Aydınlatma koşulları göz önünde bulundurularak elde edilen gölge düzeltme yapılmış yeni yansıma veri kümelerinde gölgenin etkileri giderilerek hedef tespitinde yüksek başarımlara ulaşılmıştır. Hedef tespitinde çim ve çakıl arkaplanlı hedef verileri kullanıldığında elde edilen sonuçlar birbirine çok yakındır. Çim arkaplanlı kırmızı hedef için bu değer %86 iken, çakıl arkaplanlı kırmızı hedef için bu değer %87'dir. Çim ve çakıl arkaplanlı mavi hedef için bu değer %95'tir. Bu nedenle hedef arkaplan sonuçlarına göre hedef tespitinin, arka planda meydana gelen değişiklikten etkilenmediği görülmüştür. Hedef tespitinde hedef renginin etkinliğine bakıldığında, farklı renklerde olan aynı malzemeden yapılmış hedef materyalleri hedef tespiti için kullanıldığında, farklı renkte olan diğer hedef materyali tespit edilememiştir. Bu nedenle hedef renginin, 400nm - 1500nm dalga boyları aralığında, hedef tespitinde baskın bir rol üstlendiği görülmüştür. Ayrıca kırmızı keçe hedefi sonuçları ortalaması %87 iken mavi keçe hedefi sonuçlarının ortalaması %95'tir. Kırmızı keçe hedefi sonuçlarının mavi keçe hedefi sonuçlarına

göre daha düşük olmasının sebebi olarak kırmızı keçe hedefinin karmaşık spektral imza yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda, bu çalışmada kullanılan ön işleme ve hedef tespit algoritmalarının farklı veri kümeleri üzerinde denenmesi ve algoritma performanslarının farklı veri kümeleri üzerinde ne derece benzer sonuçlar verdiğinin incelenmesi bu araştırmaya katkı sağlayacaktır. Ayrıca, fiziksel ışıma modelinde kullanılan direk aydınlatma faktörü olan k katsayısının ışıma verilerinde gölge düzeltme işleminde kullanılarak, bu katsayısının hedef tespitinde ışıma veri kümesinde meydana getirdiği etkilere bakılabilir.



KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Stefania Matteoli, Emmett J. Ientilucci, John P. Kerekes, "Operational and Performance Considerations of Radiative-Transfer Modeling in Hyperspectral Target Detection", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.49, No.4, April 2011.
- [2] Hyperspectral Imaging, <http://www.gildenphotonics.com/hyperspectral-imaging-/hyperspectral-imaging-technology.aspx> (Kasım 2017).
- [3] What is hyperspectral imaging tutorial, <http://www.specim.fi/what-is-hyperspectral-imaging/> (Aralık 2017).
- [4] M.T. Eismann, Hyperspectral remote sensing, SPIE Press Bellingham, 2012.
- [5] Richter R., "Hyperspectral Sensors for Military Applications", DLR, German Aerospace Center Remote Sensing Data Center, OCT 2005.
- [6] Hege E. K. , O'Connell D., Johnson W. , Basty S. and Dereniak E. L. , "Hyperspectral imaging for astronomy and space surveillance", SPIE Proceedings Vol. 5159, Imaging Spectrometry IX, January 2004, doi:10.1117/12.506426
- [7] Tuysuz, B., J. Urbina, and F. D. Lind., "Development of a passive VHF radar system using software defined radio for equatorial plasma instability studies." Radio Science 48.4 (2013): 416-426.
- [8] Njoku E. G., Entekhabi D., "Passive microwave remote sensing of soil moisture", Journal of Hydrology 184 ,101-129, 1996
- [9] Choe E., Meer F., Ruitenbeek F., Werff H., Smeth B. and Kim K., "Mapping of heavy metal pollution in stream sediments using combined geochemistry, field spectroscopy, and hyperspectral remote sensing: A case study of the Rodalquilar mining area, SE Spain", Remote Sensing of Environment 112,3222–3233, March 2009.
- [10] SHARE2012 SpectIR 2012, <http://www.rit.edu/cos/share2012/spectir.php>, (Mart 2017).
- [11] Berk A. et al., "Modtran5: 2006 update" in Proc. SPIE, Proc. SPIE 6233, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XII, 62331F , 8 May 2006.
- [12] LIDAR, <http://www.emigrup.com/index.php/cozumler2/lidar> (Kasım 2017).

- [13] SHARE2012 LiDAR 2012, <http://www.rit.edu/cos/share2012/lidar.php> (Mart 1, 2017).
- [14] Kruse F. A., "Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH Atmospheric Corrections using Low-Altitude AVIRIS Data of Boulder, Colorado" In proceedings 13th JPL Airborne Geoscience Workshop, 2004.
- [15] Zhou J., Kwan C., and Ayhan B., "Hybrid In-Scene Atmospheric Compensation (H-ISAC) of hyperspectral images for high performance target detection." In Int. Symp. Spectral Sensing Research, Springfield, MO, USA, 2010.
- [16] Matteoli S., Ientilucci E. J., and Kerekes J. P., "Forward Modeling and Atmospheric Compensation in hyperspectral data: Experimental analysis from a target detection perspective." In 2009 First Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing, pp. 1-4. IEEE, 2009.
- [17] Lach rade S., Miesc C. and Boldo D., "ICARE: A physically-based model to correct atmospheric and geometric effects from high spatial and spectral remote sensing images over 3D urban areas", Meteorol Atmos Phys., 102: 209. doi:10.1007/s00703-008-0316-5, 2008.
- [18] Griffin M.I K. and Burke H.K., "Compensation of Hyperspectral Data for Atmospheric Effects", Lincoln Laboratory Journal, Volume 14, Number 1, 2003.
- [19] A.D. Roberts, Y. Yamaguchi, and R.P. Lyon, "Calibration of Airborne Imaging Spectrometer Data to Percent Reflectance Using Field Spectral Measurements," Proc. Nineteenth Int. Symp. on Remote Sensing of Environment 2, Ann Arbor, Mich., pp. 679–88, 1985.
- [20] J.E. Conel, R.O. Green, G. Vane, C.J. Bruegge, R.E. Alley, and B.J. Curtiss, "Airborne Imaging Spectrometer-2: Radiometric Spectral Characteristics and Comparison of Ways to Compensate for the Atmosphere," SPIE 834, pp. 140–157, 1987.
- [21] YuanliuX., Runsheng W., Suming Y., Shengwei L. and Bokun Y., "Atmospheric correction of hyperspectral data using Modtran model", 16th National Symposium on Remote Sensing of China, Proceedings of the SPIE, 712306, 24 November 2008.
- [22] SRS Project Report 1538 – R.I.T, http://www.rit.edu/~w-share/pdfs/SPECTIR_Overview_Project_Report.pdf (Aralık 2017).

- [23] Yihang Sun and John Kerekes "An Analysis Task Comparison of Uncorrected vs. Geo-registered Airborne Hyperspectral Imagery", Proceedings Volume 9472, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI; 94720I , SPIE Defense + Security, doi: 10.1117/12.2177688, 2015.
- [24] ENVI software, <http://www.harrisgeospatial.com/SoftwareTechnology/ENVI.aspx>, (Aralık 2017)
- [25] Sakarya U., Demirkesen C. and Teke M., "Unsharp masking filter based shadow-invariant feature extraction for hyperspectral signatures", 2014 IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference , pp. 293 – 296, April 25, 2014.
- [26] Omruuzun F., Ozisik Baskurt D., Daglayan H., and Yardimci Cetin Y.. "Shadow removal from VNIR hyperspectral remote sensing imagery with endmember signature analysis." In SPIE Sensing Technology and Applications, pp. 94821F-94821F, 2015.
- [27] Bernstein L.S., Gruninger J., Hoke M., Felde G. and Anderson G.P. et al, "Shadow-insensitive material detection/classification with atmospherically corrected hyperspectral imagery." In Proc. SPIE, vol. 4381, p. 461., 2001.
- [28] Friman O., Tolt G. and Ahlberg J., "Illumination and shadow compensation of hyperspectral images using a digital surface model and non-linear least squares estimation", SPIE 8180, Image and Signal Processing for Remote Sensing XVII 81800Q, 27 October 2011.
- [29] Ientilucci E. J., "Leveraging lidar data to aid in hyperspectral image target detection in the radiance domain", SPIE 8390, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XVIII, 839007, May 9,2012.
- [30] Ientilucci E. J., "SHARE 2012: analysis of illumination differences on targets in hyperspectral imagery ",SPIE 8743, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XIX, 87430I ,May 18, 2013.
- [31] Boyaci M., Yuksel S.E., "Locating the shadow regions in LiDAR data: results on the SHARE 2012 dataset", SPIE Defense and Security: Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI, 94720K, May 2015.

- [32] Boyacı M., Yüksel S.E., "LiDAR Sensörünün Hiperspektral Verilerden Gölge Alan Çıkarımı Başarımına Etkisi", Pamukkale Univ Muh Bilim Derg. Baskıdaki Makaleler: PAJES-13281 | DOI:10.5505/pajes.2016.13281
- [33] Oduncu E., Yüksel S. E., "Analyzing the correlation of sky-view factor and shadow regions in hyperspectral data", IEEE Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Mayıs 2016 .
- [34] Zakšek K, Oštir K, Kokalj Ž., "Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique", Remote Sensing., 3(2):398-415, 2011.
- [35] Teach theory of radiometric calibration procedure, https://www.belspo.be/belspo/organisation/Publ/pub_ostc/OA/rOA17Th_en.pdf, (Aralık 2017).
- [36] Tiwari K.C., Arora M.K., Singh D., Yadav D., " Military Target Detection using Spectrally modelled algorithms and Independent Component Analysis" Journal of Optical Engineering, Vol. 52 (2), 26402, p. 1-11, 2013.
- [37] Manolakis, D., Lockwood R., Cooley T., Jacobson J., "Is there a best hyperspectral detection algorithm?." Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XV, SPIE--The International Society for Optical Engineering., Proc. 7334, p.733402-16, 2009.
- [38] Shanmugam S. and Srinivasa Perumal P., "Spectral matching approaches in hyperspectral image processing" International Journal of Remote Sensing, Vol.35, No.24, p.8217-8251, 2014.
- [39] Kruse, F.A., Lefkoff, A.B., Boardman, J.W., Heidebrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, P.J., and Goetz, A.F.H., "The Spectral Image-Processing System (Sips) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data." Remote Sensing of Environment 44:145-163, 1993.
- [40] Robila S., and Gershman A., "Spectral matching accuracy in processing hyperspectral data.", ISSCS 2005. International Symposium on, Vol. 1, pp. 163–166, 2005.
- [41] Hecker C., Meijde M.V.D., Werff H.V.D., and Meer F.D., "Assessing the influence of reference spectra on synthetic SAM classification results," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 46, no. 12, pp. 4162–4172, 2008.

- [42] Kraut S., Scharf L.L., and Butler R.W., "The adaptive coherence estimator: a uniformly most-powerful invariant adaptive detection statistic," IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 53, no. 2, pp. 427-438, 2005.
- [43] Manolakis D., Siracusa C., Marden D. and Shaw G., "Hyperspectral adaptive matched filter detectors: Practical performance comparison," in Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VII, Proceedings of the SPIE 4381, pp. 18-33, 2001.
- [44] Munoz L.P.D., Messinger D.W., Czaja W, "Assessment of Schrodinger EigenMaps for Target Detection", Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XX, Proc. of SPIE Vol. 9088, 2014.
- [45] Hagstrom S., Broadwater J., "Atmospheric and shadow compensation of hyperspectral imagery using voxelized LIDAR", 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 2959 – 2962, , 26-31 July 2015 .

EKLER

ATCOR4 Log Dosyası Örneği

```
#####
# *** ATCOR-4f (Flat terrain) (version 5.0.0, 2009) ***
#
#
# Processing: 01oct2012 Time: 12:15:54
#
#00 Processing: 01oct2012 Time: 12:15:54
#
# Input image = Q:\Active_Job_Backup\1538_RIT_2012_--_!where'sTheData!_--_WORKING_BSQ\Avon_2nd_pass\0920-1857_rad.dat
# Output image = Q:\Active_Job_Backup\1538_RIT_2012_--_!where'sTheData!_--_WORKING_BSQ\Avon_2nd_pass\0920-1857_rad_atm.dat
# Size of Input Image = 320 x 1833 x 360 (columns x lines x bands)
#
# -----
# Start of ATCOR4-F calculation: Mon Oct 01 12:15:56 2012
# Water vapor retrieval running ...
# Start of band processing: Mon Oct 01 12:16:06 2012
# #####
# Spectral band processing finished: Mon Oct 01 12:17:45 2012
#
# Processing time = 1 min. 48 sec
#
# Relative processing time per major module (%)
# -----
# Masking/segmentation (cloud, haze, reference pixels) : 0.3
# Water vapor map : 8.7
# Scene processing (band loop) : 91.0
# -----
# Total : 100.0
#
# Status : successful
#
#
# Scale factor reflectance = 100.0
#
# Processing options :
# Variable Visibility (aerosol optical thickness) ..... No
# Variable water vapor ..... Yes
# Haze Removal ..... No
# Shadow Removal (Clouds/Buildings) ..... No
# Value Added Products ..... No
# Load Visibility Index Map ..... No
# Aerosol Type ..... Rural
#
#
#01 ATCOR4f (flat terrain)
#01
#01 Scene acquisition date (dd/mm/year) : 20/09/2012
#01 Solar zenith angle [degree] = 43.9
#01 Solar azimuth angle [degree] = 199.2
#01 Atmosphere : h00889_wv20_rura
#01 Aerosol type : Rural
#01
#01 Constant scene visibility
#01 Input visibility [km] = 100.0
#01 Final visibility [km] = 100.0
#01
#01 Haze removal : no
#02 Atmosphere = h00889_wv20_rura.atmi
#02
#
#
# Sensor = VS4_5nm_360b_2012
# Pixel size [m] = 1.00
#
# Atmosphere = h00889_wv20_rura.atmi
#
# Calibration file = C:\Program Files\ITT\IDL71\products\atcor_4\sensor\VS4_5nm_360b_2012\VS4_5nm_360b_2012_RIT.cal
#
# intpol760 (interpolation of bands in 760 nm O2 region, 0=no, 1=yes) = 1
# intpol725_825 (interpol. of bands in 725/ 825 nm Wv region 0=no, 1=yes) = 1
# intpol940_1130 (interpol. of bands in 940/1130 nm Wv region 0=no, 1=yes) = 1
# intpol1400 (interpol. of bands in 1400/1900 nm Wv region 0=no, 1=yes) = 1
#
# iwv_watermask (water vapor for water pixels) = 1
# 1=average of land Wv used for water pixels
# 2=line average of land pixels used for water pixels
# ismooth_wvmap (0=no, 1=yes, 50m box size) = 1
# water vapor: non-linearity correction f. vegetation (0=no, 1=yes) = 0
# (only for regression, i.e., iwv_model = 2 and 940 nm region)
# see: C:\Documents and Settings\dataproc\idl\rese\atcor4\preference_parameters.dat
#
# iwv_model (1=water vapor without regression, 2=with band regression) = 2
# Measurement channel(s) used for water vapor retrieval
# channel 145 146 147 148 149 150 151 152
# (micron) 1.1045 1.1109 1.1172 1.1236 1.1299 1.1363 1.1426 1.1489
# Ref.=window channel(s) used for water vapor retrieval
# channel 137 138 139 140 141 142 143 157 158 159
# (micron) 1.0537 1.0600 1.0664 1.0728 1.0791 1.0855 1.0918 1.1807 1.1870 1.1933
# (micron) 1.1997 1.2060 1.2124 1.2187 1.2250 1.2314 1.2377
# Scene-average water vapor column (land pixels) [cm] = 1.47
#
#
# cloud reflectance threshold (blue-green region) = 30.0%
# water reflectance threshold ( 1600 nm region) = 5.0%
# maximum surface reflectance, cut-off limit = 90%
# ihcw (write "s_out_hcw.bsq") (0=no, 1=yes) = 0
# rel. saturation DN(sat) >= b*65535 with b = 0.90
# see: C:\Documents and Settings\dataproc\idl\rese\atcor4\preference_parameters.dat
#
# Data acquisition (day/month/year) = 20\09\2012
#
# Flight altitude [km asl] = 0.889
# Average ground elevation [km] = 0.168
# Flight heading [degree] = 192.5
# Solar zenith angle [degree] = 43.9
# Solar azimuth angle [degree] = 199.2
#
# Average visibility [km] = 100.0
# Average aerosol optical thickness (550nm) = 0.091
#
# Range of adjacency effect [km] = 0.100
# Number of adjacency zones = 1
#
#
# Output = Q:\Active_Job_Backup\1538_RIT_2012_--_!where'sTheData!_--_WORKING_BSQ\Avon_2nd_pass\0920-1857_rad_atm.bsq
#
```

Hiperspektral Verilerdeki Gölge Alanların Gökyüzü Açıklığı ile İlintisinin İncelenmesi Analyzing the Correlation of Sky-View Factor and Shadow Regions in Hyperspectral Data

Emrah Oduncu^{1,2}, Seniha Esen Yüksel²

¹Tübitak Bilgem İleri Teknolojiler Araştırma Enstitüsü, Ankara

²Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
emrah.oduncu@tubitak.gov.tr, eyuksel@ee.hacettepe.edu.tr

Özetçe—Bu bildiride hiperspektral veride gölgede kalan alanların ışıma ve yansıma değerlerinin, bu alanlardaki gökyüzü açıklığı ile ilişkisi incelenmektedir. Bunun için, öncelikle hiperspektral veride gölgede kalan alanlar LiDAR verilerin yardımıyla tesbit edilmiştir. Daha sonra, yine LiDAR verileri kullanılarak, gölgedeki piksellerin gökyüzü açıklığı hesaplanmıştır. İlgili alanların ışıma ve yansıma verileri incelendiğinde ve fiziksel model ile karşılaştırıldığında, gökyüzü açıklığının yeterince baskın bir eleman olmadığı, buna karşın, gölge alan çevresinde bulunan nesnelerden saçılarak yansıyanlar fotonların daha çok etkinlik gösterdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — LiDAR, hiperspektral, ışıma, gökyüzü açıklığı, gölge.

Abstract—In this paper, we investigate the radiance and reflectance values of the shadow regions in hyperspectral data, and their relation to the sky-view factors. For this purpose, first, we find the shadow regions using LiDAR data. Then, we compute the sky-view factors from LiDAR data. Upon investigating the reflectance and radiance values in comparison to the physical radiance model, we found that the sky-view factors are not as dominant as the photons reflected from the objects surrounding the shadow region.

Keywords — Lidar, hyperspectral, radiance, sky-view, shadow.

I. GİRİŞ

Hiperspektral görüntüleme, spektral bilgi içeren materyallerin incelenmesinde önemli rol oynamaktadır. Pasif bir uzaktan algılama teknoloji olan hiperspektral sensörler yardımıyla verilerin toplanması ve elde edilen verilerin analizi özellikle askeri, madencilik, astronomi, kimya ve çevresel konularda kullanılmaktadır. Hiperspektral görüntülemede birbirine çok yakın dalgaboyundan elde edilen spektral bilgiler maddelerin tespit edilmesinde büyük önem taşımaktadır [1].

Fakat, kısa ve orta dalga boylarından ölçülen hiperspektral görüntülerde, gölge alanlar hedef tesbitinde problem oluşturmaktadır. Bu alanlara yeterince güneş ışığı gelmediğinden, hedefin imzası zayıf kalmakta ve hedef tesbiti yapılamamaktadır. Dolayısıyla, gölge alanların belirlenmesi ve materyallerin bu alanlardaki ışımlarının anlaşılması büyük önem taşımaktadır.

Bu bildiride, gölgelerin tesbiti için aktif bir uzaktan algılama teknolojisi olan LiDAR sistemleri kullanılmıştır. LiDAR sistemleri, yükseklik bilgisi vermekte ve kendi enerji kaynaklarına sahip olduklarından, güneşin konumundan ve güneş ışığının eksikliğinden etkilenmemektedirler [2].

Bu özelliklerinden faydalanarak, bu çalışmada, LiDAR verilerinden gölgelik alanlar bulunmuş ve gökyüzü açıklık haritaları çıkartılmıştır. Bunun yanı sıra, gölgelik alandaki hiperspektral ışıma ve yansıma verileri çizdirilmiş ve bu verilerdeki değişiminin fiziksel ışıma modeliyle olan ilişkisi incelenmiştir. II. bölümde kullanılan veri kümesinin özelliklerine, III. bölümde gölge bulunması ve gökyüzü açıklığının bulunmasına, IV. bölümde hiperspektral verilerde ışıma modeline, I. bölümde elde edilen haritaların ve bu haritada seçilmiş gölge alana ait ışıma ve yansıma değerlerinin incelenmesine yer verilmiştir. VI. bölümde ise yapılan incelemenin sonucu aktarılmıştır.

II. KULLANILAN VERİLER

Bildiri kapsamında incelenen LiDAR ve hiperspektral veriler DIRS (Digital Imaging and Remote Sensing) ekibi tarafından RIT (Rochester Institute Technology) desteğiyle toplanmıştır [3]. Sensörler PA-31 uçak sistemine entegre edilmiş ve aynı alanların üzerinden uçuş yapılmıştır. Verilerin detayları aşağıda verilmektedir.

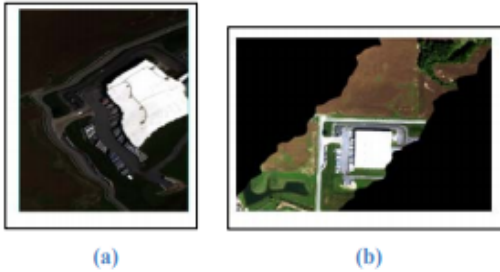
A. LiDAR Verileri

Dahili GPS sistemine sahip, 1064nm dalgaboyunda lazer ışınları yayan ALS60 sensör sistemi kullanılmıştır. 20 Eylül 2012 tarihinde kayıt edilen veriler koordinat bilgilerini, her nokta için yükseklik bilgilerini, yansıyan lazer sinyalinin yoğunluğunu ve geliş açısı gibi verileri içermektedir. Lidar veri kümesi 0.5m çözünürlüktedir.

B. Hiperspektral Veriler

Hiperspektral görüntüler Pro SpecTIR-VS sensör sistemi kullanılarak, 400-2450 nm dalga boyları arasında 5 nm spektral çözünürlükte, toplam 356 adet spektral bantta toplanmıştır. Veriler 1m uzamsal çözünürlüktedir ve dahili GPS sisteminden alınmış koordinat bilgilerini de içermektedir [4].

Hiperspektral veriler taramalı bir sistem tarafından alındığı için inceleme yapmadan önce alınan verilerin coğrafi tarama tablosu (Geographic Lookup Table) ve uzam ölçüm geometrisi (Input Geometry) dosyası incelenmiştir. Coğrafi tarama tablosu her piksele ait taramalı sistemde alınmış olan verinin örnek numarası ve satır numarası bilgisini içermektedir. Uzam ölçüm geometri dosyası ise enlem, boylam, kuzeye yönelme ve doğuya yönelme bilgilerini içermektedir. Bu bilgiler ışığında ham veri değerleri coğrafi tarama tablosu yardımıyla düzenlenmiştir (georectification). Verinin ham ve coğrafi olarak düzenlenmiş halleri Şekil 1(a) ve (b)'de gösterilmektedir.



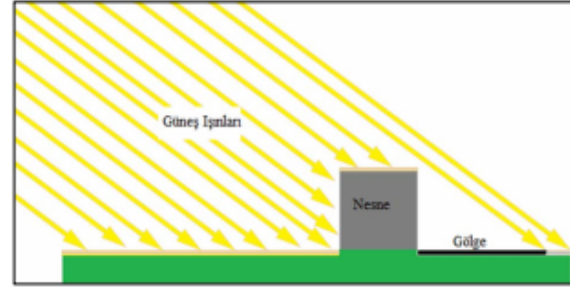
Şekil 1: (a) Ham hiperspektral veri (b) Hiperspektral verinin coğrafi olarak düzenlenmiş görüntüsü

III. GÖLGELİK ALANLARIN TESPİTİ

Gölgelik alanların incelenmesinde iki önemli kavram vardır. Bunlardan ilki, bir noktaya kaynaktan ışık gelip gelmediğinin test edilmesi, yani o noktanın gölgede olup olmadığının bulunmasıdır. İkincisi ise, noktanın çevresinin ne kadar açık olduğu, yani noktanın gökyüzünü ne kadar görebildiğidir (sky-view factor). Gölge, ışığın yönüne ve açısına bağlı olarak oluşmaktadır. Noktanın üzerindeki açıklık ise ışığın geldiği yönden ve zamandan bağımsızdır.

A. Gölge Bulunması

Noktasal bir ışık kaynağından çıkan ışınlar doğrusal bir yol izler. Kaynağın önüne ışık geçirmeyen bir cisim konulduğunda, kaynaktan çıkan ışınların bir kısmı bu nesnenin arkasına ulaşamaz. Şekil 2'de gösterildiği üzere, cismin arkasında kalan ve ışık kaynağından çıkan ışınların ulaşamadığı bölge gölge olarak adlandırılır [1]. Bir noktanın gölgede olup olmadığına karar vermek için, o noktadan kaynağa doğru sanal bir ışın gönderilir. Bu sanal ışın bir cisme çarparsa, güneşi direkt olarak göremiyor demektir, yani gölgededir. Bu algoritmaya görüş hattı algoritması denilmektedir.

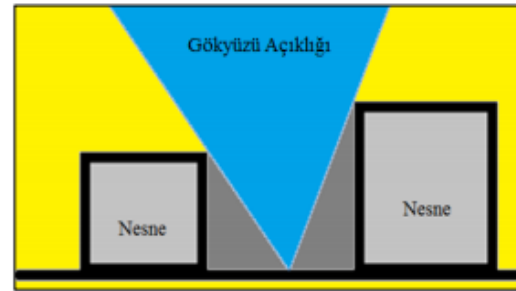


Şekil 2 Gölge Oluşumu

Bu çalışmada, Lidar verileri üzerinde görüş hattı algoritması koşturularak gölge alanlar bulunmuştur. Fakat asıl amacımız hiperspektral görüntülerdeki gölgelik alanları bulmak olduğundan, görüş hattı algoritması koşturulurken hiperspektral verilerin alındığı tarih ve saat baz alınmıştır. Tarih ve saate bağlı olarak güneşin yüzeye geliş açıları değiştiği için, güneşin zenit ve yanca açıları hiperspektral verinin bilgi bölümünden alınmıştır. Burada [2]'de geliştirilen kod kullanılmıştır.

B. Gökyüzü Açıklığı Bulunması

Şekil 3'te gösterildiği üzere, bir pikselden gökyüzünün ne kadar görülebildiği bilgisine o pikselin gökyüzü açıklığı denir (sky-view factor).



Şekil 3 Gökyüzü Açıklığı

Gökyüzü açıklığını bulmak için, gölge bulmakta kullanılan görüş hattı algoritması bu sefer farklı açı değerlerinde tüm yönlerde koşturulur, ve farklı yönlerdeki

ışınların yüzey ile arasındaki açı değerlerinin ortalaması alınarak bulunur [7]. Gökyüzü açıklık değeri F, Denklem (1)'deki gibi hesaplanır.

$$F = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left(1 - \frac{a_k}{\pi}\right) \quad (1)$$

Denklem (1)'de a_k , bir noktadan gönderilen K adet ışının en büyük açıklık açılarını a_k ifade etmektedir. Farklı yönlerde gönderilen ışınlar katı açı yaklaşımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada gökyüzü açıklığını hesaplamak için Relief Visualization Toolbox, Ver 1.1 kullanılmıştır [5]. Gökyüzü açıklığı, hiperspektral görüntülerin fiziksel ışıma modelinde yer almaktadır. IV. Bölümde ışıma modeli anlatılacak, V. bölümde de gökyüzü açıklığının etkilerinin verideki ışıma değerleri üzerindeki etkisi gösterilecektir.

IV. İŞIMA MODELİ

Hiperspektral görüntüleme uzaktan algılama sensörüne temel olarak 4 çeşit foton ulaşır. Bunlar (i) güneşten direkt olarak hedefe çarpıp hedeften yansıyan fotonlar, (ii) atmosferden dağılıp hedeften yansıyan fotonlar, (iii) etrafta bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonlar ve (iv) yüzeye temas etmeden atmosferde dağılıp doğrudan sensöre gelen fotonlardır [1]. Bu etkenler Denklem (2)'de verilen ışıma modeli ile açıklanır.

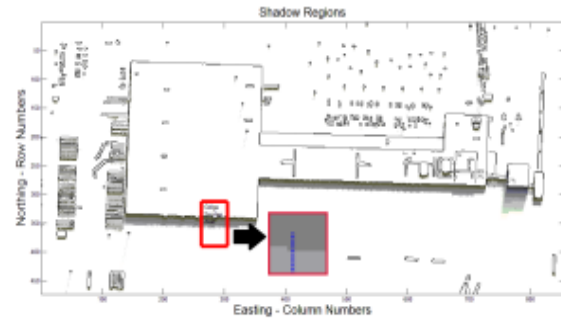
$$L(\lambda) = k * E_s(\lambda) * \cos \sigma * \tau_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda) + F * E_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda) + L_u(\lambda) + E_{adj}(\lambda) * \frac{\rho_b(\lambda)}{\pi} \quad (2)$$

Bu denklemde λ dalga boyunu, L bu dalga boyundaki spektral ışımayı, k doğrudan aydınlatma faktörünü ifade etmektedir. Güneş ışınları gölge alanlara ulaşmadığı, gölge alanlarda k değeri 0'dır. Doğrudan aydınlanan yerlerde ise k değeri 1'dir. $E_s(\lambda)$ güneşin σ zenit açısında spektral ışımasını, $\tau_d(\lambda)$ hedef güneş yolundaki atmosferik iletimini, $\rho_t(\lambda)$ ışığın iki yönlü yansıtma dağılım fonksiyonunu, $\tau_u(\lambda)$ hedef sensör arasındaki spektral iletimi, F gökyüzü açıklığı değerini, $E_d(\lambda)$ gökyüzü ışımasını ifade etmektedir. Denklemde $E_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda)$ materyalin yansımaları, $\tau_d(\lambda) * \frac{E_s(\lambda)}{E_d(\lambda)}$ ise güneş, gökyüzü ve atmosferden parametrelerini içermektedir. $L_u(\lambda)$ spektral yukarıya doğru giden ışıma ifadesidir (upwelling radiance) ve hedefle etkileşimi yoktur. $E_{adj}(\lambda) * \frac{\rho_b(\lambda)}{\pi}$ ifadesi ise yakında bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonları ve ışığın iki yönlü yansıtma dağılımı fonksiyonunu (BRDF) ifade etmektedir [1].

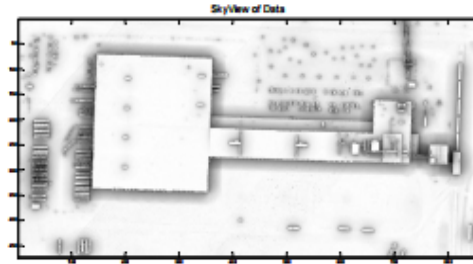
Bu çalışmada, modeldeki yukarı yönlü ışıma tüm veride homojen kabul edilmektedir. Bildirinin ilerleyen kısımlarında, Denklem (2)'deki fiziksel modele gerçek verilerin uygunluğu incelenmektedir.

V. İŞIMA DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Görüş hattı algoritması kullanılarak, Şekil 3'te gösterilen binanın çevresindeki gölgelik alanlar bulunmuş ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekildeki kırmızı karenin içinden alınan 9 nokta bildirinin geri kalanında daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Benzer şekilde her bir pikselin gökyüzü açıklığı hesaplanmış ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4 Gölge haritası ve ayrıntılı olarak incelenen noktalar

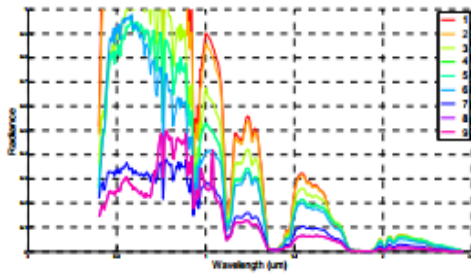


Şekil 5 Gökyüzü Açıklığı Haritası

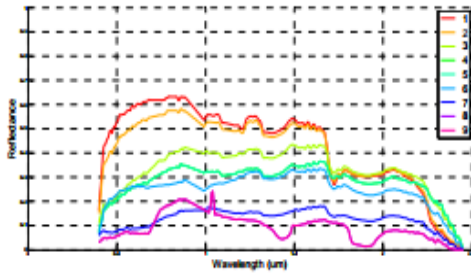
Şekil 4 ve Şekil 5 kıyaslandığında, gölge haritasında güneşin konumuna göre güneş ışığını kesen bölgelerde gölge oluşumu görülürken, gökyüzü ışımasında gökyüzünün görülmesini kesen ışınların bulunduğu bölgelerde açıklık değerleri değişmektedir. İncelenmek üzere Şekil 4'te gösterildiği gibi duvar kenarında bulunan bir gölgelik alandan 9 farklı nokta seçilmiştir. Seçilen piksellerin tam gölgeye yakın bölgelerden seçilmemesine dikkat edilmiştir. Binaya en yakın nokta 1 numaralı olmak üzere, seçilen noktaların ışıma değerleri Şekil 6'da, yansımaları Şekil 7'de, ve bu noktaların gökyüzü açıklık değerleri de Şekil 8'de gösterilmiştir.

Seçilen gölge noktalarının ışıma değerlerine bakıldığında, atmosferik iletim bantlarının etkisi açıkça görülmektedir. Bunun sebebi ise atmosferik etkilerin ışıma değeri veri setinden ayrıştırılmamış olmasıdır. Atmosferik

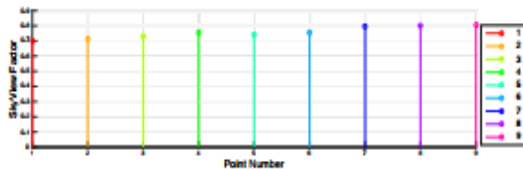
düzeltilmenin yapıldığı yansıma değerlerine bakıldığında ise duvara yakın olan verilerdeki yansıma değerlerinin daha yüksek olduğu ve duvardan uzaklaştıkça yansıma değerinde bir düşüş olduğu görülmektedir. Duvardan uzaklaştıkça gökyüzü açıklığı değerinin arttığı halde yansıma ve ışıma değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Burada gölge alanın yakınında bulunan nesnelerden saçılarak yansıyan fotonların etkisi açıkça görülmektedir. Gölge alanda duvardan uzaklaştıkça sadece tek yönden yansıma yapan bir nesne olduğu için hedef üzerinde duvardan yansıyan fotonların azaldığı fakat gökyüzü açıklığı faktörünün arttığı görülmektedir. Gökyüzü açıklık faktörünün arttığı halde yansıma ve ışıma değerlerindeki düşüşün modelde bulunan yakında bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonları ve ışığın iki yönlü yansıtma dağılımı fonksiyonuna bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Gökyüzü açıklığının etkisi yakında bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonları ve ışığın iki yönlü yansıtma dağılımı fonksiyonundan daha azdır. Bu nedenle gölgelik alan modellemesi ve düzeltilmesi işlemlerinde bu durumun düşünülmesi gerekmektedir.



Şekil 6 Seçilen Noktaların Işıma Değerleri



Şekil 7 Seçilen Noktaların Yansıma Değerleri



Şekil 8 Seçilen Noktaların Gökyüzü Açıklığı Değerleri

VI. SONUÇ

Bu bildiride, hiperspektral gölgelik alan verilerinde yansıma ve ışıma değerleri incelenerek lidar verilerinden elde edilen gökyüzü açıklık değerleri ile yakında bulunan nesnelerden saçılan fotonların gölgelik alan değerlerindeki etkisi analiz edilmiştir. Yapılan incelemelerde aynı materyal bulunan gölge yüzey üzerinde birden fazla gölge alanı seçilerek ışıma ve yansıma değerleri ve bu seçilen noktalarda bulunan gökyüzü açıklığı değerleri karşılaştırılmıştır. Gökyüzü açıklığı değerinin arttıkça ışıma ve yansıma verilerindeki azalma, yakında bulunan nesnelerden saçılarak hedeften yansıyan fotonların ışıma modelinde gökyüzü açıklığından daha baskın olduğunu göstermektedir.

VII. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 115E318 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] M.T. Eismann, Hyperspectral remote sensing, *SPIE Press Bellingham*, 2012.
- [2] Mustafa Boyacı, Seniha Esen Yüksel, "Locating the shadow regions in LiDAR data: results on the SHARE 2012 dataset", *SPIE Defense and Security: Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI*, 94720K, May 2015.
- [3] SHARE2012 LIDAR 2012
<http://www.rit.edu/cos/share2012/lidar.php>, Mart, 2015.
- [4] SHARE2012, SpecTIR 2012
<http://www.rit.edu/cos/share2012/spectir.php>, Mart, 2015.
- [5] Kokalj, Žiga, Klemen Zakšek and Krištof Oštir, "Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique", *Remote Sensing ISSN 2072-4292* 2011
- [6] Q. Zhang, et al., "Detecting objects under shadows by fusion of hyperspectral and lidar data: A physical model approach", *Proc. 5th Workshop Hyperspectral Image Signal Process.: Evol. Remote Sens*, 2013.
- [7] O. Friman, G. Tolt, ve J. Ahlberg., "Illumination and shadow compensation of hyperspectral images using a digital surface model and non-linear least squares estimation", *SPIE Remote Sensing, International Society for Optics and Photonics*, 2011.
- [8] E.J. Lentilucci, "Leveraging lidar data to aid in hyperspectral image target detection in the radiance domain", *SPIE Defense, Security, and Sensing. 2012, International Society for Optics and Photonics*, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Emrah ODUNCU
Doğum Yeri : MUĞLA
Medeni Hali : Bekar
E-posta : emrah.oduncu@tubitak.gov.tr
Adresi : İstasyon Mahallesi Or Sokak No: 11/15 Etimesgut / ANKARA

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İleri Düzey

İş Deneyimi

TUBİTAK BİLGEM İLTAREN, (2012-Devam Ediyor)

Deneyim Alanları

Kızılötesi İz Ölçümü ve Modelleme, Kızılötesi Tehdit Sistemler, MWIR Hiperspektral Görüntüleme

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

E. Oduncu, S. E. Yüksel, “Analyzing the correlation of sky-view factor and shadow regions in hyperspectral data”,IEEE Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Mayıs 2016 .

E. Oduncu, S. E. Yüksel, "Gölgelik Alanlarda Komşu Nesnelerin Işımaya Olan Etkisinin Gerçek Veriler ve Fiziksel Işıma Modeli Üzerinden İncelenmesi ve Karşılaştırılması", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi (Nisan 2017'de kabul edildi.)

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

E. Oduncu, S. E. Yüksel, "Analyzing the correlation of sky-view factor and shadow regions in hyperspectral data", IEEE Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Mayıs 2016.





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

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ve ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 26/02/2018

Tez Başlığı / Konusu: Hipspektral ve LiDAR Verilerde Fiziksel Model Gözetilerek Hedef Tespiti

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin, 21/02/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar ~~hariç~~/dâhil
- 3- 5 kelimedenden 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.

26/02/2018

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Emrah ODUNCU

Öğrenci No: N13125771

Anabilim Dalı: Elektrik ve Elektronik Mühendisliği

Programı: Elektrik ve Elektronik Mühendisliği

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

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Yrd. Doç. Dr. Seriha Esu Yüksel

(Unvan, Ad Soyad, İmza)



HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING
THESIS/DISSERTATION ORIGINALITY REPORT

HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING
TO THE DEPARTMENT OF Electric-Electronic Engineering

Date: 26/02/2018

Thesis Title / Topic: Target Detection by Physical Model Observations in Hyperspectral and Lidar Dataset

According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the *Turnitin* plagiarism detection software and by applying the filtering options stated below on 21/02/2018 for the total of 87 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 6 %.

Filtering options applied:

1. Bibliography/Works Cited excluded
2. Quotes ~~excluded~~ / included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Science and Engineering Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

26/02/2018
Date and Signature

Name Surname: Emrah ODUNCU

Student No: N13125771

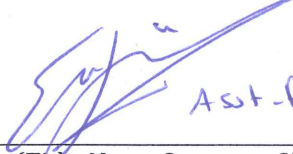
Department: Electric and Electronic Engineering

Program: Electric and Electronic Engineering

Status: ☒ Masters ☐ Ph.D. ☐ Integrated Ph.D.

ADVISOR APPROVAL

APPROVED.


Asst.-Prof. Seriha Esen Yüksel
(Title, Name Surname, Signature)