



GAP BÖLGESİNDE HASSAS TARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİR
UYGULAMALARIN YAYGINLAŞTIRILMASI PROJESİ
BİRİNCİ AŞAMA SONUÇ RAPORU





T.C. KALKINMA BAKANLIĞI
GÜNEYDOĞU ANADOLU PROJESİ BÖLGE KALKINMA İDARESİ BAŞKANLIĞI



GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi
(HASSAS)

PROJE I. AŞAMA SONUŐ RAPORU

20.04.2018

TÜBİTAK UZAY TEKNOLOJİLERİ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ ODTÜ Yerleşkesi 06800 ANKARA

YÖNETİCİ ÖZETİ	6
1 GİRİŞ	8
1.1 HASSAS PROJESİ	8
1.2 PROJENİN AMAÇLARI	9
1.3 TANIMLAR	11
1.4 KISALTMALAR	12
2 PROJE ALANI	13
2.1 GİRİŞ	13
2.2 PİLOT BÖLGE	13
3 YERDEN VERİ TOPLAMA VE TOPRAK ETÜT HARİTALAMA	16
3.1 GİRİŞ	16
3.2 YER GÖREVİ FAALİYETLERİ	16
3.2.1 GÖREV-1	17
3.2.2 GÖREV-4	17
3.2.3 GÖREV-5	18
3.2.4 GÖREV-6	19
3.2.5 GÖREV-7	19
3.2.6 GÖREV-8	20
3.2.7 GÖREV-9	21
3.2.8 GÖREV-10	21
3.2.9 GÖREV-11	22
3.2.10 GÖREV-12	22
3.3 TOPRAK ETÜT HARİTALAMA	23
3.3.1 TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI VE ANALİZİ	25
3.3.2 VERİMLİLİK HARİTASI OLUŞTURMA	26
3.3.3 ARAZİ KULLANIM HARİTASI OLUŞTURMA	26
3.3.4 CBS VERİTABANI HAZIRLAMA	27
3.3.5 DEĞERLENDİRME	27

4 HAVA FOTOĞRAFLARI	28
4.1 GİRİŞ	28
4.2 GÖREVLER VE ÇEKİLMİŞ HİPERSPEKTRAL HAVA FOTOĞRAFLARI	29
4.2.1 GÖREV-1	29
4.2.2 GÖREV-4	30
4.2.3 GÖREV-5	31
4.2.4 GÖREV-6	32
4.2.5 GÖREV-7	33
4.2.6 GÖREV-8	34
4.2.7 GÖREV-9	35
4.2.8 GÖREV-10	36
4.2.9 GÖREV-11	37
4.2.10 GÖREV-12	38
5 UYDU GÖRÜNTÜLERİ	39
5.1 GİRİŞ	39
5.2 PROJEDE KULLANILAN UYDU GÖRÜNTÜLERİ	39
5.2.1 GÖKTÜRK-2	39
5.2.2 LANDSAT 8	43
5.2.3 SPOT-6 VE AZERSKY (SPOT-7)	45
5.2.4 SENTİNEL-2	46
5.2.5 EO-1 HYPERION	47
5.2.6 RAPİDEYE	49
5.2.7 SAR GÖRÜNTÜLERİ	50
5.3 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN İŞLENMESİ	56
5.3.1 RADYOMETRİK KALİBRASYON VE DÜZELTME	56
5.3.2 ATMOSFERİK DÜZELTME	56
5.3.3 JEOREFERANSLAMA	56
6 DANIŞMANLIK FAALİYETLERİ	59
6.1 GİRİŞ	59

6.2 BUĞDAY, MISIR VE PAMUK ÜRÜNLERİNİN HAFTALIK SPEKTRAL ÖLÇÜMLENMESİ DANIŞMANLIK HİZMETLERİ	59
6.2.1 1 HAZİRAN – 1 EYLÜL, 2015 DÖNEMİNDE GERÇEKLEŞEN ÇALIŞMALAR	59
6.2.2 1 EYLÜL – 1 ARALIK, 2015 DÖNEMİNDE GERÇEKLEŞEN ÇALIŞMALAR	63
6.2.3 1 ARALIK 2015 – 1 HAZİRAN DÖNEMİNDE GERÇEKLEŞEN ÇALIŞMALAR	69
6.3 BUĞDAY, MISIR VE PAMUK ÜRÜNLERİNİN HAFTALIK FENOLOJİK VE MORFOLOJİK ÖLÇÜMLENMESİ DANIŞMANLIK HİZMETLERİ	70
6.3.1 1 HAZİRAN – 31 ARALIK, 2015 DÖNEMİNDE GERÇEKLEŞEN ÇALIŞMALAR	70
7 HİPERSPEKTRAL HAVA FOTOĞRAFLARI ANALİZİ	73
7.1 GİRİŞ	73
7.2 HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜ ANALİZ FAALİYETLERİ	73
7.2.1 ÖZET	73
7.2.2 HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMESİ	73
7.2.3 HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN ÖN İŞLEMESİ	74
7.2.4 HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜ İŞLEME ALGORİTMALARI	75
7.2.5 İNDEKS HESAPLAMA ALGORİTMALARI	76
7.2.6 SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARI	81
7.2.7 ANOMALİ TESPİTİ ALGORİTMALARI	88
7.2.8 HTUY'UN HASSAS TARIM UYGULAMALARINDA KULLANIMI	90
7.3 DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	95
8 UYDU GÖRÜNTÜ ANALİZİ	96
8.1 GİRİŞ	96
8.2 ELEKTRO-OPTİK UYDU GÖRÜNTÜ İŞLEME FAALİYETLERİ	96
8.2.1 ÖZET	96
8.2.2 PAMUK VE MISIR İÇİN NDVI, LAI VE BİTKİ İNDEKSLERİ	96
8.2.3 2015 YILI İÇİN GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER	97
8.2.4 BİTKİ İNDEKSLERİNİN SINIFLANDIRMA BAŞARIMINA ETKİSİ	105
8.2.5 2016 YILI GÖRÜNTÜLERİ İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR	112
8.2.6 DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	119
8.3 SENTETİK AÇIKLIKLI RADAR GÖRÜNTÜ İŞLEME FAALİYETLERİ	120

8.3.1	ÖZET	120
8.3.2	GİRİŞ	120
8.3.3	SENTİNEL-1 VE TERRASAR-X UYDULARININ SINIFLANDIRMA BAŞARIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	122
9	UYGULAMA YAZILIMI GELİŞTİRME	128
9.1	GİRİŞ	128
9.2	GELİŞTİRME SÜRECİ	128
10	ÇİFTÇİ/DANIŞMAN ARAYÜZÜ GELİŞTİRME	137
10.1	GİRİŞ	137
10.2	ÇİFTÇİ/DANIŞMAN ARAYÜZÜ	137
11	YAYINLAR	141
11.1	GİRİŞ	141
11.2	YAYINLAR	141
12	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	143
12.1	PROJENİN ÇIKTILARI	143
12.2	PROJE KAPSAMINDA ELDE EDİLEN KAZANIMLAR	144
12.3	ÖNERİLER	144
13	REFERANSLAR	145

YÖNETİCİ ÖZETİ

GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması (HASSAS) Projesi kapsamında, hassas tarım uygulamaları için çeşitli yöntemler (uydu görüntüleri, hava platformlarında kullanılacak multi/hiperspektral kameralar, spektrometreler; yer platformlarında kullanılacak sensörler) ile uygun verilerin toplanması, toplanan verinin analiz edilmesi ve yorumlanması işinin bir bilgi yönetim sistemi (uygulama yazılımı) ile yapılması sağlanmaktadır. Bu proje kapsamında uzay teknolojilerinin kullanımı kısmında birçok uydudan Harran Ovası'ndan seçilen pilot bölge için görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler işlenerek analiz sonuçları ortaya konmuştur. Uçak ile pilot bölge üzerinde on farklı zamanda uçuş yapıp hiperspektral bir kamera ile görüntüler çekilmiştir. Yine uçak çekimi ile eş zamanlı olmak üzere yerden veriler toplanarak hassas tarım için analiz çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen veriler ve analizler ile ilgili detaylı bilgiler bu rapor içerisinde detaylı olarak açıklanmıştır. Özet olarak pilot bölge içerisinde planlı bir şekilde yerden, havadan ve uzaydan veri toplama faaliyeti gerçekleştirilerek hassas tarım araştırmaları için çok değerli bir veri kümesine ulaşılmıştır. Ayrıca oluşan bu veri kümesi üzerinden analiz imkânı sağlayan bir uygulama yazılımı geliştirilmiştir. Bu uygulamayı kullanan operatörler, çiftçiler için sisteme yorum ve önerilerini ekleme imkânı sağlayacaklardır. Gübreleme, ilaçlama ve sulama ile ilgili yorumlar her bir çiftçiye internet üzerinden ulaşabildikleri bir arayüz aracılığıyla servis edilebilecektir. Böylece hassas tarımın yaygınlaştırılması aşaması için çok büyük bir altyapı kurulmuş olmaktadır.

"Tarım ve teknoloji GAP'ta buluşuyor hassas tarımın ilk adımları atılıyor" parolası ile bu projenin devamında yapılacak çalışmalar ile hassas tarımın bölgede yaygınlaşarak tüm Türkiye için örnek olması hedeflenmektedir. Hassas Projesi ile hassas tarımda önemli olan gübreleme, sulama ve ilaçlama konularına destek sağlayacak uzaktan algılama verilerinin toplanması ve tarım danışmanları tarafından bir bilgi sistemi üzerinde analiz edilerek, çiftçiler için öneriler geliştirilmesi amaçlanmıştır. Proje, dünyanın en eski tarım alanlarından biri olan Harran Ovasında gerçekleştirilmiştir. Cullap Sulama Sahasında belirlenen pilot alan içerisinde planlı bir şekilde yerden, havadan ve uydulardan veri toplama faaliyetleri gerçekleştirilerek hassas tarım araştırmaları için çok değerli bir veri kümesine ulaşılmıştır. Buğday, pamuk ve mısır bitkilerine ait spektral yansımalar, hem yaprak hem de bitki-üstü spektral ölçümler yapılarak toplanmıştır. Bitkilerin gelişim dönemlerinde toplanan spektral imzalar, imza tabanlı sınıflandırma kullanılmak üzere gerekli olan verilerin oluşmasını sağlamıştır.

Analiz kapsamında, hiperspektral hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri kullanılarak, hem otomatik hem de görüntüden imza toplayarak sınıflandırma yapılabilmektedir. Hiperspektral hava fotoğrafları ile genel ve bitki anomali tespiti yapılabilmektedir. NDVI, LAI ve NDI indeks algoritmaları çalıştırılarak bitki gelişimi izlenebilmektedir. Proje kapsamında yapılan araştırma ve analizler sonucu geliştirilen algoritmaların çalışacağı Uygulama Yazılımı ve analizlerin sistemin kullanıcısı olacak çiftçilere sunulacağı Çiftçi - Danışman Arayüzü oluşturulmuştur. Tarım danışmanları, görüntülerle analizler yaptıktan sonra ilaçlama, sulama ve gübreleme ihtiyacı konularında çiftçiyi yönlendirecek yorumlar yazabilmekte ve web üzerinden

paylaşmaktadır. Çiftçi - Danışman Arayüzünde farklı tarihlere ait gerçek ve sahte renk uydu görüntülerinin yanı sıra azot, fosfor, potasyum ve toprak etüt haritası gibi farklı katmanlar da bulunmaktadır. Toprak etüt haritası oluşturularak, toprakların yüzey ve derinlik özellikleri haritalanmış ve tüm karakteristikleri sorgulanabilir şekilde CBS veri tabanına entegre edilmiştir. Toprak verimlilik haritası, tüm alanı temsil eden örneklerle yapılan analizler sonucu oluşturulmuş ve yüzey toprağının verimlilik durumu haritalanmıştır. Çiftçi - Danışman Arayüzü ile farklı tarihlere ait uydu görüntüleri, azot, fosfor, potasyum ve toprak etüt haritası katman olarak görülebilmektedir. Elde edilen görüntüler ve toplanan toprak örnekleme sonucu oluşturulan bitki besin haritalarından, gübrenin gerektiği miktarda kullanımını sağlayarak gübre maliyetlerinin azaltılması ve aynı zamanda verimliliğin artırılması hedeflenmektedir.

Proje kapsamında elde edilen kazanımlar şu şekilde sıralanabilmektedir:

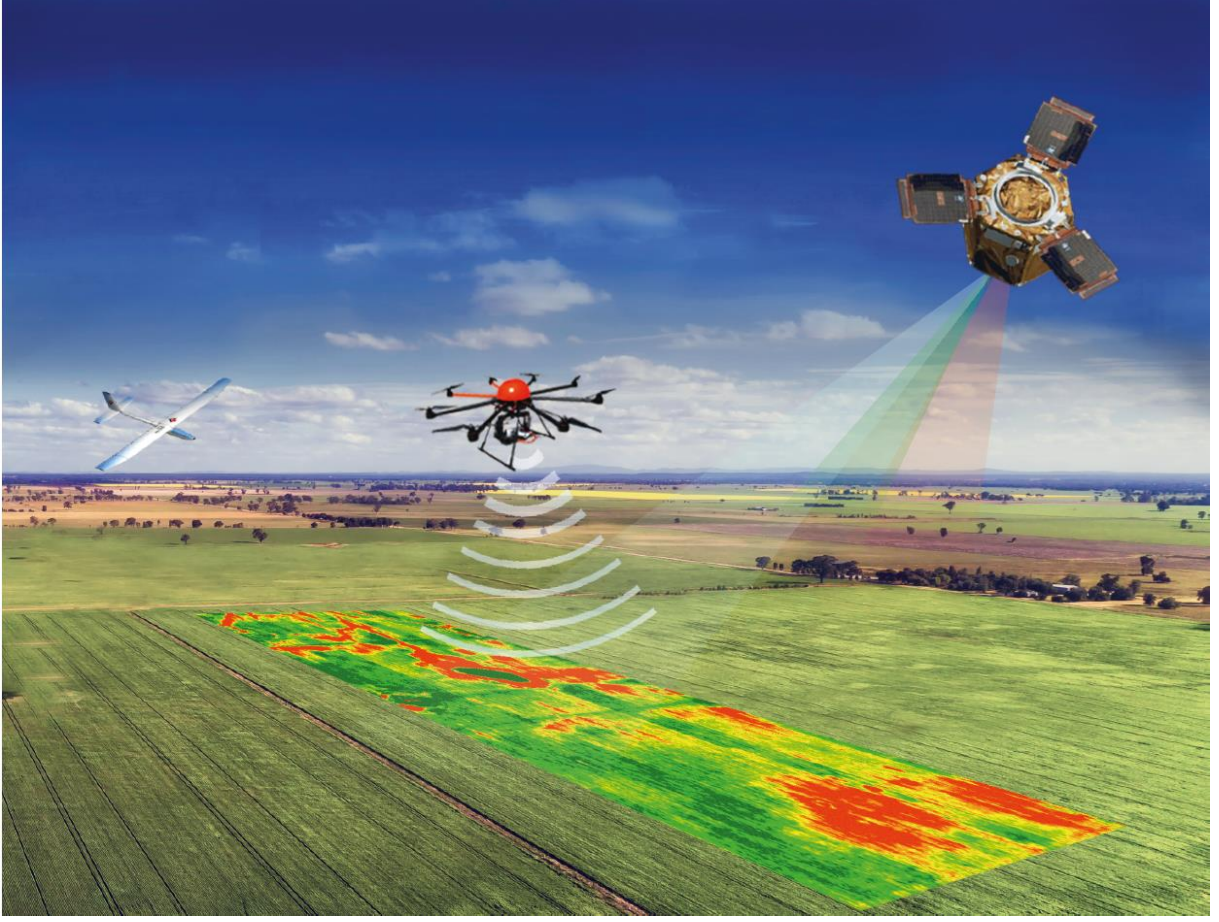
- Türkiye’de ilk geliştirilen ve kullanıma sunulacak hassas tarım yazılımı geliştirilmiştir.
- Sorunların çiftçi danışmanları aracılığı ile çiftçilere ulaştırılması için Çiftçi Web Arayüzü oluşturulmuştur.
- Gübreleme ve ilaçlama uygulama haritaları üretilmektedir.
- Toprak etüt ve verimlilik haritalarının sisteme entegre edilmesi sağlanmıştır.
- Buğday, Mısır ve Pamuk ürünlerinin farklı zamanlarda elde edilmiş spektral imzaları toplanmıştır.
- Uydu ve Hava görüntülerinden ürün desenleri: Uydu: %99, Hava, %95 doğrulukta tespit edilebilmektedir.
- Bitkilerde gerçekleşen gelişim sorunlarının tespiti yapılabilmektedir.
- Farklı veri türlerinin kullanılabilmesi mümkündür.
- Ücretsiz uydu görüntüleri ile sistemin devamlılığı: 5 günde bir görüntüleme imkânı ile büyük avantaj sağlamaktadır.

1 GİRİŞ

Hassas Tarım, bir tarım işletmesinde ürün ekiminin yapıldığı alanda konumsal ve zamansal açıdan farklılık gösteren gereksinimlere; bu konum ve zaman kriterleri göz önünde bulundurularak yapılacak müdahaleyi esas alan modern bir tarımsal üretim teknolojisidir. Toprak işlemeyen hasata kadar bitkisel üretimin hemen her döneminde kullanılabilen hassas tarım; geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemlerinin kullanımıyla kaynak israfının önüne geçmeyi, ürünün brüt getirisini artırmayı ve üretimden kaynaklanan çevresel kirliliği en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

1.1 HASSAS PROJESİ

GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması (HASSAS) Projesi kapsamında, hassas tarım uygulamaları için çeşitli yöntemler (uydu görüntüleri, hava platformlarında kullanılacak multi/hiperspektral kameralar, spektrometreler, yer platformlarında kullanılacak sensörler) ile uygun verilerin toplanması, toplanan verinin analiz edilmesi ve yorumlanması işinin bir bilgi yönetim sistemi (uygulama yazılımı) ile yapılması sağlanmaktadır. Bu proje kapsamında uzay teknolojilerinin kullanımı kapsamında Harran Ovası'ndan seçilen pilot bölge için birçok uydudan görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler işlenerek analiz sonuçları ortaya konmuştur. Uçak ile pilot bölge üzerinde on farklı tarihte uçuş yapıp hiperspektral bir kamera ile görüntüler çekilmiştir. Yine uçak çekimi ile eş zamanlı olmak üzere yerden veriler toplanarak hassas tarım için analiz çalışmaları yapılmıştır. Özet olarak pilot bölge içerisinde planlı bir şekilde yerden, havadan ve uzaydan veri toplama faaliyeti gerçekleştirilerek hassas tarım araştırmaları için çok değerli bir veri kümesine ulaşılmıştır. Ayrıca oluşan bu veri kümesi üzerinden analiz imkânı sağlayan bir uygulama yazılımı geliştirilmiştir. Bu uygulamayı kullanan operatörler ve çiftçiler için sisteme yorum ve önerilerini ekleme imkânı sağlayacaklardır. Gübreleme, ilaçlama ve sulama ile ilgili yorumlar her bir çiftçiye internet üzerinden ulaşabildikleri bir arayüz sayesinde servis edilebilecektir. Böylece hassas tarımın yaygınlaştırılması aşaması için çok büyük bir altyapı kurulmuş olmaktadır.



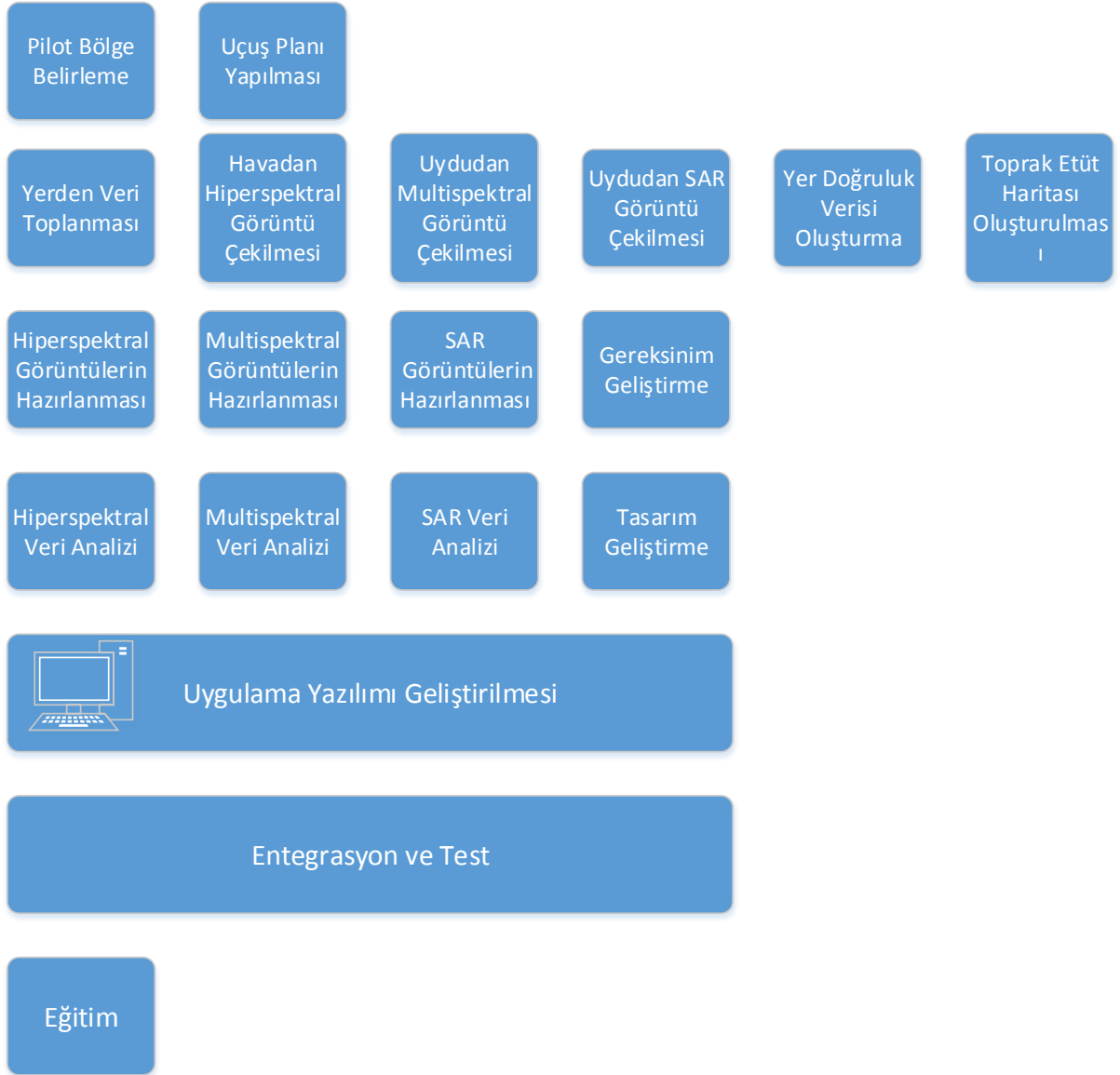
Şekil 1: Proje Görüntü Kaynakları

1.2 PROJENİN AMAÇLARI

HASSAS Projesi'nin amacı, tarımda önemli olan üç konuda -gübreleme, ilaçlama ve sulama- operatör yorumlarına destek sağlayacak uzaktan algılama verilerinin toplanması ve bir bilgi yönetim sistemi üzerinden operatörlerin bu verileri analiz ederek hassas tarımda önemli olan bu üç konuda çiftçiler için öneriler geliştirebilmeleridir.



Şekil 2: Değişken Oranlı Gübreleme



Şekil 3: Proje Bileşenleri

1.3 TANIMLAR

Anomali : Yeryüzünde düzenli dağılım gösteren bir bölgede alışılmamış değişiklik gösteren yerdir.

Bant Seçme : Görüntülerdeki gürültülü ve ayırt edici bilgi içermeyen bantların seçilmesine yönelik fonksiyonları içerir.

Boyut İndirgeme : Hiperspektral görüntülerdeki bantların bir dönüşüm ile daha az sayıda bant elde edilmesidir.

Donanım : Uygulama yazılımının çalışacağı sunucu ve bilgisayar sistemidir.

Hiperspektral Görüntü : Dar bant aralıkları kullanılarak örneklenmiş çok bantlı görüntüdür.

Kullanıcı :Uygulama yazılımının kullanıcı arayüzünü kullanan bu kapsamda eğitim almış GAP'ın belirlediği uzman kişidir.

Son Kullanıcı :Uygulama yazılımının son kullanıcı arayüzünü kullanan çiftçilerdir.

Spektral İmza : Malzemelerin farklı dalga boylarındaki farklı yansıtma ve ışıma karakteristikleri nedeniyle oluşan, hiperspektral görüntüleme teknikleriyle gözlemlenebilen, dalga boyu – sinyal değeri ölçümleridir.

Pilot Bölge : Güneydoğu Anadolu Bölgesi içinde proje çalışmaları için belirlenmiş olan 1000 hektarlık alan.

Proje :GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi

Uygulama Yazılımı :Uygulama yazılımı iş paketinde tanımlanan fonksiyonları sağlayacak yazılım.

1.4 KISALTMALAR

AR-GE : Araştırma-Geliştirme

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi

EO : Elektro-Optik

GAP : Güneydoğu Anadolu Projesi

GNSS : Global Navigation Satellite Systems (Küresel Uydu Navigasyon Sistemleri)

GPS : Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)

HTUY : Hassas Tarım Uygulama Yazılımı

KTGGT : Kritik Tasarım Gözden Geçirme Toplantısı

LAI : Yaprak Alan İndeksi

NDVI : Normalize Fark Bitki İndeksi

PIR : Proje İlerleme Raporları

PYGGT : Proje Yönetimi Gözden Geçirme Toplantıları

SAR : Sentetik Açıklıklı Radar

SİGGT : Sistem İsterleri Gözden Geçirme Toplantısı

SWIR : Kısa Dalga Kızılötesi Bant (Short-Wave Infrared) (1000-2500nm)

THGGT : Test Hazırlıkları Gözden Geçirme Toplantısı

VNIR : Görünür ve Yakın Kızılötesi Bant (Visible & Near Infrared) (400-1000nm)

2 PROJE ALANI

2.1 GİRİŞ

Bu bölümde, GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi boyunca hiperspektral hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, yersel ölçümler, meteorolojik veriler vb. bilgilerin toplandığı pilot bölge olarak adlandırılan alan ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

2.2 PİLOT BÖLGE

16.02.2015 tarihinde Şanlıurfa'da bulunan GAP İdaresi Başkanlığında HASSAS Projesi'nin başlangıç toplantısı gerçekleştirilmiştir. Toplantıda TÜBİTAK UZAY tarafından önerilen pilot bölgelere ait sunum yapılmıştır. TÜBİTAK UZAY ve GAP İdaresinin ortak görüşmeleri ve pilot alanlara yapılan ziyaretler neticesinde pilot bölge seçiminde kullanılan yeni kriterler aşağıda listelenmiştir:

- Şehir merkezine yakınlık
- Parselasyon (arazi toplulaştırması)
- Mülkiyet dağılımı
- Ürün çeşitliliği
- Arazi yapısındaki farklı özellik
- Birlik başkanı
- Çiftçi uyumu
- Personel yeterliliği
- Teknolojiye uyum ve destek
- Fiziki altyapı
- Üniversiteye yakınlık
- Göl, gölet, baraj gibi sulu alanlara uzaklık (Buharlaştırma)

Bu kriterlere göre TÜBİTAK UZAY ve GAP BKİ ile birlikte yapılan puanlama (Tablo 1) ve bölgelere yapılan ziyaretler sonucunda pilot bölge olarak **Cullap Sulama Birliği** alanı içine giren bölge seçilmiştir.

Tablo 1: Pilot Bölge Seçimi Puanlama Tablosu

Adı	Ağırlık	PUANLAR			AĞIRLIKLI PUANLAR		
		Cullap SB	Koruklu	Atatürk Barajı SB	Cullap SB	Koruklu	Atatürk Barajı SB
Şehre yakınlık	4	4	3	1	16	12	4
Parselasyon	3	4	5	5	12	15	15
Ürün çeşitliliği	4	4	3	5	16	12	20
Arazi yapısındaki farklı özellik	3	4	3	5	12	9	15
Birlik başkanı uyumu	5	5	4	4	25	20	20
Fiziki altyapı	5	4	4	5	20	20	25
Üniversiteye yakınlık	4	5	2	1	20	8	4
Göl, gölet vb. alanlara uzaklık	2	5	5	1	10	10	2
Daha önce proje yapılmış olması	3	5	2	1	15	6	3
Çiftçi uyumu	5	5	3	4	25	15	20
TOPLAM					171	127	128

Belirlenen pilot bölge Şekil 4 ile gösterilmiştir. Çamlıdere, Kaynaklı, Balkatan, Bakımlı ve İncirli mahalleleri pilot alan içine giren yerleşim yerleridir.



Şekil 4: Cullap Sulama Birliği Pilot Alanı

3 YERDEN VERİ TOPLAMA VE TOPRAK ETÜT HARİTALAMA

3.1 GİRİŞ

Bu bölümde, GAP Bölgesi'nde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması (HASSAS) Projesi kapsamında gerçekleştirilen yerden veri toplama ve toprak etüt haritalama faaliyetleri anlatılmaktadır.

3.2 YER GÖREVİ FAALİYETLERİ

Pilot bölgede bulunan yer ekibi tarafından, atmosferik verilerin elde edilmesi amacıyla, atmosferik ölçüm istasyonları kurulmuştur. Hava görüntülerinin atmosferik düzeltme işlemi için yere blackbody (siyah materyal) ve tyvek (beyaz materyal) yerleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunlarla birlikte pilot bölge içerisindeki mısır ve pamuk tarlalarından ve ayrıca bölgede bulunan çeşitli bitkilerden spektrometre ile bitki spektral imzaları toplanmıştır. Bu imzalar, görüntü işleme algoritmalarında bitki sınıflandırma fonksiyonu için kullanılmaktadır.

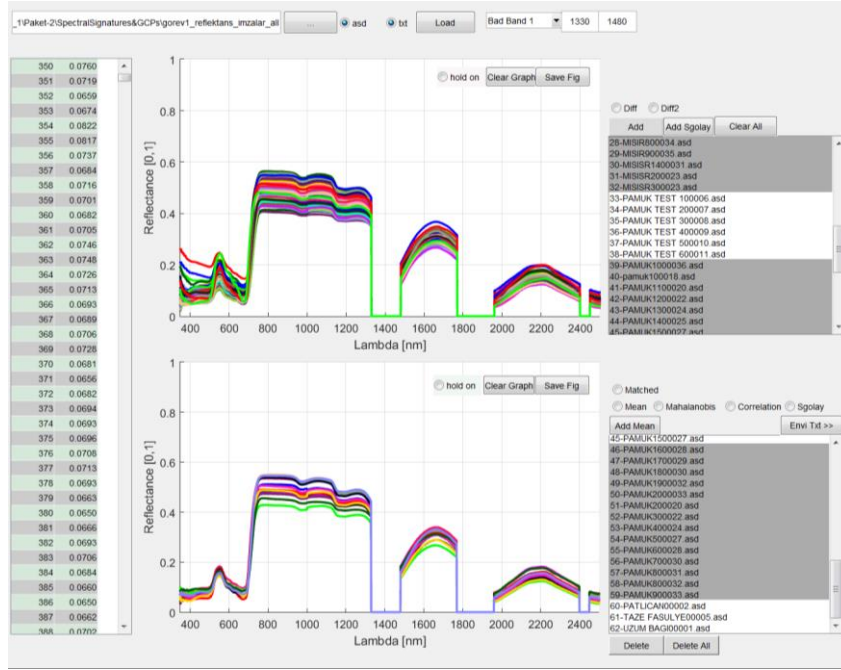
Toplanan tüm spektral imzaların mekânsal dağılımı Şekil 5 ile gösterilmiştir.



Şekil 5: Tüm Görevler Sonucunda Toplanan Spektral İmzaların Mekânsal Dağılımı

3.2.1 Görev-1

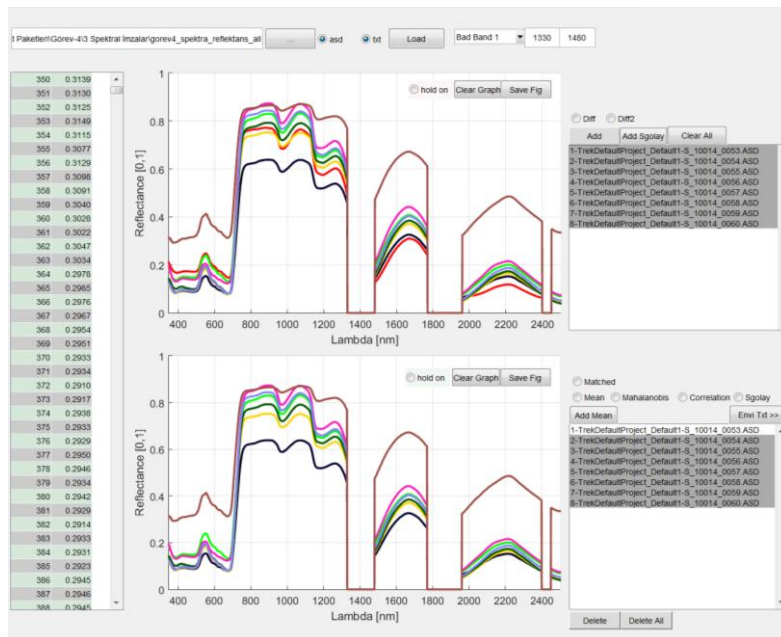
62 adet spektral imza toplanmıştır. Bunlar içerisinde 19 adet mısır, 22 adet pamuk, 6 adet mısır test, 6 adet pamuk test ve 9 adet sebze spektral imzası yer almaktadır (8 Ağustos 2015).



Şekil 6: Görev-1 Spektraller

3.2.2 Görev-4

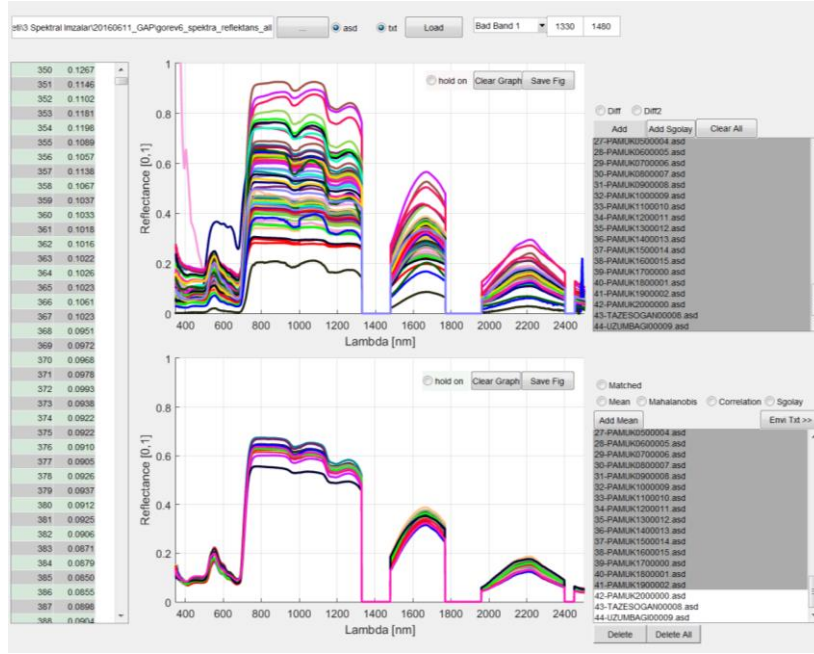
8 adet spektral imza toplanmıştır. 7 tanesi buğday, 1 tanesi yabancı ot cinsine aittir (1 Mart 2016).



Şekil 7: Görev-4 Spektraller

3.2.4 Görev-6

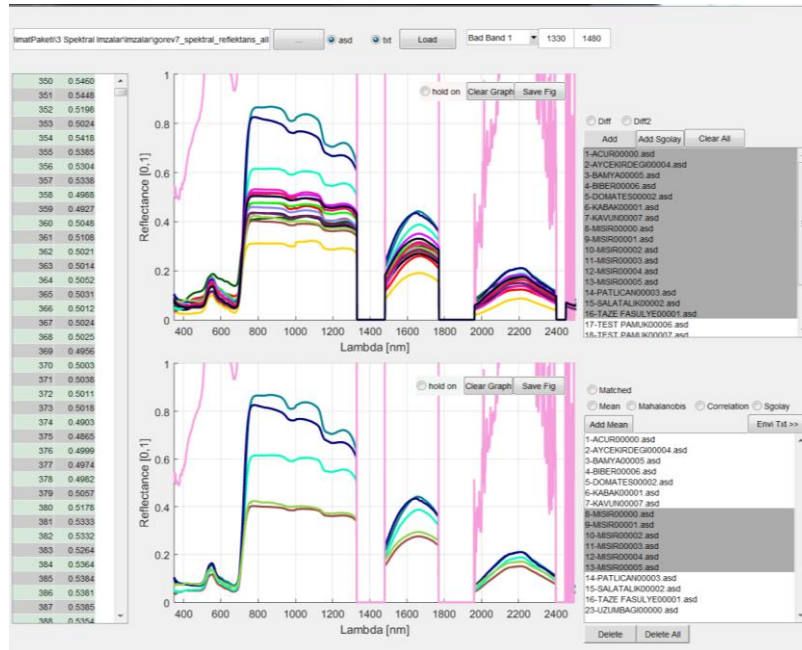
44 adet spektral imza toplanmıştır. Bu Set, 26 adet pamuk, 7 adet mısır, 11 adet çeşitli sebzelerden toplanmış spektral imza içermektedir (12 Haziran 2016).



Şekil 10: Görev-6 Spektraller

3.2.5 Görev-7

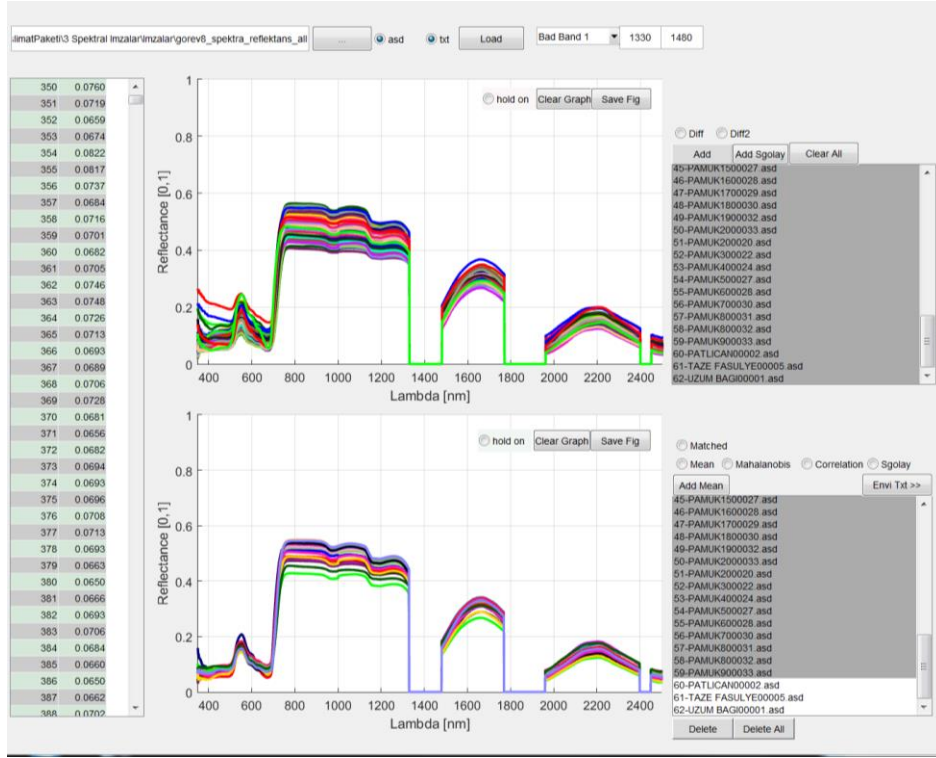
23 adet spektral ölçüm yapılmıştır. 6 adet pamuk, 6 adet mısır, 11 adet sebze spektral imzası toplanmıştır (25 Haziran 2016).



Şekil 11: Görev-7 Spektraller

3.2.6 Görev-8

60 adet spektral ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bunların 18 tanesi mısır, 20 tanesi pamuk, 6 adet pamuk test, 6 adet mısır test, 10 tanesi de değişik sebzelerden oluşmaktadır (12 Ağustos 2016).



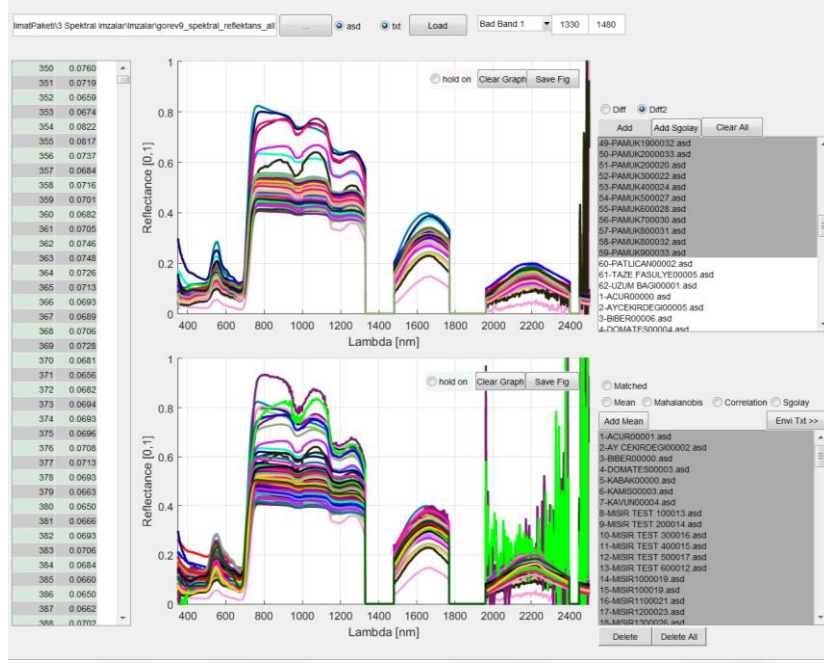
Şekil 12: Görev-8 Spektraller



Şekil 13: Görev-8 Spektral İmzaların Yersel Dağılımı

3.2.7 Görev-9

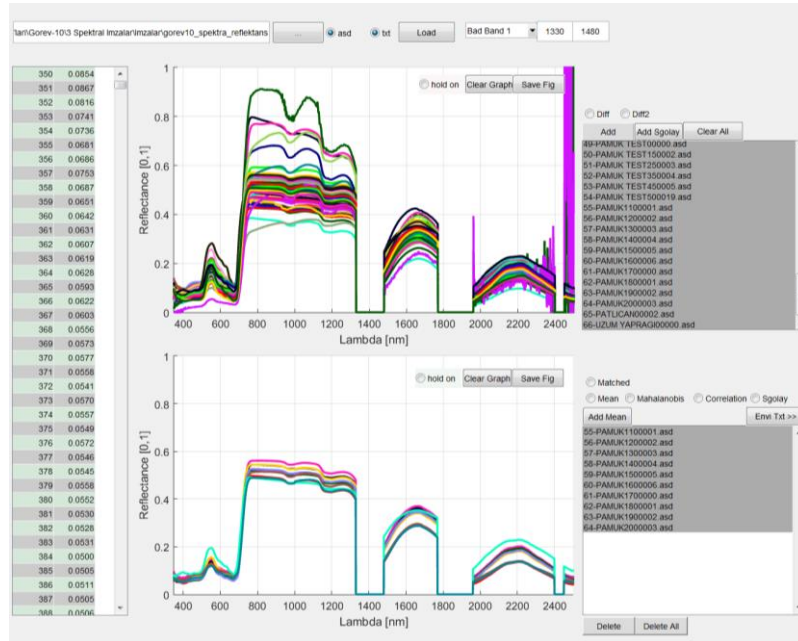
21 adet mısır, 6 adet mısır test, 27 adet pamuk ve 10 adet sebze spektral imzası toplanmıştır (19 Ağustos 2016).



Şekil 14: Görev-9 Spektraller

3.2.8 Görev-10

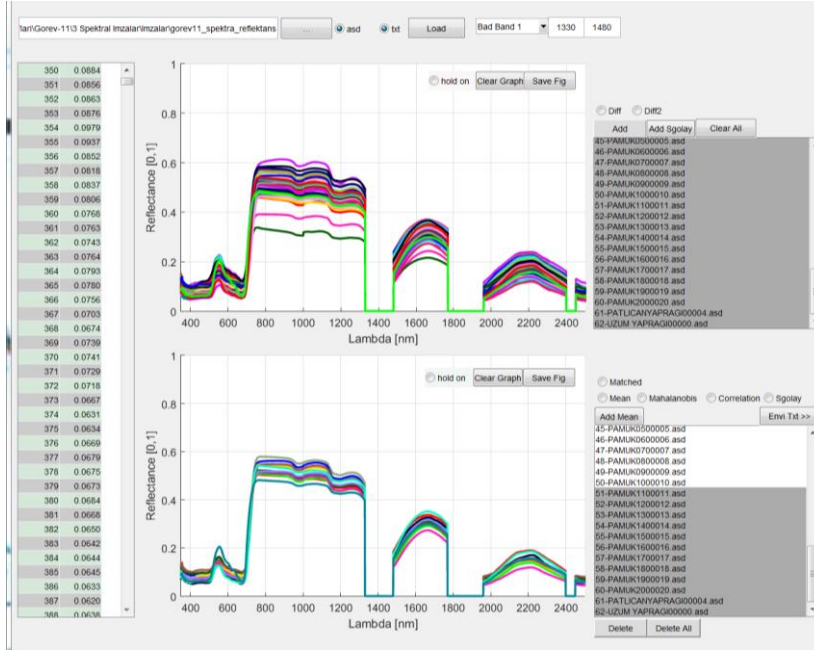
66 adet spektral imza toplanmıştır. 22 adet mısır, 20 adet pamuk, 6 adet pamuk test ve 18 adet çeşitli sebzelere ait spektral imza bulunmaktadır (27 Ağustos 2016).



Şekil 15: Görev-10 Spektraller

3.2.9 Görev-11

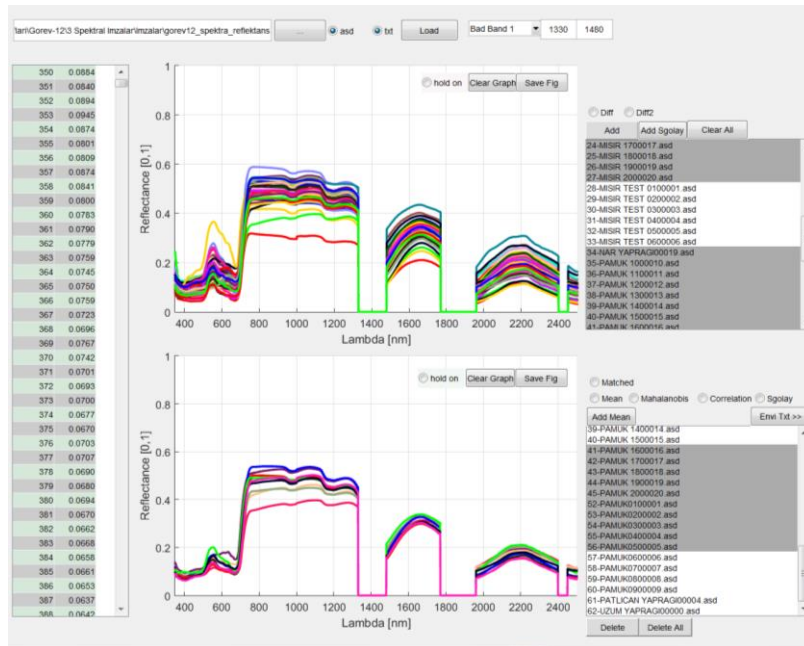
62 adet spektral imza toplanmıştır. Bunlar; 20 mısır, 20 pamuk, 6 pamuk test, 6 mısır test ve 10 çeşitli sebzelere ait spektral imzalarıdır (8 Eylül 2016).



Şekil 16: Görev-11 Spektraller

3.2.10 Görev-12

20 adet mısır, 20 adet pamuk, 6 adet mısır test, 6 adet pamuk test ve 10 adet çeşitli sebze spektral imzası toplanmıştır (29 Eylül 2016).



Şekil 17: Görev-12 Spektraller

3.3 TOPRAK ETÜT HARİTALAMA

Proje faaliyetleri sırasında geliştirilecek uygulamalara altlık olması amacıyla Şanlıurfa ili Harran Ovası alanı kuzeyinde bulunan Cullap Sulama Birliği'ndeki 1000 hektarlık arazide 1:10.000 ölçekli toprak etüt ve haritalama çalışması yapılmıştır.

Çalışmada farklı toprak çeşitlerini belirlemek için 15 profil çukuru açılmış ve 8 farklı toprak serisi tanımlanarak analiz için bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleme yapılmıştır. Alınan bu toprak örneklerinde fiziksel, kimyasal ve verimlilikle ilgili analizler yapılmıştır. Çalışmada açılan profillere ait toprak çeşitlerinin arazideki dağılımını görmek ve sınırlarını çizmek için arazide 150-250 m aralıklarla burgu kontrolleri (yer doğruluğu) yapılarak sınırlar kesinleştirilmiştir.

Toprak etütleri sırasında yüzey toprağının verimliliğini belirlemek amacıyla 250 m aralıkla koordinatlı olarak toprak örnekleme yapılarak toprakta yayımlı % N, P₂O₅, K₂O, Fe, Cu, Zn, Mn, Ca, Mg, Na, pH, kireç, tuz, organik madde, tekstür gibi analizler yapılmıştır.

Çalışmada ayrıca arazi kullanımının belirlenmesi için GPS kullanılarak arazi kontrolleri yapılmış ve bu yer kontrol bilgileri Göktürk-2 uydu görüntüsüne supervised (kontrollü) olarak uygulanmış ve arazi kullanım haritası oluşturulmuştur.

Çalışmanın son aşamasında, arazide oluşturulan 1:10.000 ölçekli toprak haritası ve haritaya ait tüm analiz değerleri CBS ortamında birbirine entegre edilerek shape formatında veritabanı oluşturulmuştur. Veri tabanına ayrıca arazi kullanım haritası bilgileri ve koordinatlı olarak alınan verimlilik değerleri de alındığı noktalara entegre edilmiştir. Yüzey verimlilik haritasının oluşturulması için 0-30 cm derinliğinden tüm alanı temsil edecek şekilde 164 noktadan alınan % N, P₂O₅, K₂O değerleri jeostatistiksel olarak CBS ortamında haritalanmış ve yüzey verimliliği haritası veri tabanına eklenmiştir. Bitki kök bölgesindeki toprak verimliliği için 0-30 cm derinliği önemli iken, ana toprak dağılım sınırlarını haritalamak için de ayrıca 0-150 cm derinliğinde profiller açılarak tanımlanmış ve fiziksel-kimyasal analizleri yapılarak veri tabanı ile ilişkilendirilmiştir.

Sonuç olarak Cullap Sulama Birliği alanından seçilen 1000 hektarlık alanda yapılan toprak etüt ve harita bilgileri, tüm analiz değerleri, arazi kullanımı ve yüzey verimlilik değerleri CBS ortamında shape formatında veri tabanına dönüştürülmüş ve sorgulanabilir şekle getirilmiştir.

Toprak etüt haritalamanın yapıldığı bölge Şekil 18 ile gösterilmektedir.

başlatılmıştır. Çalışma alanında kartoğrafik materyal yorumlaması sonucunda 15 profil çukuru açılmış, ancak benzerlikler nedeniyle 8 toprak serisi isimlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, ilk arazi çalışmasında tanımlanan ve isim verilen 8 toprak çeşidinin (serisinin) sınırlarının çizilmesi için arazi çalışmalarına başlanmıştır. İkinci arazi çalışmasında arazide gezilerek toprak sınırlarının kesinleştirilmesi için her 150-250 m aralıkla burgu atılarak 1 m derinliğe kadar kontrolleri yapılmıştır. Toplam alanda yaklaşık 200 yer kontrolü yapılmıştır. Arazi kontrollerinde toprak çeşitlerinin sınırları kartoğrafik materyal üzerine çizilmiş ve aynı zamanda arazi kullanım çeşidi de GPS koordinatı alınarak harita üzerine işlenmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında çalışma alanında topoğrafya, toprak çeşitleri, eğim ve arazi kullanım durumu da dikkate alınarak verimlilik haritası için yaklaşık her 150-250 m aralıkla GPS koordinatlı olarak verimlilik için 0-30 cm derinliğinden 164 toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örneklemeinde, toprak çeşidinin homojenlik durumuna göre bazı alanlarda örnekleme daha sık alınırken, bazı alanlarda ise daha seyrek alınmıştır.

3.3.1 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Analizi

Profil tanımlaması aşamasında toprak çeşitlerini temsilen alınan bozulmuş toprak örnekleri ile verimlilik haritası için alınan toprak örnekleri laboratuvarında kurutularak 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra analize hazır hale getirilmiştir.



Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Her bir profilden alınan bozulmamış toprak örneklerinde geçirgenlik ve bozulmuş örneklerde ise toprak su tutma kapasitesi (Tarla Kapasitesi ve Sürekli Solma Noktası) analizleri yapılmıştır. Bu analizler Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde bulunan cihazlarla yapılmıştır. Topraklarda hacim ağırlığı ise toprak bünye dağılımı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Verimlilik amacıyla alınan toprak örneklerindeki analizler (pH, tuz, Kireç, OM, Kum, Kil, silt, % N, P2O5, K2O, Cu, Fe, Zn, Mn, Ca, Mg, Na) bünye, Mardin ilinde bulunan MARTEST laboratuvarında, diğer tüm analizle ise Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. KDK ve DK okumaları da Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan ICP cihazında okunmuştur. Laboratuvarlarda yapılan toprak analiz sonuçları tamamlandıktan sonra gerekli dönüşüm ve hesaplama işlemleri yapılmıştır.

Bozulmuş toprak örneklerinde bünye hidrometre, kireç Scheibler Kalsimetresi, organik madde Walckley Black yaş yakma yöntemi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), suda çözünebilir tuz, katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat ekstraksiyon ve değişebilir katyonlar (DK) ise amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Toprakta değişebilir sodyum yüzdesi ise;

$ESP = \frac{Değ. Na}{KDK} \times 100$ formülü ile hesaplanmıştır.

Toprak verimlilik haritasının hazırlanması için 0-30 cm'den alınan toprak örneklerinde yukarıdaki analizler dışında, % azot Kjeldahl metodu yarayışlı fosfor (P2O5) TS ISO 11263 cihazı ile ve potasyum (K2O) amonyum asetat metodu ile, Fe, Cu, Zn, Mn, Ca, Mg ve Na analizleri de amonyum asetat metoduna göre yapılmıştır.

3.3.2 Verimlilik Haritası Oluşturma

Toprak verimlilik haritası hesaplamaları için Pilot Bölge'yi tümüyle kapsayacak şekilde yaklaşık 6,25 hektarlık (250x250m) mesafelerle 0-30 cm derinliklerinden koordinatlı olarak alınan örneklerinin analiz değerleri CBS yazılımına yüklenmiştir. Verimlilik tablosu analiz sonuçları ArcGIS'te jeoistatistik değerlendirme ile haritalanmıştır. Örnek olması açısından CBS veri tabanında % N, P2O5, K2O gübreleri için yüzey verimlilik haritaları verilmiştir.

3.3.3 Arazi Kullanım Haritası Oluşturma

Çalışma alanı olarak seçilen arazi gezilerek tüm arazi kullanım farklılıkları GNSS ile verimlilik örnekleme süresince koordinatlı olarak belirlenmiştir. Araziden alınan koordinatlı bilgiler uydu görüntüleri üzerine aktarılmıştır. Yapılan göz yorumlamaları ve yer kontrol bilgileri kullanılarak yapılan supervised (kontrollü) sınıflama sonucunda alanın arazi kullanım haritası oluşturulmuştur.

3.3.4 CBS Veritabanı Hazırlama

Çalışmanın son aşamasında CBS yazılımı kullanılarak araziden çizilen 1:10.000 ölçekli toprak seri haritası sayısallaştırılmış ve 1:5.000 ölçekli haritadan elde edilen eğim haritası ile uydu haritası ve topoğrafik haritaya entegre edilmiş ve toprak haritasının tüm özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Arazide tanımlanan ve sınırları çizilen toprak çeşitlerine ait poligonlara GPS yardımıyla koordinatlı olarak alınan toprak analiz sonuçları entegre edilmiştir. Toprak profili ve serisine ait analiz tablosu toprak haritası ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca 0-30 cm'den alınan örneklerde yapılan analizlerin sonuçları da nokta verisi halinde ayrı bir dosya olarak veritabanına eklenmiştir. Hazırlanan tüm CBS katmanları ESRI Shape (.shp) formatında ve UTM WGS84 koordinat sisteminde ve 1:10.000 ölçekli olacak şekilde hazırlanmıştır.

3.3.5 Değerlendirme

Proje faaliyetlerinde kullanılmak amacıyla yapılan 1:10.000 ölçekli toprak etüt çalışması sonucunda, toprakların yüzey ve derinlik özellikleri haritalanmış ve tüm karakteristikleri sorgulanabilir şekilde CBS veri tabanına entegre edilmiştir. Toprak etüt haritalama çalışması için 0-150 cm derinliğinde profiller açılarak ana toprak dağılımları tanımlanmış ve toprak çeşitleri ile ilgili toprakların tüm karakteristikleri belirlenmiştir. Toprakların verimliliğini belirlemek için ve tüm alanı temsil edecek şekilde 0-30 cm derinliğinden alınan örneklerde yapılan analizlerden oluşturulan verimlilik haritası sonucunda yüzey toprağının verimlilik durumu haritalanmıştır. Veri tabanına katkı için eğim haritası ve arazi kullanım haritası da çalışmanın temel katmanları olarak yer almaktadır. Tüm bu veriler ve alanla ilgili mekânsal veriler shape formatında ArcGIS ortamında dosya halinde ve 30.11.2015 tarihli Etüt Raporu'nda sunulmuştur.

4 HAVA FOTOĞRAFLARI

4.1 GİRİŞ

Bu bölümde, GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi kapsamında gerçekleştirilen hiperspektral hava fotoğrafı çekimleri hakkında bilgiler verilmektedir. Proje süresince toplam 10 adet uçuş ve görüntü çekim faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Görüntüler ile ilgili bilgiler Tablo 2 ile gösterilmiştir.

Tablo 2 Hiperspektral Hava Fotoğrafları ile İlgili Bilgiler

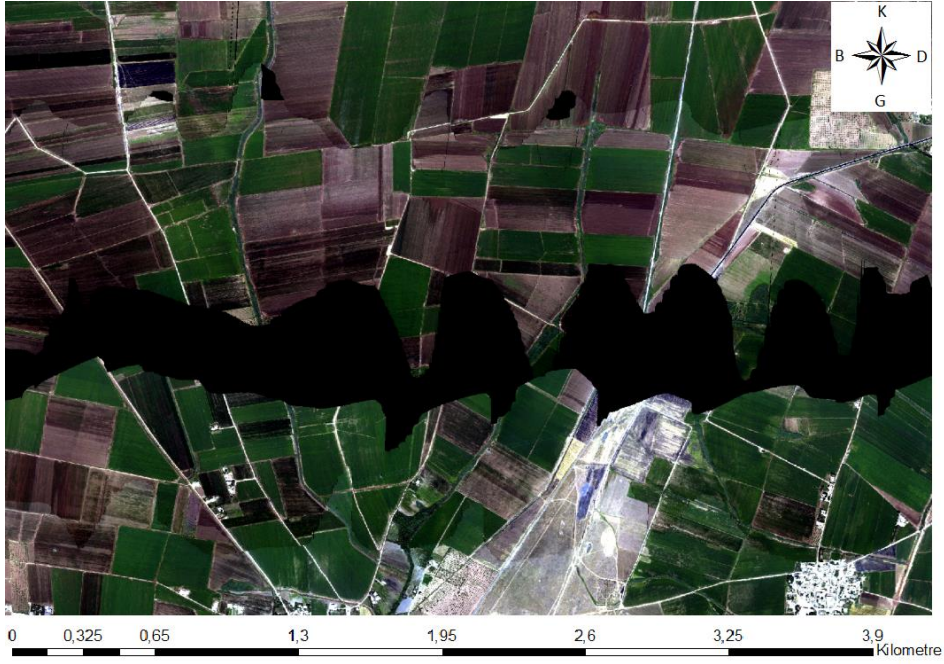
	1. Çekim (Görev 1)		2. Çekim (Görev 4)		3. Çekim (Görev 5)		4. Çekim (Görev 6)		5. Çekim (Görev 7)	
	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR
Yersel Çözünürlük (metre)	0.96	2.19	0.96	2.19	0.96	2.19	0.96	2.19	0.96	2.19
Spektral Çözünürlük	182 Bant 413.3321- 992.0419	288 bant 951.7577- 2509.435 3	182 bant 411-990	288 bant 949.82- 2507.50	182 Bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.504 9	182 bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.5049	182 Bant 411.2995- 990.0092	288 Bant 949.8273- 2507.504 9
Çekilme Tarihi	08.Ağu.15	08.Ağu.15	01.Mar.16	01.Mar.16	01.04.2016	01.04.2016	12.Haz.16	12.Haz.16	25.Haz.16	25.Haz.16
Veri Boyutu (bytes)	9.247.056.000	2.793.553.920	9.156.875.000	2.784.015.360	9.156.875.000	2.784.015.360	19.517.831.424	11.931.252.480	19.340.554.688	5.809.069.440
Projeksiyon Sistemi	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N
Kolon Sayısı	4380	1920	4375	1918	4375	1918	6096	4965	6071	2661
Satır Sayısı	2900	1263	2875	1260	2875	1260	4398	2086	4376	1895

	6. Çekim (Görev 8)		7. Çekim (Görev 9)		8. Çekim (Görev 10)		9. Çekim (Görev 11)		10. Çekim (Görev 12)	
	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR	VNIR	SWIR
Yersel Çözünürlük (metre)	0.96	2.19	0.96	2.19	0.96	2.19	0.96	2.19	0.96	2.19
Spektral Çözünürlük	182 bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.504 9	182 bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.504 9	182 Bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.504 9	182 Bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.5049	182 Bant 411.2995- 990.0092	288 bant 949.8273- 2507.504 9
Çekilme Tarihi	12.Ağu.16	12.Ağu.16	19.Ağu.16	19.Ağu.16	27.08.2016	27.08.2016	08.Eyl.16	08.Eyl.16	29.Eyl.16	29.Eyl.16
Veri Boyutu (bytes)	49.913.944.080	5.735.199.744	49.874.464.640	5.829.020.928	49.486.315.424	5.819.111.424	49.764.689.520	5.716.099.584	47.447.171.408	
Projeksiyon Sistemi	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N	UTM WGS 84 Zone 37N
Kolon Sayısı	9746	2612	9808	2661	9668	2653	9514	2652	9509	2670
Satır Sayısı	7035	1906	6985	1895	7031	1904	7185	1871	6854	1832

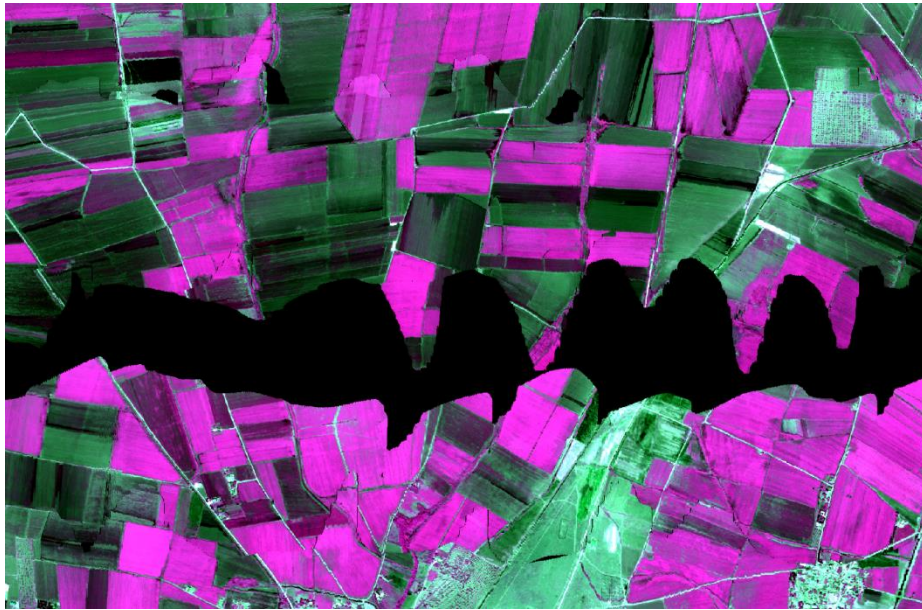
4.2 GÖREVLER VE ÇEKİLMİŞ HİPERSPEKTRAL HAVA FOTOĞRAFLARI

4.2.1 Görev-1

Görev-1 08.08.2015 tarihinde icra edilmiştir. Hava fotoğrafları uçuş sırasında yeterli bindirme yapılmadığı için mozaik görüntü aralarında boşluklar yer almaktadır.



Şekil 19: Görev-1 VNIR Görüntüsü (0.96 metre GSD, 413-992 mikrometre arasında 182 bant içerir).



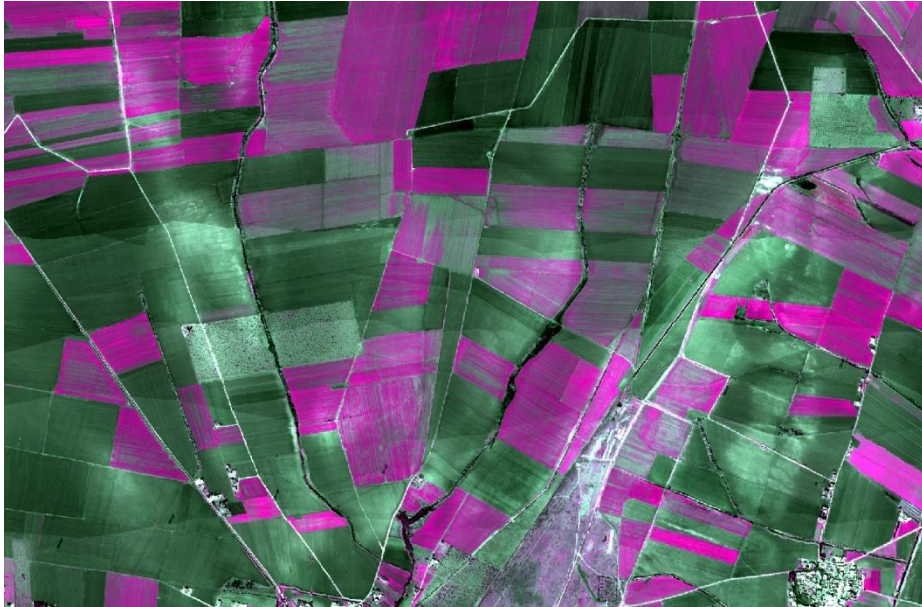
Şekil 20: Görev-1 SWIR Görüntüsü (2.19 metre GSD, 951-2509 mikrometre arasında 288 bant içerir).

4.2.2 Görev-4

01 Mart 2016 tarihinde icra edilmiştir. 3. ve 4. görevlerde hava fotoğrafı toplanmadığı için 2. Çekim Görev-4'e karşılık gelmektedir.



Şekil 21: Görev-4 VNIR Görüntüsü (0.96 metre GSD, 413-992 mikrometre arasında 182 bant içerir).



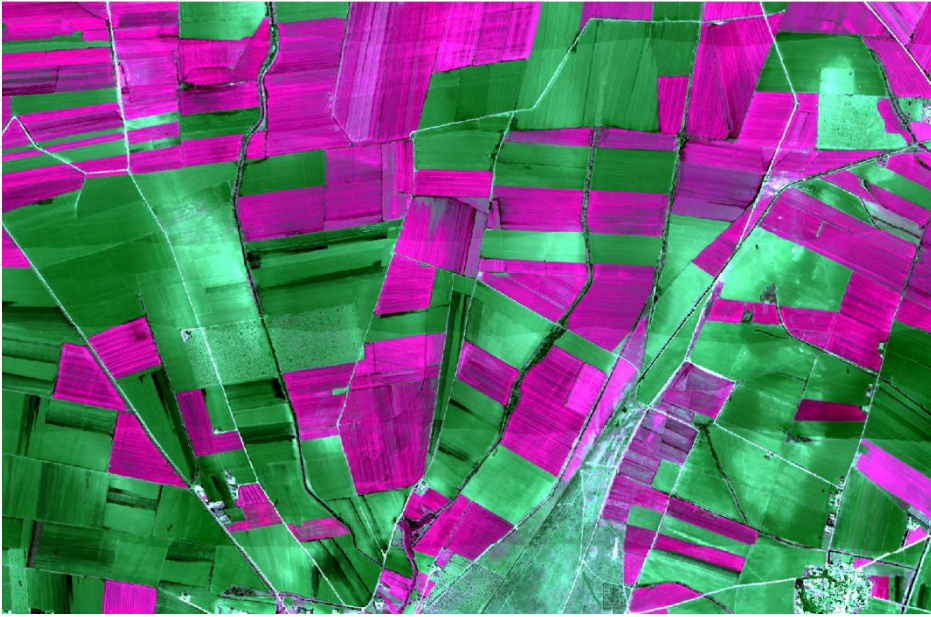
Şekil 22: Görev-4 SWIR Görüntüsü (2.19 metre GSD, 951-2509 mikrometre arasında 288 bant içerir).

4.2.3 Görev-5

3. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-5, 01 Nisan 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 23: Görev-5 VNIR Görüntüsü



Şekil 24: Görev-5 SWIR Görüntüsü

4.2.4 Görev-6

4. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-6, 12 Haziran 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 25: Görev-6 VNIR Görüntüsü



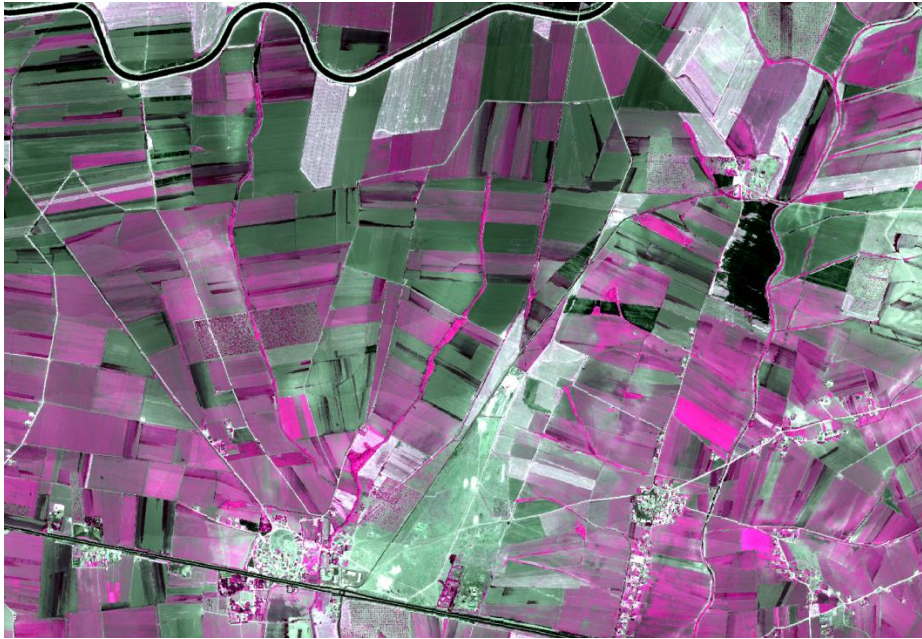
Şekil 26: Görev-6 SWIR Görüntüsü

4.2.5 Görev-7

5. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-7, 25 Haziran 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 27: Görev-7 VNIR Görüntüsü



Şekil 28: Görev-7 SWIR Görüntüsü

4.2.6 Görev-8

6. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-8, 12 Ağustos 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 29: Görev-8 VNIR Görüntüsü



Şekil 30: Görev-8 SWIR Görüntüsü

4.2.7 Görev-9

7. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-9, 19 Ağustos 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 31: Görev-9 VNIR Görüntüsü



Şekil 32: Görev-9 SWIR Görüntüsü

4.2.8 Görev-10

8. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-10, 27 Ağustos 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 33: Görev-10 VNIR Görüntüsü



Şekil 34: Görev-10 SWIR Görüntüsü

4.2.9 Görev-11

9. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-11, 8 Eylül 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 35: Görev-11 VNIR Görüntüsü



Şekil 36: Görev-11 SWIR Görüntüsü

4.2.10 Görev-12

10. Çekimin gerçekleştirildiği Görev-12, 29 Eylül 2016 tarihinde icra edilmiştir.



Şekil 37: Görev-12 VNIR Görüntüsü



Şekil 38: Görev-12 SWIR Görüntüsü

5 UYDU GÖRÜNTÜLERİ

5.1 GİRİŞ

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında görüntüleri kullanılan uydularla ilgili bilgiler verilmekte, görüntü özellikleri ve ön işleme adımları anlatılmaktadır. Bölüm projede kullanılan uydu görüntüleri ve uydu görüntülerinin işlenmesi olarak ikiye ayrılmaktadır. Projede görüntüleri ücretsiz olarak temin edilebilen Göktürk-2, Landsat 8, Sentinel-1, Sentinel-2, EO-1 Hyperion ve ticari uydular SPOT 6/7, TerraSAR-X ve RapidEye görüntüleri kullanılmıştır. Bu uydular, görüntüler ve görüntülerin ön işlenmesi ile ilgili bilgiler bu bölümde sunulmuştur.

5.2 PROJEDE KULLANILAN UYDU GÖRÜNTÜLERİ

5.2.1 Göktürk-2

18 Aralık 2012 tarihinde uzaya fırlatılmış olan Göktürk-2 Uydusu, Türk mühendisler tarafından tasarlanan, ülkemizde geliştirilen ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusudur. Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK Başkanlığı tarafından TÜBİTAK UZAY ile TUSAŞ iş ortaklığına yaptırılmıştır. Göktürk-2 uydusu gerekli test ve deneme çalışmalarının ardından Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'na devredilmiştir.

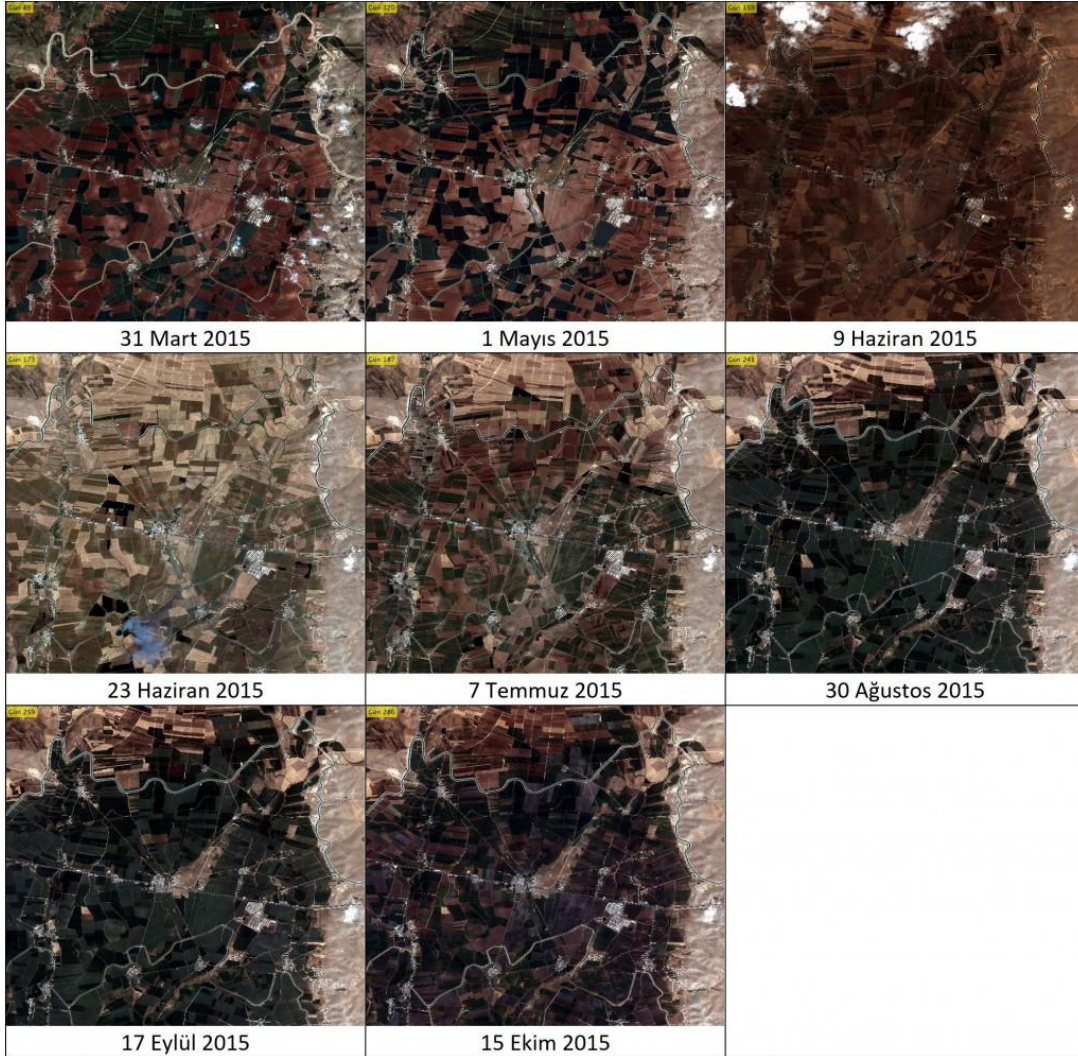
Göktürk-2, yer yüzeyinden yaklaşık 685 km yükseklikteki güneş uyumlu yörüngeye yerleştirilmiş olup, dünya etrafındaki bir turunu yaklaşık 98 dakikada tamamlamaktadır. Uydunun teknik özellikleri Tablo 3 ile verilmiştir. Görüntüler Seviye-2'ye kadar operatörler tarafından çıkarılabilmektedir ve talep eden kişi, kurum veya kuruluşlara sağlanabilmektedir. Görüntülerin daha ileri seviyelere işlenmesi seçeneği kullanıcıya bırakılmıştır.

Tablo 3: Göktürk-2 Uydusunun Teknik Özellikleri

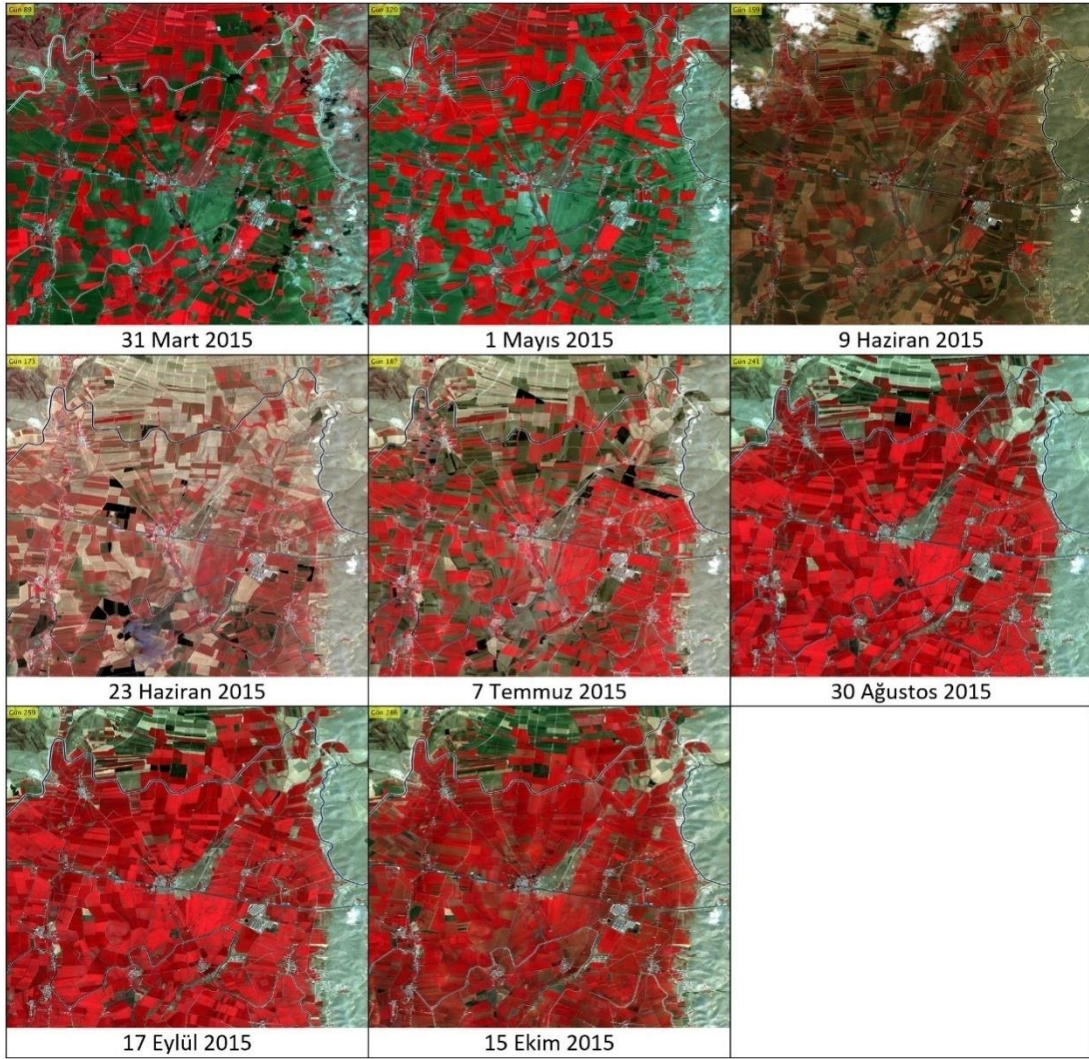
Yörünge	Güneş Uyumlu
Yörünge Yüksekliği	~685 km
Dünya Çevresindeki Tur Süresi	~98 dakika (Günde 14/15 tur)
Günlük Yer İstasyonu Temas Süresi	~ 40 dakika (Günde)
Dünyanın Her Yerinden Görüntü Alma	Evet
Uydu Kütlesi	< 409 kg
Görüntü Depolama Kapasitesi	>15 Gbit
Çözünürlük	PAN 2,5 m - MS 5 m

5.2.1.1 Göktürk-2 Verilerinin Temin Edilmesi

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'na proje süresince Göktürk-2 uydusunun bölgeden geçişinde görüntü çekilmesi amacıyla talepte bulunulmuştur. Hava Kuvvetleri Komutanlığı bölgeden gerçekleşecek tüm geçişleri planlayarak sisteme dâhil etmiştir. Göktürk-2 uydusundan görüntü alınması konusunda Hava Kuvvetleri Komutanlığı, Hava İstihbarat Komutanlığı Keşif Uydu Tabusu ile sürekli iletişim halinde görüntü çekimleri takip edilmiştir. Çekimden 1 gün önce ve 1 gün sonra görüntü çekim işleminin sorumlu kişiler ile görüşülmüştür. Bölgenin sınıra yakın olmasından dolayı askeri kaynaklı isteklere öncelik verilmiş, dolayısı ile talep edilen sıklıkta çekim yapılamamıştır. 2015 yılında Mart – Ekim ayları arasında çekilen sekiz görüntü gerçek renk (Şekil 39) ve sahte renk (Şekil 40) olarak ve gösterilmiştir.

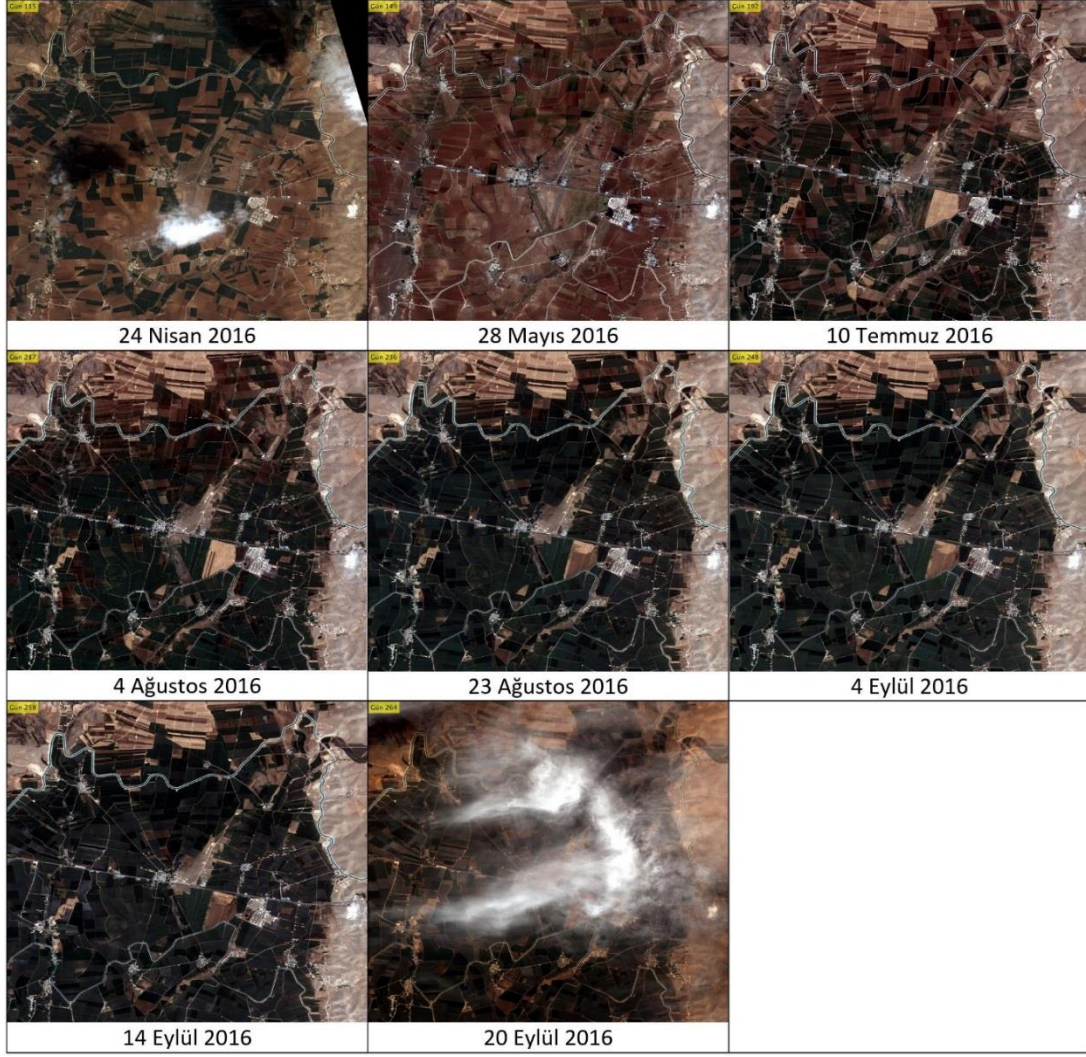


Şekil 39: 2015 Yılı Göktürk-2 Uydu Görüntüleri (Gerçek Renk)

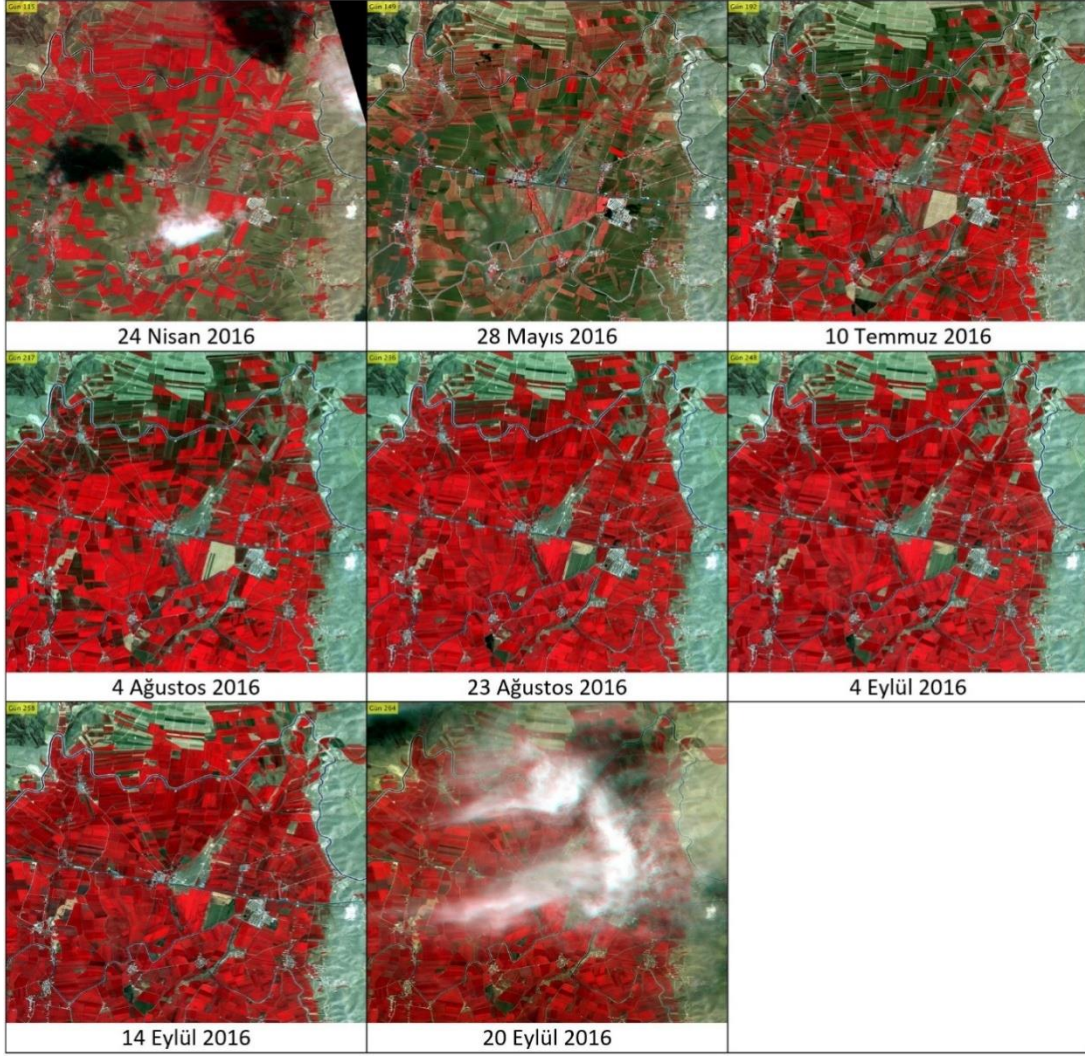


Şekil 40: 2015 Yılı Göktürk-2 Uydu Görüntüleri Yakın Kızılötesi Sahte Renk Gösterimi

2016 yılında Nisan-Eylül ayları arasında sekiz görüntü çekimi gerçekleştirilmiştir. Görüntüler gerçek renk ve yakın kızılötesi sahte renk olarak Şekil 41 ve Şekil 42 ile gösterilmiştir.



Şekil 41: 2016 Yılı Göktürk-2 Uydu Görüntüleri (Gerçek Renk)

















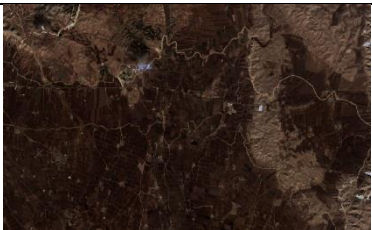
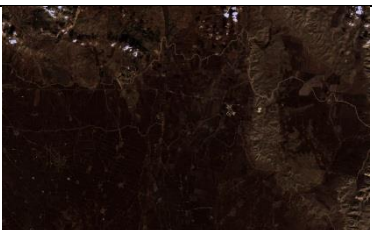
Şekil 42: 2016 Yılı Göktürk-2 Uydu Görüntüleri Yakın Kızılötesi Sahte Renk Gösterimi

5.2.2 Landsat 8

Landsat 8, NASA'nın Landsat ailesinin sekizinci uydusu olup, 15 metreden 100 metreye kadar orta çözünürlükte veri sağlamaktadır. Uydu günde yaklaşık 400 görüntü çekimi yapabilmektedir. Görünür, yakın kızılötesi ve termal spektrumlarında operasyonel olarak çalışmaktadır. PAN bandının çözünürlüğü 15 m olup, kırmızı-yeşil-mavi bantlar 30 m çözünürlüğündedir. Uydu 2013 yılında yörüngeye oturtulmuş olup, operasyonel ömrünün 10 yıla yakın olması beklenmektedir. Geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmiş görüntüleri pratik bir şekilde sağlamasıyla, Landsat 8 HASSAS Projesi'nin çıktıları olacak uygulama yazılımlarında (HTUY: Hassas Tarım Uygulama Yazılımı) aktif bir şekilde kullanılacaktır. Landsat 8 görüntüleri internet üzerinden ücretsiz olarak indirilebilmektedir.

Projede, 2015 yılına ait 22 görüntü ve 2016 yılının Şubat-Aralık ayları arasında çekilmiş, pilot bölgeyi içeren 16 görüntü ile çalışılmıştır. Şekil 43 ile 2016 yılı görüntüleri gösterilmektedir.

HASSAS Projesi 1. Aşama Sonuç Raporu

		
28 Şubat 2016	31 Mart 2016	16 Nisan 2016
		
2 Mayıs 2016	18 Mayıs 2016	3 Haziran 2016
		
19 Haziran 2016	5 Temmuz 2016	21 Temmuz 2016
		
6 Ağustos 2016	22 Ağustos 2016	7 Eylül 2016
		
23 Eylül 2016	9 Ekim 2016	26 Kasım 2016
		
28 Aralık 2016		

Şekil 43: Pilot Bölgeye Ait Şubat-Haziran 2016 Landsat 8 Görüntüleri (Gerçek Renk)

5.2.3 SPOT-6 ve Azersky (SPOT-7)

SPOT ailesinin son üyeleri olan SPOT-6 ve SPOT-7 uyduları sırasıyla 09.09.2012 ve 20.06.2014 tarihlerinde fırlatılmıştır. SPOT-6/7 görüntüleri 60 km çerçeve genişliğine kadar büyük alan görüntülemesi yapabilmektedir. PAN bandının çözünürlüğü 1.5 metre olup kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızıl ötesi bantları 6'şar metre çözünürlüğe sahiptir. Projede SPOT uydularının seçilme sebebi Göktürk-2'ye benzer çözünürlük ve bantlara sahip olmasıdır. Dolayısıyla her iki uydunun görüntüleri birbirini tamamlayacaktır. SPOT 6 ve 7 uydularının teknik özellikleri Tablo 4 ile sunulmuştur.

Tablo 4: SPOT-6 ve Azersky Teknik Özellikleri

Yörünge	Güneş-senkronize
Süre	98.79 dakika
Devir	26 gün
Yeniden Ziyaret Süresi	<ul style="list-style-type: none"> Eşzamanlı çalışan Spot 6 ve 7 ile 1 gün Tek uydulu operasyonlarda 1-3 gün arası (<i>İlgi alanının enlem değerine bağlı olarak</i>)
Çekim Kapasitesi	Spot 6 ve 7 günlük eşzamanlı çalıştıklarında 6 milyon km ² ye kadar çekim imkânı
Nominal Görüntüleme Modu	Kuzey Güney yönünde 60km'lik çerçeve şeritleri - 600km uzunluğa kadar.
Detektörler	PAN: 28,000 piksel MS: 4 x 7000 piksel
Spektral Bantlar	<ul style="list-style-type: none"> Pankromatik: 0.450-0.745 µm Mavi: 0.450-0.520 µm Yeşil: 0.530-0.590 µm Kırmızı: 0.625-0.695 µm Yakın Kızıl Ötesi: 0.760-0.890 µm 5 bant eşzamanlı çekilmektedir.
Çerçeve	60km (nadir)
Çekim Dinamik Aralığı	12 bit
Cihaz Telemetri Link Hızı	X-bant kanalı - 300 Mbit/s

AZERCOSMOS firmasına SPOT-6/7 uydu görüntüleri için 2015 yılı Mayıs ve Ekim ayları arasındaki dönem için toplam 18 adet görüntü siparişi verilmiştir. Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarına ait 13 görüntü çekimi gerçekleşmiştir. Şekil 44 ile Mayıs ve Ağustos aylarına ait iki görüntü yakın kızılötesi sahte

renk kombinasyonu ile gösterilmiştir. Mayıs ayında hasat edilmemiş olan buğdayların Ağustos'ta hasat edildiği kırmızı renkteki azalma ile gözlemlenebilmektedir. Aynı zamanda Mayıs ayında boş olan pamuk tarlalarının Ağustos ayında gelişmiş oldukları kırmızı renkteki artış ile gözlemlenebilmektedir.



Şekil 44: 4 Mayıs 2015 ve 3 Ağustos 2015 Tarihlerine Ait SPOT 7 Uydu Görüntüleri

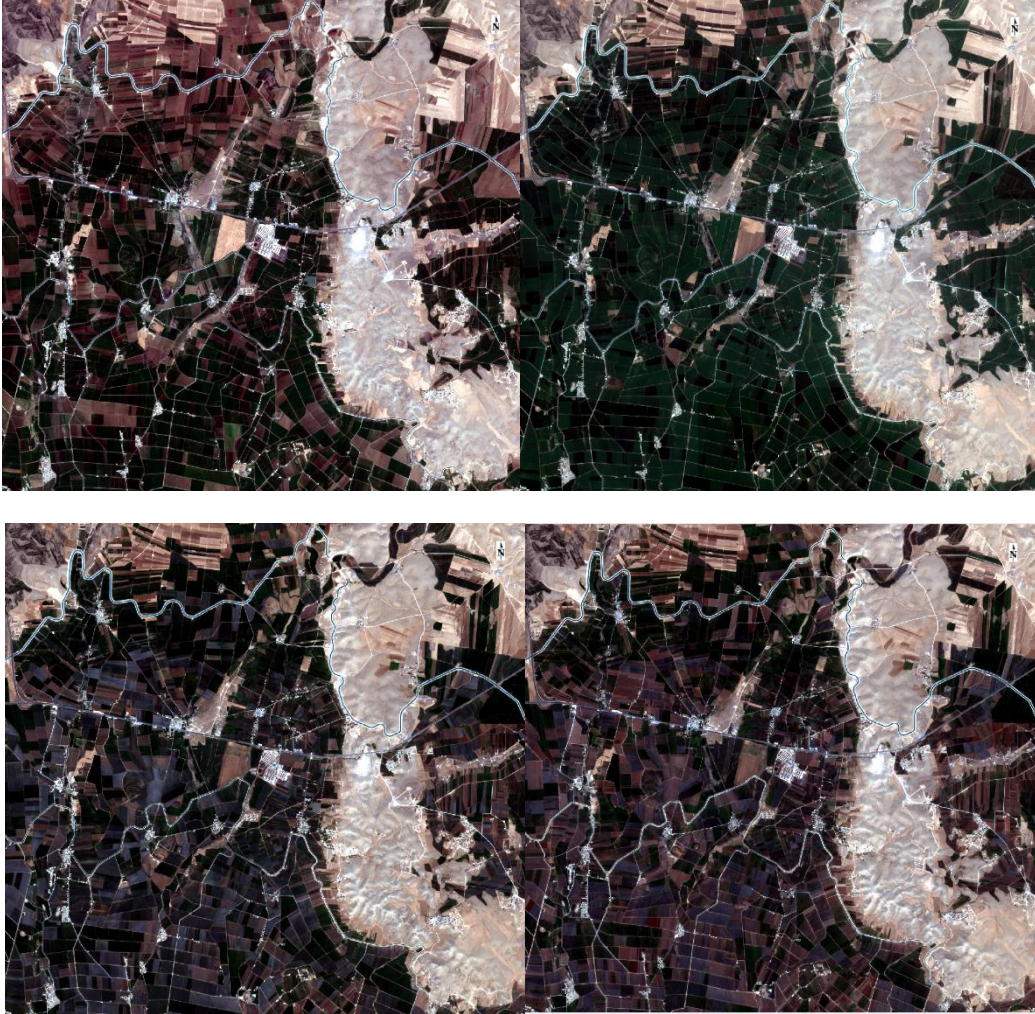
2016 yılı için Mart-Eylül ayları arasında toplam 22 adet SPOT 6 ve SPOT 7 uydu görüntüsü temin edilmiştir. SPOT 6/7 görüntüleri ile yapılan çalışmaların detayları 7. Bölüm Uydu Görüntü Analizi'nde sağlanmaktadır.

5.2.4 Sentinel-2

ESA'nın Copernicus programı kapsamında 2015 ve 2017 yıllarında uzaya gönderdiği ikiz uydular Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydularınının 13 spektral bandı bulunmaktadır. Mavi, kırmızı, yeşil ve yakın kızıl ötesi bantlar 10 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. 4 adet bitkisel kırmızı uç bantları ve 2 adet SWIR bantları 20'şer m çözünürlükte olup ve aerosol, su buharı ve SWIR-bulut bantları da 60 m yersel çözünürlüğe sahiptir. Sentinel-2 görüntüleri USGS'in Earth Explorer adresinden ücretsiz olarak sunulmaya başlanmıştır. Verileri ücretsiz olan uydular arasında en iyi yersel çözünürlük (kırmızı, yeşil, mavi bantlarda) Sentinel-2 tarafından sağlanmaktadır.

Landsat 8 ile birlikte Sentinel-2 görüntülerinin de Hassas Projesi uygulama yazılımlarında aktif ve efektif olarak kullanılacağı öngörülmektedir. 2016 yılına ait proje alanının dâhil olduğu 42 adet Sentinel-2 görüntüsü indirilmiştir. Proje alanı 4 görüntünün kesişim yerinde bulunmaktadır. Bu nedenle görüntüler işlenirken kuzey ve güneydeki aynı tarihli görüntüler öncelikle birleştirilerek işlenmiştir. Kullanılabilecek durumdaki görüntüler ayrılmıştır. Proje alanına ait 21 Ağustos 2016 tarihli Sentinel-2 görüntüsü Şekil 44 ile gösterilmiştir. Şekil 45 ile ise ortak alanları kesilmiş, işlenerek ToA reflektans'a çevrilmiş 2016 yılına ait Sentinel-2 görüntülerinden örnekler verilmektedir. Mısır tarlalarının Temmuz'dan Ağustos'a geçerken geliştiği renklerin kahverenginden yeşile dönmesinden çıkarılabilmektedir. Aynı zamanda 21 Ağustos

tarihli görüntüde çoğu tarlada ekili ürünlerin gelişimini tamamladığı yeşil tonlarının ağırlıklı olmasından anlaşılabilir.

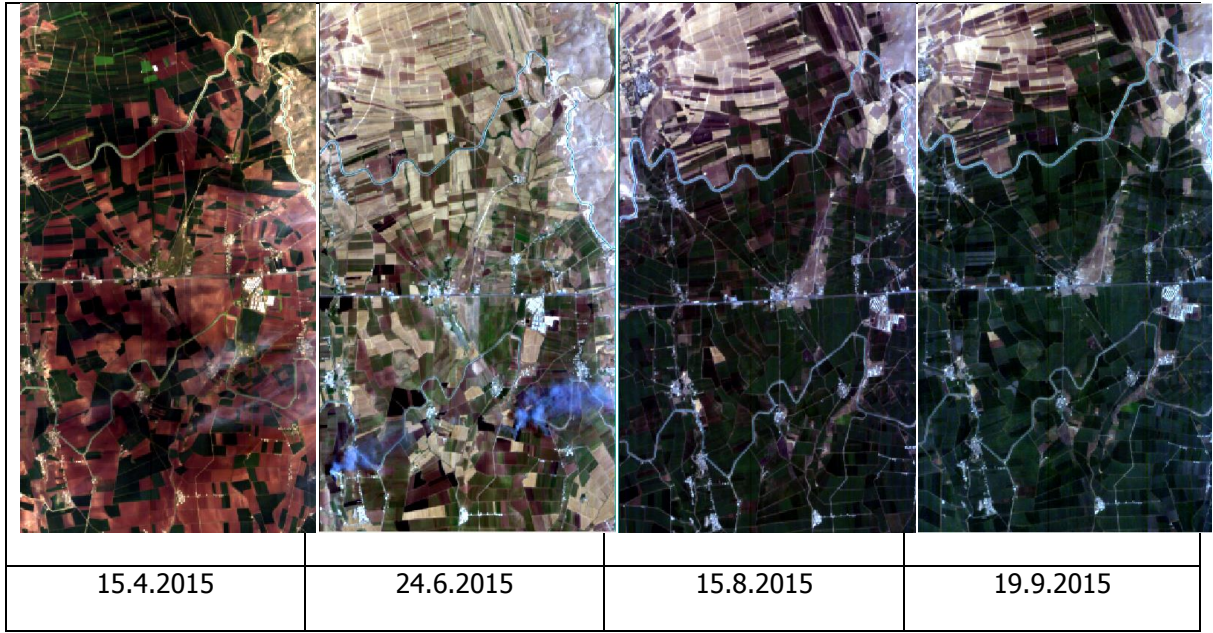


Şekil 45: 2016 Yılına Ait Gerçek Renk Sentinel-2 Görüntüleri (Sol Üst: 22 Temmuz, Sağ Üst: 21 Ağustos, Sol Alt: 30 Eylül, Sağ Alt: 10 Ekim)

5.2.5 EO-1 Hyperion

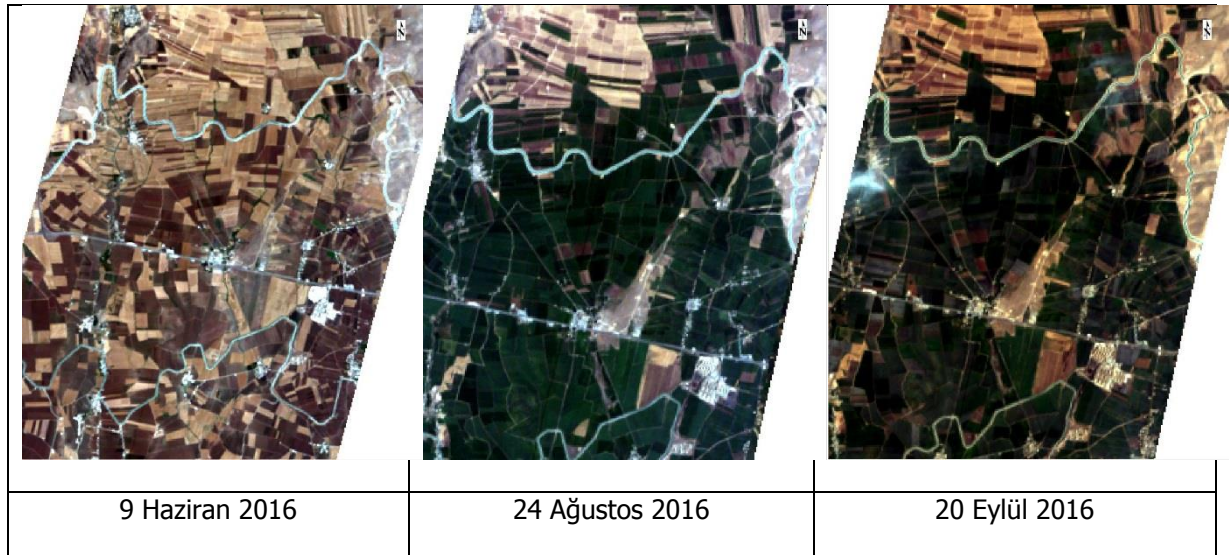
Hyperion, EO-1 uydusu üzerindeki hiperspektral algılayıcıdır. Aynı uydu üzerinde Landsat 7'ye benzeyen 10 bantlı ALI (Advanced Land Imager) algılayıcısı da bulunmaktadır. EO-1 2000 yılında uzaya gönderilen bir teknoloji gösterim uydusudur. Tasarım ömrü 5 yıl olmasına rağmen görevini 2017 yılına kadar 16 yıl boyunca devam ettirmiştir.

2015 yılı içerisinde Nisan, Mayıs, Haziran, Ağustos ve Eylül aylarında toplam 13 görüntü çekilmesi sağlanmıştır. Nisan, Haziran, Ağustos ve Eylül aylarına ait 4 Hyperion görüntüsü Şekil 46 ile gösterilmiştir.



Şekil 46: 2015 Yılı Nisan, Haziran, Ağustos ve Eylül Aylarında Çekilmiş Örnek Hyperion Görüntüleri

2016 yılı Mart ayının sonlarında uydu ile ilgili yaşanan teknik sıkıntı nedeniyle Nisan ayı sonlarına kadar hiçbir görüntü çekimi yapılamamıştır. Mayıs ayında ise tekrar görüntü alımı başlamış olmasına rağmen pilot bölge alanına ait herhangi bir görüntü çekimi olamamıştır. Uydudaki sorunun çözülmesinin ardından 6 görüntü çekilebilmiştir. Haziran, Ağustos ve Eylül aylarına ait örnek görüntüler Şekil 47 ile gösterilmiştir.



Şekil 47: 2016 Yılı Örnek Hyperion Görüntüleri

5.2.6 RapidEye

RapidEye şirketi 29 Ağustos 2008'de özellikle kıvılcık ötesi bantta hassas küresel gözlemler yapabilen birbirinin aynısı beş adet gözlem uydusunu yörüngelerine göndermiştir. Aynı yörüngeye sahip olan beş gözlem uydusu yeryüzündeki herhangi bir noktayı bir gün arayla görüntüleyebilmektedir.

RapidEye uyduları ticari uydular arasında "kırmızı sınırı" (Red Edge) bandında sensöre sahip ilk uydulardır. Kırmızı sınırı bandı 690-730 nm dalga boylarında klorofil yoğunluğunu hassas şekilde görebildiği için bitki örtüsü araştırmalarında önemli bilgiler sunmaktadır. Şirket bu bilgileri kullanarak tarımsal sigortacılık alanında faaliyet yürüten bankalara ve diğer şirketlere önemli bilgiler sağlamaktadır.

Proje bölgesine ait bir adet RapidEye uydu görüntüsü 6 Ağustos 2015 tarihinde çekilmiştir (Şekil 48). Görüntüye ait detaylar Şekil 49 ile gösterilmiştir.



Şekil 48: Proje Alanına Ait 6 Ağustos 2015 Tarihli RapidEye Uydu Görüntüsü



Şekil 49: RapidEye Uydusu - Proje Alanına Ait Detaylar

5.2.7 SAR Görüntüleri

SAR görüntülerinin elektro-optik görüntülere tercih edileceği durumlar oluşabilmektedir. Bu durumlara örnek olarak aşağıdaki maddeler sıralanabilir:

- Hava şartları EO görüntüleme için uygun olmadığında (bulut, yağmur vb.) görüntüleme ihtiyacı
- Gece görüntüleme ihtiyacı
- Kamufraj vb. önlemleri aşmak için
- Radar sinyalinin saçılım özelliğinin kullanıldığı durumlar (ör: yıkık bina tespiti, pirinç bitkisinin saçılım karakteristiği)
- Yüksek konum hassasiyeti gerektiğinde (sensör-hedef mesafesinin çok hassas olması)
- Hassas sayısal yükseklik modeli için

SAR sensörü aktif bir görüntüleme sistemi (kendi aydınlatması olan) olarak yukarıda sayılan avantajları sunmaktadır.


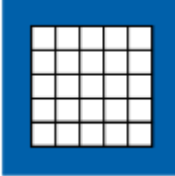

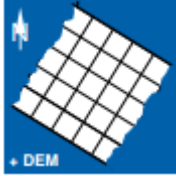
5.2.7.1 TERRASAR-X

TerraSAR-X uydusu sahip olduğu Sentetik Açıklıklı Radarı (SAR) ile X-bandında (9,6 GHz, 33 mm dalga boyu) gözlem yapmaktadır. Radarla görüntüleme optik görüntülemekten farklı olarak gündüz/gece ve atmosfer durumundan etkilenmemektedir. TerraSAR-X Alman Havacılık ve Uzay Merkezi (DLR) kontratı ile Astrium şirketi tarafından üretilip 15 Haziran 2007’de yörüngeye oturtulmuştur. Görev amacı bilimsel araştırma ve uygulamalarda kullanılacak, yeryüzünün sayısal yükseklik modelini (SYM) oluşturacak yüksek kaliteli görüntüler elde etmektir. Üç çeşit görüntüleme modu bulunan TerraSAR-X 1-18 m arasında yer çözünürlüğüne sahip radar görüntüleri elde edebilmektedir.

2015 yılı içerisinde Ağustos ve Eylül ayları arasında toplam üç görüntü alımı yapılması planlanmıştır. Ancak hava koşulları nedeniyle uçuşların iptal edilmesine bağlı olarak Eylül ayında gerçekleşmesi planlanan son çekim iptal edilmiştir. Tablo 5 ile TerraSAR-X uydusunun farklı çekim modları ve Şekil 50 ile farklı işleme seviyeleri gösterilmektedir. Çekim modu tüm proje alanını kapsayacak şekilde, SL-Spotlight modu seçilmiş ve çözünürlüğü 1.3 m olan görüntüler çekilmesi sağlanmıştır. Görüntü işleme seviyesi olarak EEC - Enhanced Ellipsoid Corrected seçilmiş, görüntülerin referans noktalar ve DEM kullanılarak en yüksek düzeyde işlenmiş ve geometrik olarak düzeltilmiş hâli teslim alınmıştır. Görüntüler çözünürlüğün en yüksek seviyede elde edilmesi için tek polarizasyon kanalına (HH) sahip olacak şekilde alınmıştır. Bu nedenle görüntüler sadece tek renk tonları ile (bu örnekte siyah-beyaz) renklendirilebilmektedir.

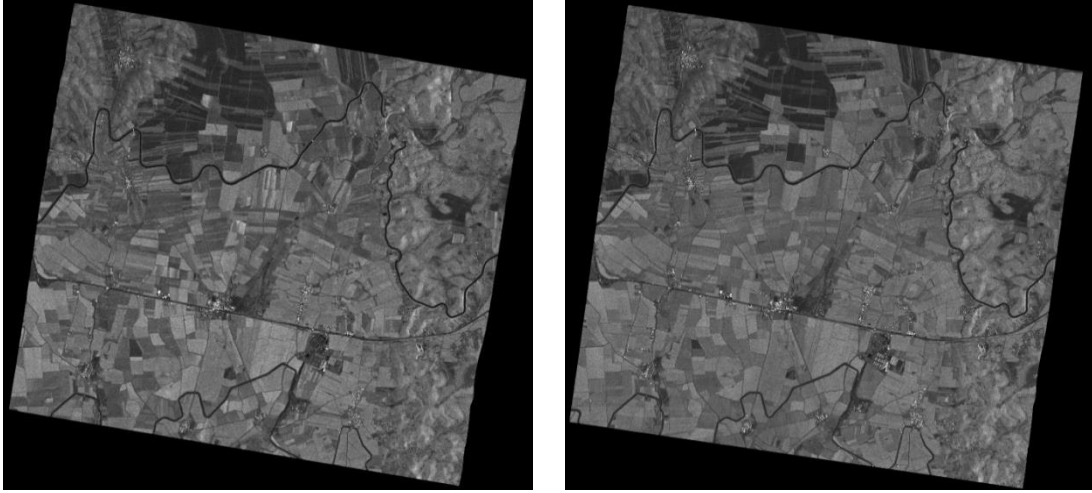
Tablo 5: TerraSAR-X Farklı Çekim Modları Teknik Özellikleri

Çekim Modu	Çekim Alanı	Yer Çözünürlüğü
Staring SpotLight (ST)	4 x 3.7 km	Up to 0.25 m
High Resolution Spotlight (HS)	10 x 5 km	Up to 1 m
Spotlight (SL)	10 x 10 km	Up to 2 m
StripMap (SM)	30 x 50 km	Up to 3 m
ScanSAR (SC)	100 x 150 km	Up to 18.5 m
Wide ScanSAR (WS)	Up to 270 x 200 km	Up to 40 m

			
SSC – Single Look Slant range Complex	MGD - Multi look Ground range Detected	GEC - Geocoded Ellipsoid Corrected	EEC - Enhanced Ellipsoid Corrected

Şekil 50: TerraSAR-X Görüntülerinin İşleme Seviyeleri

9 Ağustos 2015 ve 6 Eylül 2015 olmak üzere iki TerraSAR-X görüntü alımı yapılmıştır. Şekil 51 bu görüntüleri göstermektedir.



Şekil 51: 09.08.2015 ve 06.09.2015 Tarihli Proje Bölgesine Ait TerraSAR-X Görüntüleri

TerraSAR-X ticari bir uydudur ancak görüntüleri bilimsel araştırma projelerinde kullanılmak üzere bilimsel lisanslarla (ticari olarak dağıtımı yasaktır) düşük maliyetlerle tedarik edilebilmektedir. 2016 yılı içerisinde proje kapsamında algoritma geliştirme faaliyetlerinde kullanılmak amacıyla bir bilimsel proje teklifi hazırlanmış ve Alman Uzay Ajansı'na (DLR) sunulmuştur. DLR tarafından kabul edilen proje önerisi ile 8 adet TerraSAR-X görüntüsü teslim alınmıştır. Görüntülerin özellikleri Tablo 6 ile sunulmaktadır.

Tablo 6: Tedarik Edilen TerraSAR-X Görüntülerinin Özellikleri

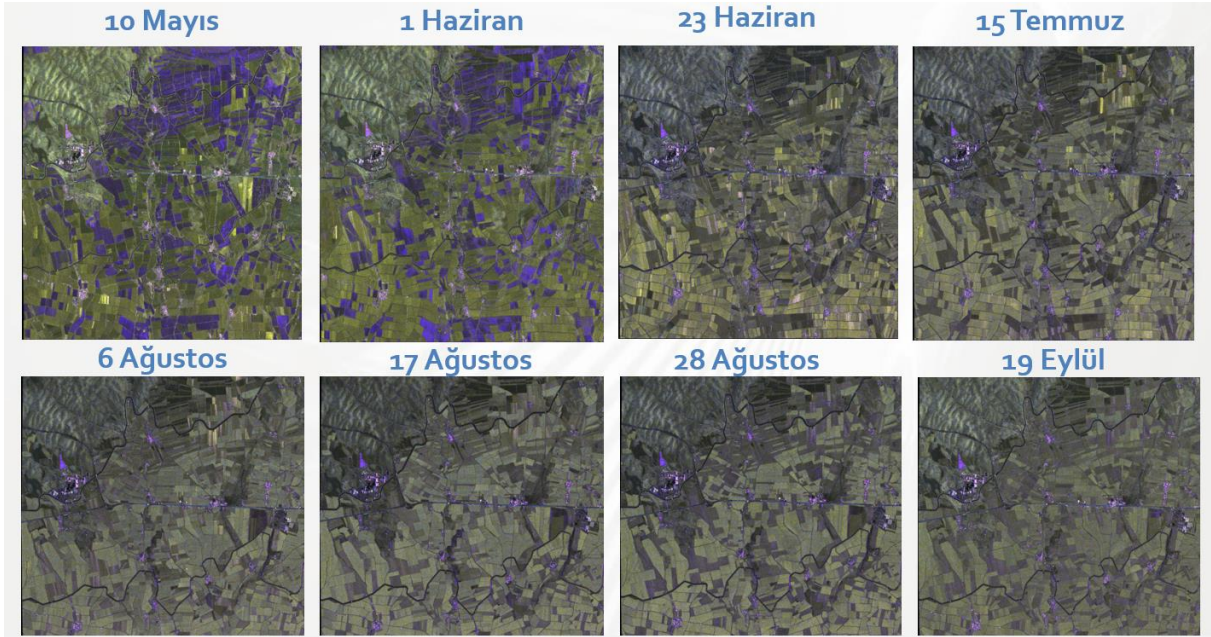
Çekim Modu	Spotlight
Mekânsal Çözünürlük (Azimut Yönü)	~3.5 m
Mekânsal Çözünürlük (Uçuş Yönü)	~3 m
Polarizasyon	HH ve VV
Ürün İşleme Seviyesi	Çok Bakışlı Yersel (MGD)
Görüntü Alanı	~10 km x 10 km
Çekim Açısı	~40.4 derece

10 Mayıs tarihli TerraSAR-X görüntüsünün HH ve VV polarizasyon kanalları birleştirilerek oluşturulan renkli görüntü Şekil 52 ile gösterilmektedir. HH-pol kanalı bitkilerin yatay yöndeki yapısı ile ilgili daha çok bilgi taşırken, VV-pol kanalı bitkilerin dikey yöndeki yapısı ile ilgili daha çok bilgi taşımaktadır. HH-pol sinyaller VV-pol sinyallere göre bitki kanopisini daha çok penetre edebilmekte ve alttaki yüzeyle daha fazla etkileşmektedir. 2016 yılı TerraSAR-X görüntülerinin HH ve VV polarizasyonlu kanalları birleştirilerek oluşturulan görüntüler Şekil 53 ile gösterilmiştir. Görüntüler eğer tek polarizasyonlu olsaydı sadece tek renk tonu üzerinden görselleştirilebilecekken, çok polarizasyonlu görüntülerin görselleştirilmesi için farklı renkler kullanılabilir. Şekil 54 ise çok zamanlı görüntülerin tarımsal alan sınıflandırmadaki

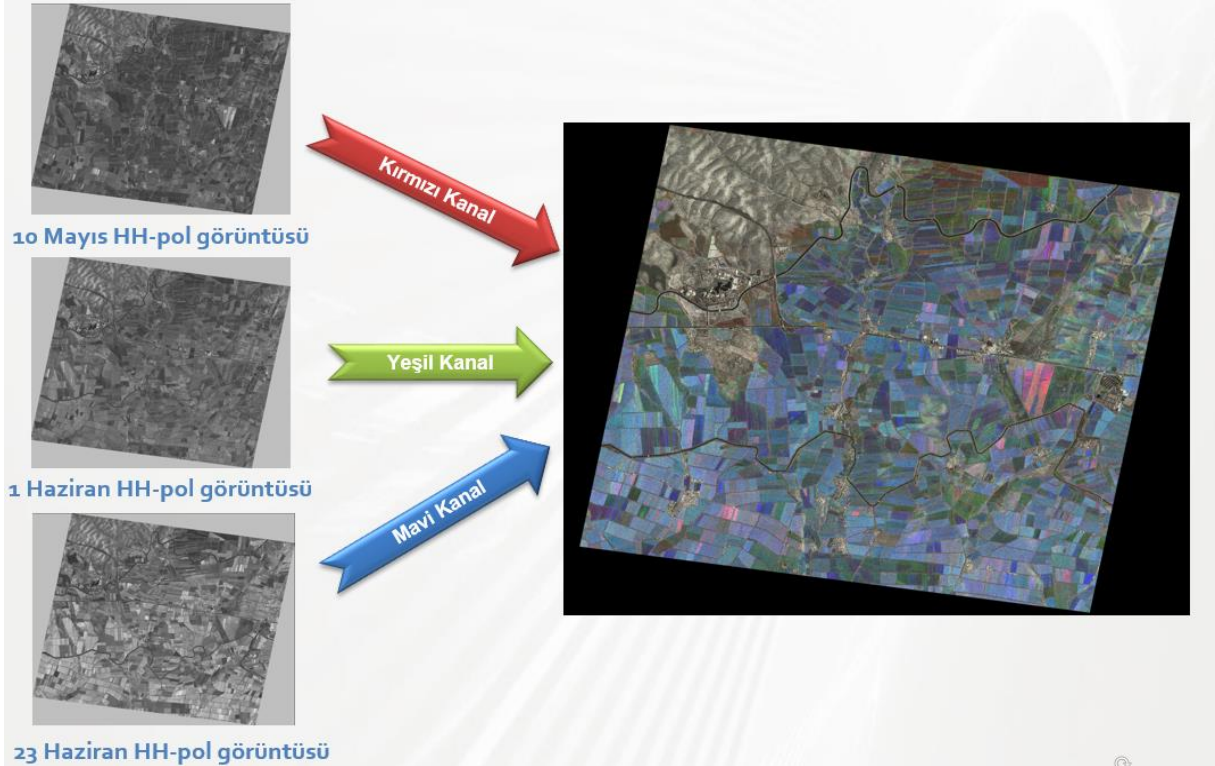
potansiyelini göstermektedir. 10 Mayıs görüntüsünün HH-polarize kanalı kırmızı, 1 Haziran görüntüsünün HH-polarize kanalı yeşil ve 23 Haziran görüntüsünün HH-polarize kanalı mavi gösterilerek oluşturulan kompozit görüntüde dikkat çeken nokta; tarladan tarlaya renklerdeki farklılıkların yüksek olmasıdır. Bu durum tarım ürünü sınıflandırmada daha yüksek başarımların sağlanabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 52: Polarizasyon Kanallarının Birleştirilmesi



Şekil 53: 2016 Yılı TerraSAR-X Kompozit Görüntüleri



Şekil 54: Çok Zamanlı Görüntülerin Renkli Gösterilmesi

5.2.7.2 SENTİNEL-1

Sentinel-1, Sentinel-1A ve Sentinel-1B ikiz uydularından oluşan; Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) Copernicus programı kapsamında 3 Nisan 2014 ve 25 Nisan 2016 tarihlerinde yörüngeye gönderdiği, C-bant radar uzaktan algılama uydusudur. Sentinel-1 görüntüleri deniz ulaşım gözlemleri, kutup bölgelerinin ve buzulların izlenmesi, karasal bölgelerdeki kayma risklerinin analizi, orman, su ve toprak gözlemleri için kullanılabilir. Sentinel-1 görüntüleri için kullanılabilir.

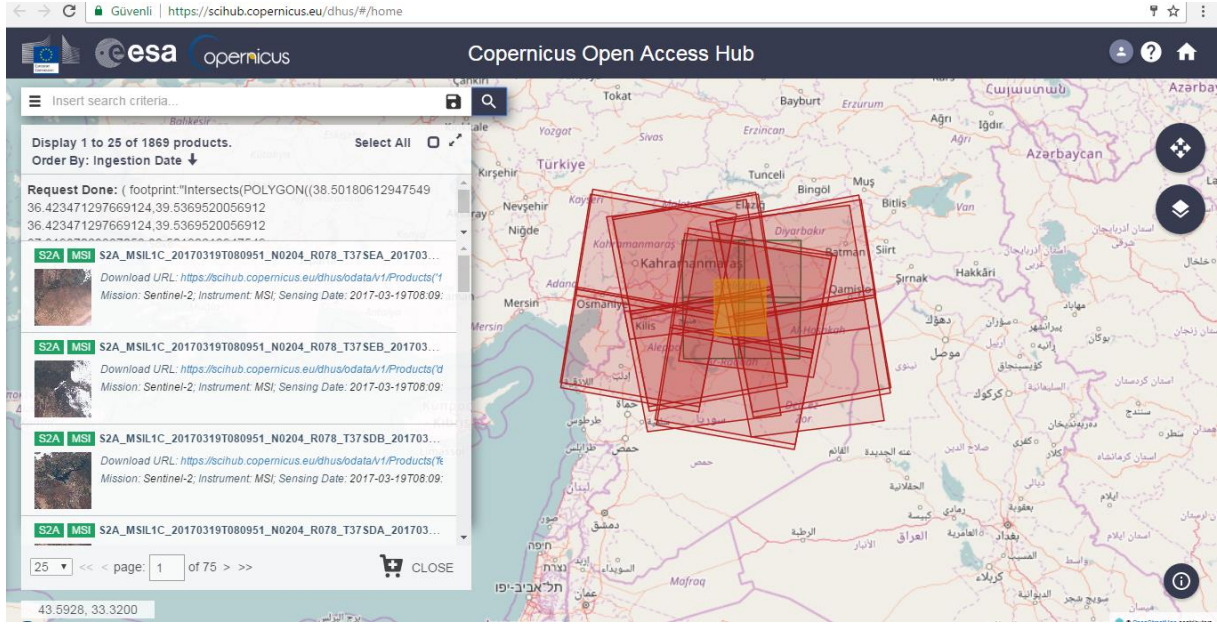
5.2.7.3 Sentinel-1 Verilerinin Özellikleri ve Temin Edilmesi

Sentinel-1 uydusunun verileri tüm kullanıcılar ile ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. Çekildikten sonra 24 saat içinde arşiv veri olarak hazır olmaktadır. SAR Level-0, Level-1 SLC (Single Look Complex), Level-1 GRD (Ground Range Detected), ve Level-2 OCN ürün seviyelerinde paylaşılmaktadır.

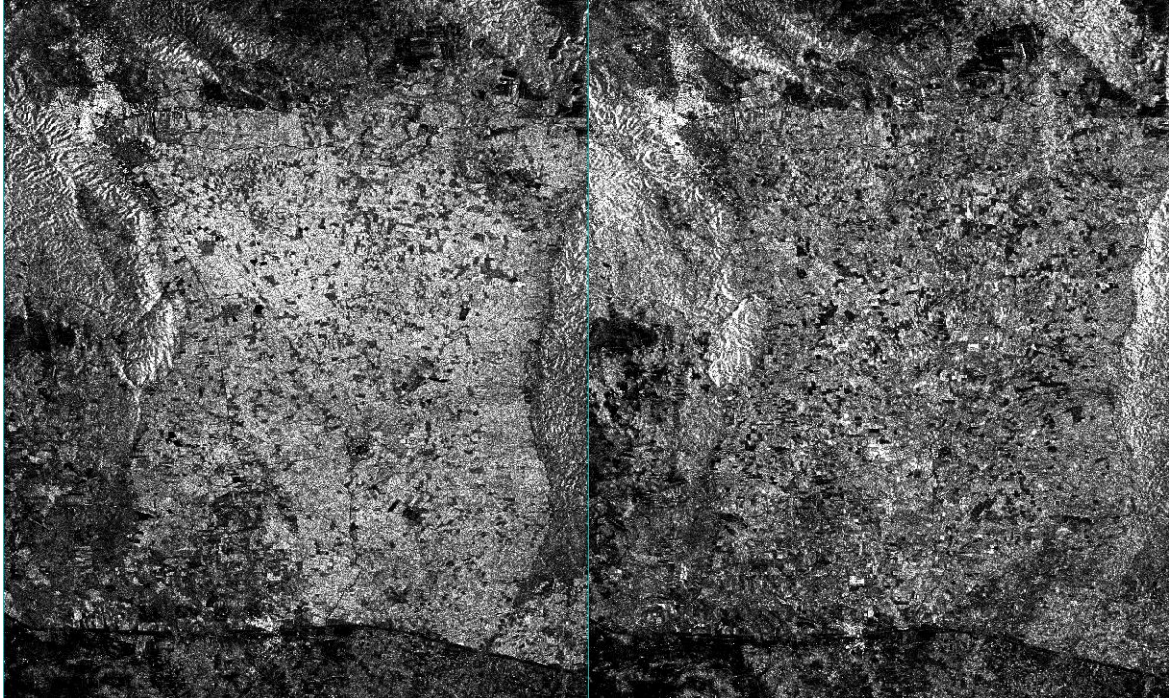
Sentinel-1 uydu görüntüleri, ESA (European Space Agency) tarafından sunulan web bazlı Copernicus Open Access Hub sisteminden indirilebilmektedir (Şekil 55). Aynı bölgenin 3-4 gün aralıklarla alınmış görüntülerine ulaşılabilir. Landsat 8 ve Sentinel-2 ile birlikte bir SAR uydusu olan Sentinel-1 görüntülerinin de uygulama yazılımlarında aktif ve efektif olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Bulutlu hava koşulları sebebiyle elektro-optik Landsat 8 ve Sentinel-2 uydularından görüntü alınamadığı durumlarda Sentinel-1 bu açığı kapayabilecektir. Sentinel-1 uydusu ile gerçekleştirilen çalışmaların detayları 7. Bölüm Uydu Görüntü Analizi'nde verilmektedir. Şekil 56, 4 Temmuz 2015 ve 16 Ağustos

HASSAS Projesi 1. Aşama Sonuç Raporu

2016 tarihlerinde çekilmiş, tüm Harran Ovası'nı kapsayan Sentinel-1 görüntülerinin VV-polarize kanallarını göstermektedir.



Şekil 55: Sentinel-1 Copernicus Open Access Görüntü İndirme Ekranı



Şekil 56: 2015 ve 2016 Yılına Ait Tüm Harran Ovası'nı Kapsayan Birer Sentinel-1 Görüntüsü (VV-Polarize Kanallar)

5.3 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN İŞLENMESİ

Uzaktan algılama görüntüleri yapılarında sistematik ya da rastlantısal hatalar barındırırlar. Bu nedenle uygulamada kullanılabilmesi için bir takım düzeltmelerin yapılması gerekir. Bu düzeltme işlemleri çoğu zaman "ön işleme" olarak da adlandırılır. Çünkü bu işlemler daha sonraki adımlarda görüntülerden özel bilgiler elde etmek için yapılan işleme ve analiz işlerinden daha önce yapılır. Ön işlemler, görüntüyü belirli bir koordinat sistemine oturtmaya yarayan "geometrik düzeltme" ve algılanan görüntüde objeyi temsil etmeyen yansımaların giderilmesini amaçlayan "radyometrik düzeltme" adımlarını içerir.

5.3.1 Radyometrik Kalibrasyon ve Düzeltme

Uydular yer yüzeyinde meydana gelen yansımaya, sensörlerin üzerine düşen fotonların oluşturduğu elektriksel akımı analog-dijital dönüşümü ile sayısal görüntülere dönüştürmektedirler.

Bilimsel çalışmalarda ise dijital görüntülerin radyans değerlerinin, daha sonra gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra reflektans değerlerinin (yansıtma oranının) belirlenmesi önemlidir.

Görüntüden okunan sayısal değerler ToA (Top of Atmosphere) değerlerine dönüştürülür. Kazanç ve ofset değerleri her bant için farklı olabileceği gibi algılayıcı için ortak bir değere sahip olabilir.

Reflektans bir nesneye gelen fotonların ne kadarını yansıttığını belirleyen orandır, birimi yoktur. Radyans değeri güneşin dünyaya uzaklığı ve açısı kullanılarak hesaplanır.

5.3.2 Atmosferik Düzeltme

Günlük Atmosfer etkilerinin ortadan kaldırılması için radyometrik kalibrasyon ve düzeltme işleminden sonra uygulanan bir işlem adımıdır. CBS yazılımlarında genellikle bu yetenek yer almaktadır.

5.3.3 Jeoreferanslama

Jeoreferanslama, görüntü için koordinat bilgisi üretme işlemi, uydu parametreleri ile (yönelim ve yörünge bilgisi) gerçekleştirilebilmektedir. Çok ileri seviyede elektronik ekipmanlara sahip olmayan uydularda bu hassasiyet düşük olabilmektedir (Avrupa ve Uzakdoğu uyduları). Konumlama hassasiyetini artırmak için el ile YKN (Yer Kontrol Noktaları) toplanmalı ve bunlar ile görüntülerin konumlaması yapılmalıdır. El ile YKN toplamak her zaman mümkün değildir, bu durumda daha önce konumlaması yapılmış bir başka uydu görüntüsü kullanılabilir.

Proje kapsamında uydu görüntülerinin ve hava fotoğraflarının geometrik doğruluğunun ölçülmesi için referans olarak kullanılmak üzere Harita Genel Komutanlığı'ndan pilot bölgenin ortogörüntüsü satın alınmıştır. Ortogörüntünün uzamsal (yersel) çözünürlüğü 45 santimetre olup, geometrik doğruluğu 2 metreden daha iyidir. Şekil 57 ile ortogörüntü gösterilmiştir.



Şekil 57: Pilot Bölgenin Ortogörüntüsü

Atmosferik düzeltmesi yapılmış Spot 6, Spot 7 ve RapidEye görüntülerinin yer koordinat sistemine çevrilmesi gereklidir. Bu uyduların görüntüleri referans ortogörüntü ile kontrol edilmiştir. Görüntülerin yeterli seviyede coğrafi konumlama doğruluğuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. SPOT 6 görüntüsü için su kanalı ve tarla sınırlarındaki kırılmaların çok düşük olduğu Şekil 58 ile görülebilmektedir.



Şekil 58: Ortogörüntü ve 18.08.2015 Tarihli SPOT 6 Görüntüsü

Aynı coğrafi koordinatlandırma doğruluk oranının RapidEye görüntüsünde de olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 59).

Ortofoto



02.08.2015 tarihli
RapidEye görüntüsü

Şekil 59: Ortogörüntü ve RapidEye Görüntüsü

6 DANIŞMANLIK FAALİYETLERİ

6.1 GİRİŞ

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında alınan danışmanlık hizmetleri hakkında bilgiler sağlanmıştır. Harran Üniversitesi'nden buğday, mısır ve pamuk bitkilerinde haftalık spektra ölçümlenmesi ile haftalık fenolojik ve morfolojik ölçümler konusunda 01/06/2015 - 01/06/2016 tarihlerini kapsayacak şekilde danışmanlık hizmeti alınmıştır.

6.2 BUĞDAY, MISIR VE PAMUK ÜRÜNLERİNİN HAFTALIK SPEKTRAL ÖLÇÜMLENMESİ DANIŞMANLIK HİZMETLERİ

Proje kapsamında Pamuk ve Mısır bitkilerine ait spektral yansımaları ASD portatif spektrometre ve FieldSpec 3 fiber optik spektrometre kullanılarak hem yaprak hem de canopy ölçümleri olacak şekilde toplanmıştır. Pamuk spektral ölçümlerine 16.06.2015 tarihi itibari ile başlanmıştır. Pamuk bitkisinin yanı sıra Mısır bitkisi spektral ölçümlerine de 08.08.2015 tarihinde başlanarak her iki bitkideki spektral ölçümlere devam edilmiştir.

6.2.1 1 Haziran – 1 Eylül, 2015 Döneminde Gerçekleşen Çalışmalar

İlk üç aylık dönemde gerçekleşen faaliyetler Tablo 7 ile verilmiştir. Ölçümler 45-50 derece eğimde, güneş tepedeyken, bulutsuz açık ve güneşli hava koşullarında (ortalama 10:00 ile 11:00 arası) güneşin geldiği istikamete ters, yapraktan ve geneli kapsayacak şekilde yaklaşık 0.5 metre yükseklikten (toprak + bitki yansıması) canopy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Spektral ölçümlerde her bir yansıma 10 farklı yansımanın ortalaması olacak şekilde, 50-1100 nm spektral aralığında elde edilmiştir. Spektrometrenin kalibrasyonu için referans spektralon (White spectralon) panel kullanılmıştır. Yansımaların elde edilmesi için spektrometre ile öncelikle spektralon panelin üzerinde okuma yapılmıştır, daha sonra sensör hedefin üzerine (bitki ve kanopi) getirilerek yansımalar toplanmıştır. % yansıma hedeften gelen yansımanın referans spektralon panelden gelen yansımayla orantılanmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen yansımalar ham yansıma ve txt formunda depolanmıştır.

FieldSpec 3 Plant Probe & Canopy ölçümleri için ise bitkilere ait yapraktan gelen yansımalar plant probe vasıtasıyla 350-2500 nm aralığında her bir bitkiden 5 tekerrürlü olarak toplanmıştır. Kalibrasyon için plant probe da yer alan white spectralon kullanılmıştır. Spektral ölçümler ayrıyeten Plant probeda yer alan siyah zemin kullanılarak da kaydedilmiştir. Canopyden Spektral ölçümler ise 8 derecelik bir FOV (field of view) a sahip mercekle ve fiber optik kablunun takılı olduğu pistol grip vasıtasıyla toplanmıştır, kalibrasyon için white spectralon yerine Tyvek adı verilen beyaz yüzey kullanılmıştır.

Tablo 7 Yürütülen Çalışmalar ve Ziyaretler

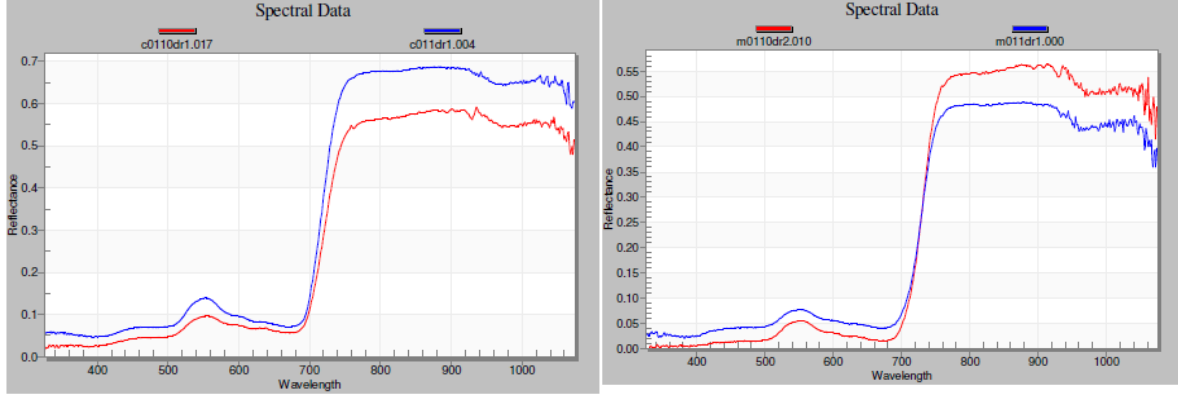
20.05.2015	İTÜ UHUZAM ziyaret, Spektral ölçümler için ASD portatif spektrometrenin ödünç alınması
08.06.2015	Harran Üniversitesi (HRÜ) ekibi ile birlikte Çullap Sulama Birliği Ziyaret Pamuk örnekleme noktalarının belirlenmesi
15.06.2015	HRÜ ekip ile birlikte Arazi çalışmaları – Pamuk örnekleme yerleri belirleme
16.06.2015 17.06.2015	Pamuk yaprak ve canopy spektral ölçümler
03.07.2015	Pamuk yaprak ve canopy spektral ölçümler
13.07.2015 14.07.2015	Pamuk yaprak ve canopy spektral ölçümler
24.07.2015	Pamuk yaprak ve canopy spektral ölçümler
28.07.2015	Pamuk yaprak ve canopy spektral ölçümler
07.08.2015 08.08.2015	Havelsan Ekibi Ziyaret Tübitak-Uzay ekibi ziyaret arazi çalışmaları Mısır örnekleme yerlerinin belirlenmesi Pamuk ve Mısır yaprak ve canopy Spektral Ölçümler Mısır bitkisi sulunan sulanmayan bitkiler spektral okumalar
12.08.2015	Pamuk ve Mısır yaprak ve canopy Spektral Ölçümler
26.08.2015	İstanbul-İTÜ UHUZAM ziyaret, ASD portatif spektrometrenin teslimi Fakülteye ait FieldSpec 3 nin alınması
05.09.2015	Tubitak-Uzay ekibi ziyareti Tyvek – Spectralon (25x25) referans ölçüm kıyaslamaları Pamuk ve Mısır Bitkilerinden FieldSpec 3 Plant Probe ve Pistol Grip ile canopy spektral ölçümleri
12.09.2015	Pamuk ve Mısır Bitkilerinden FieldSpec 3 Plant Probe ve Pistol Grip ile canopy spektral ölçümleri
15.09.2015	Ankara- Tubitak –Uzay ekibi ile Ankara Haymana arazi çalışmaları



Şekil 60: ASD Portatif Spektroyometre Ölçümleri (Spectralon Kalibrasyon, Pamuk ve Mısırdaki 10 Derece Canopy Ölçümleri ve 1 Derece Yaprak Ölçümleri)



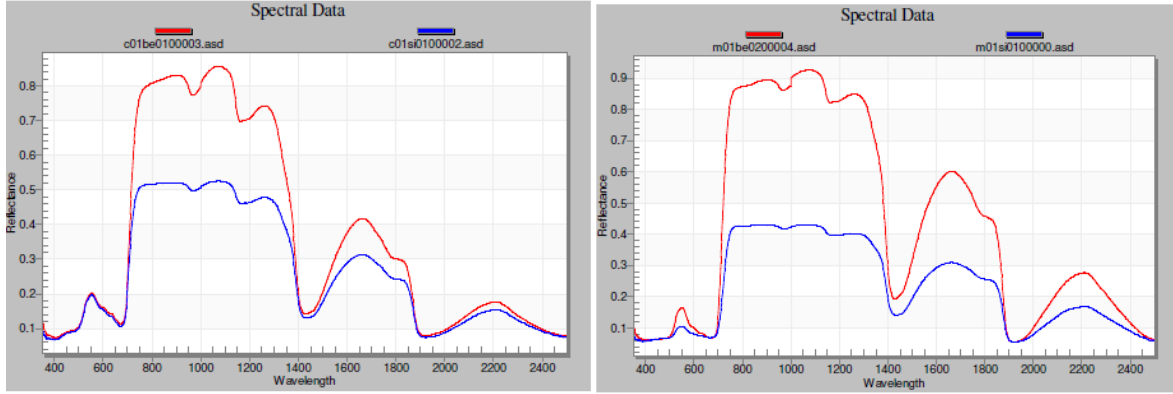
Şekil 61: ASD FieldSpec 3 Spektral Ölçümler (Plant Probe Pamuk, Plant Probe Mısır, Pistol Grip Pamuk Canopy, Tyvek Calibration, Spectralon (25 X 25 cm) Calibration)



Pamuk 1° (c011dr) ve 10° (c0110dr)

Mısır 1° (m011dr) ve 10° (m0110dr)

Şekil 62: ASD Portatif Spektrometre Okumaları (1 derece yapraktan ve 10 derece canopy'den)



Plant Probe Pamuk (Beyaz-Siyah)

Plant Probe Mısır (Beyaz-Siyah)

Şekil 63: FieldSpec 3 Plant Probe Mısır ve Pamuk Okumaları

6.2.1.1 Çalışma Süresince Alınan Notlar

- Sulama öncesi ve sulama sonrası bitkilerdeki renk değişiminden dolayı spektral ölçümler farklılıklar gösterebilir.
- Plant probe ya da canopy ölçümleri tercihi, hangisinin amaca daha iyi hizmet edebileceğinin belirlenmesi gerekir.
- Plant probe ölçümlerinde siyah ya da beyaz zemin okumalarındaki farklılık ve hangisinin tercih edileceği belirlenmeli.
- Örnekleme yapılacak arazi sayıları yeterli oranın belirlenmesi gerekir.
- Devamlı olarak araziden aynı noktadan mı ölçümler yapılmalı, arazinin temsiliyeti açısından kararlaştırılmalı.

6.2.2 1 Eylül – 1 Aralık, 2015 Döneminde Gerçekleşen Çalışmalar

- Literatür çalışmaları

- Pamuk ve Mısır bitkisi için spektrometre ile 10° canopy yansımalarının ayrıca pamuk ve mısır için plant probe ile elde edilen yansımaların ön işlemlerinin tamamlanması (ortalamalarının alınması, ".txt" dosyası haline dönüştürülmesi vs.),
- Yansımalarından farklı indekslerin (NDVI, RDVI, MSR vs.) hesaplanması,
- Elde edilen indeksler ile mısır ve pamuk bitkisi için yaprak alan indeksi (LAI) ile ilişkilendirilmesi,
- Canopy ölçümleri ile plant probe ölçümlerinin NDVI ve LAI ilişkileri açısından kıyaslanması ve sonuçların değerlendirilmesi,
- Buğday spektral ölçümleri için yer belirlenmesi ve spektra okumalarına başlanması.

6.2.2.1 Metodoloji

NDVI indekslerinin belirlenmesinde Rouse ve ark. (1994) tarafından kullanılan formül uygulanmıştır, buna göre aşağıda verilen eşitliklere göre 800 nm ve 670 nm deki yansıma değerleri kullanılarak her bir bitki için NDVI değerleri elde edilmiştir;

$$NDVI = (R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670})$$

Aynı şekilde NDVI indeksine kıyasla bitkisel parametrelere daha hassas olduğu iddia edilen RDVI (Renormalized Difference Vegetation Index) ve MSR (Modified Simple Ratio) gibi parametrelerde aşağıdaki eşitlikler kullanarak elde edilmiş (Haboudane ve ark. 2004) ve LAI ile ilişkilendirilmiştir;

$$RDVI = (R_{800} - R_{670}) / \sqrt{(R_{800} + R_{670})}$$

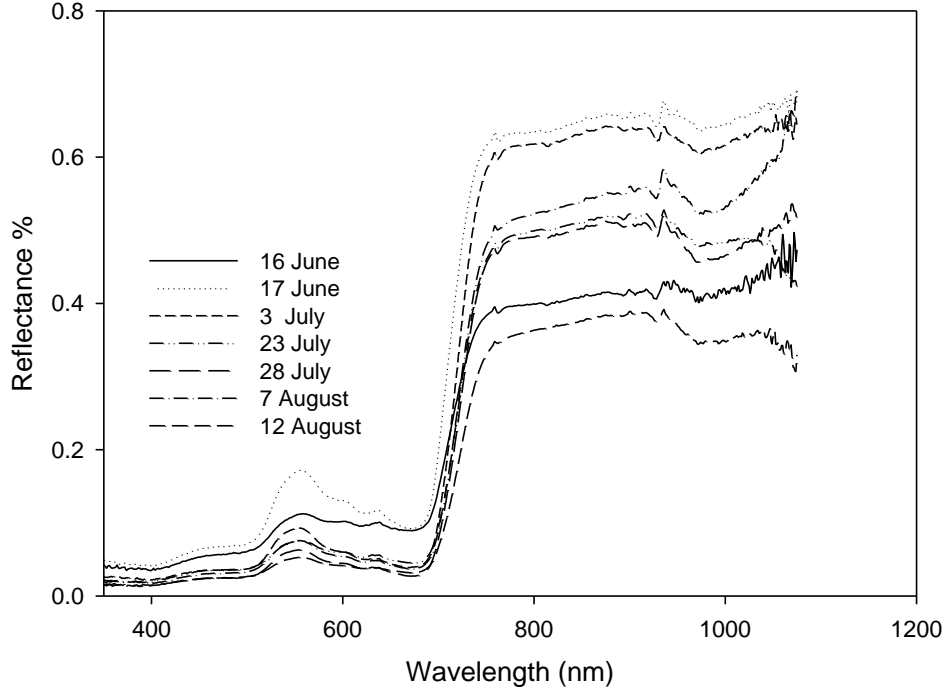
$$MSR = \left(\frac{R_{800}}{R_{670}} - 1 \right) / \sqrt{\left(\frac{R_{800}}{R_{670}} + 1 \right)}$$

6.2.2.2 Sonuçlar

6.2.2.2.1 Pamuk ve Mısır Bitkisine Ait Spektral Yansımaların Zamansal Değişimi

Aşağıda çalışma alanında yer alan farklı arazi sınıfından seçilen (C01 ve C02 IV. sınıf arazi; C06, C08, C09, C10 ve C11 ise II. sınıf arazi) pamuk bitkilerine ait 325 ile 1100 nm aralığındaki ortalama spektral yansımalarının zamana bağlı değişimleri verilmektedir. Genel olarak spektral yansımalar incelendiğinde zamanla bitkideki klorofil oranı arttıkça "red edge" (710-720 nm) kısmının uzun dalga boylarına doğru hareket ettiği gözlemlenmektedir. 650 nm civarındaki absorban bölgesinde etkisini daha fazla artırdığından yansımalar azalış göstermektedir. Buna bağlı olarak bitki gelişim sezonu süresince zamanla NDVI seviyelerinde de bitkisel duruma bağlı olarak artış görülmektedir.

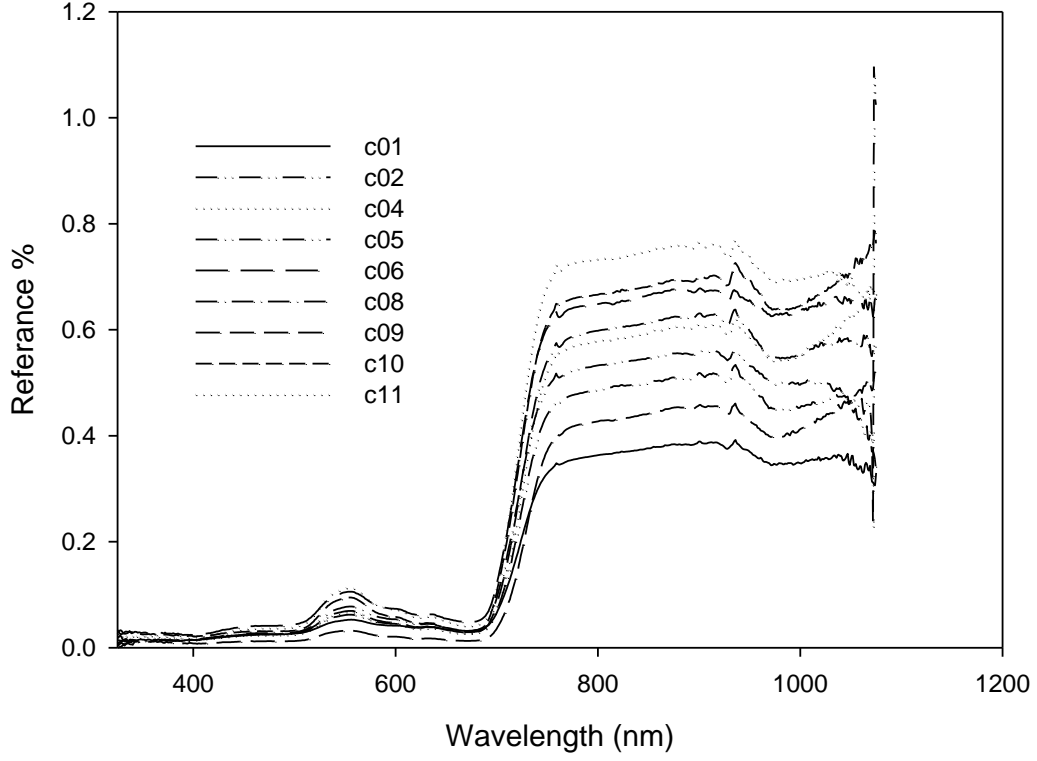
C01



Şekil 64: Pamuk Bitkisine Ait Ortalama Yansımaların (325 -1100 nm Aralığında) Zamansal Değişimi

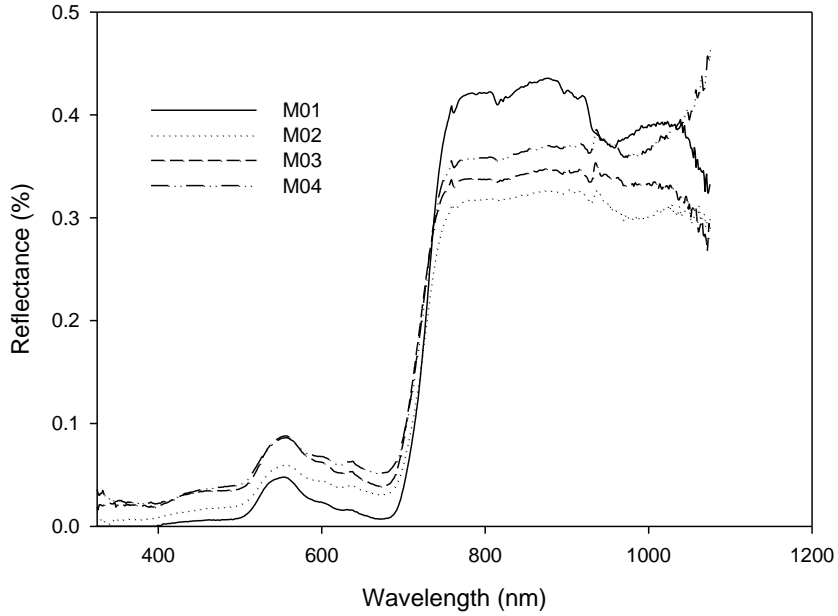
Şekil 65'de zaman sabit tutularak yansımalarındaki yersel farklılıklar gösterilmektedir. Araziye bağlı olarak meydana gelen değişimi göstermek için verilen 12 Ağustos örneğinde, tüm pamuk arazilerine ait ortalama ham yansımaları değerlendiren grafik verilmektedir. 800 nm ile 650 nm arasındaki en kısa mesafeye sahip olan arazilerin örneğin C01 (800 nm dalga boylarında en altta yer alan) NDVI değeri de orantılı olarak düşüktür. Bu pamuk arazisinin sınıf olarak düşük kalitede olması nedeniyle arazi üzerinde yetişen bitkilerin gelişimi de zayıf olduğundan, toprak yapısına bağlı olarak biyokütle seviyeleri azalmaktadır. Buda genel olarak spektraya yansımıştır.

12 August



Şekil 65: Farklı Pamuk Alanlarına Ait Ortalama Yansımalar (350 - 1100 Nm Aralığında) Arasındaki Farklılıklar
Mısır bitkisine ait ortalama spektral yansımaların dalgaboyu değerine göre değişimini gösteren grafikler aşağıda sağlanmıştır.

12 August



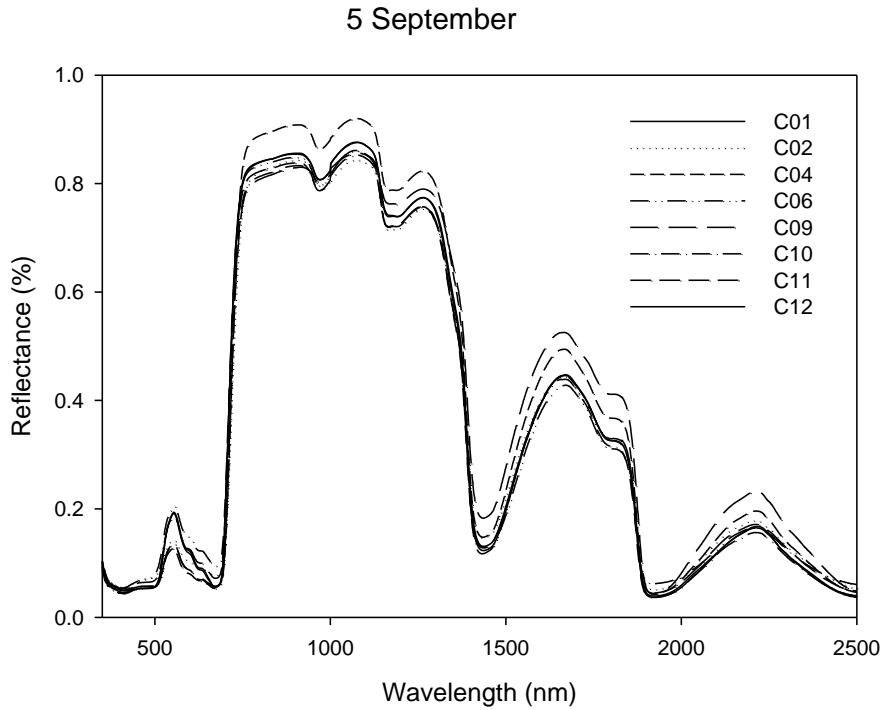
Şekil 66: Farklı Mısır Alanlarına Ait Ortalama Yansımalar (350 - 1100 Nm Aralığında) Arasındaki Farklılıklar

6.2.2.2.2 Field - Spect 3 Plant Probe ile Alınan Spektral Ölçümler

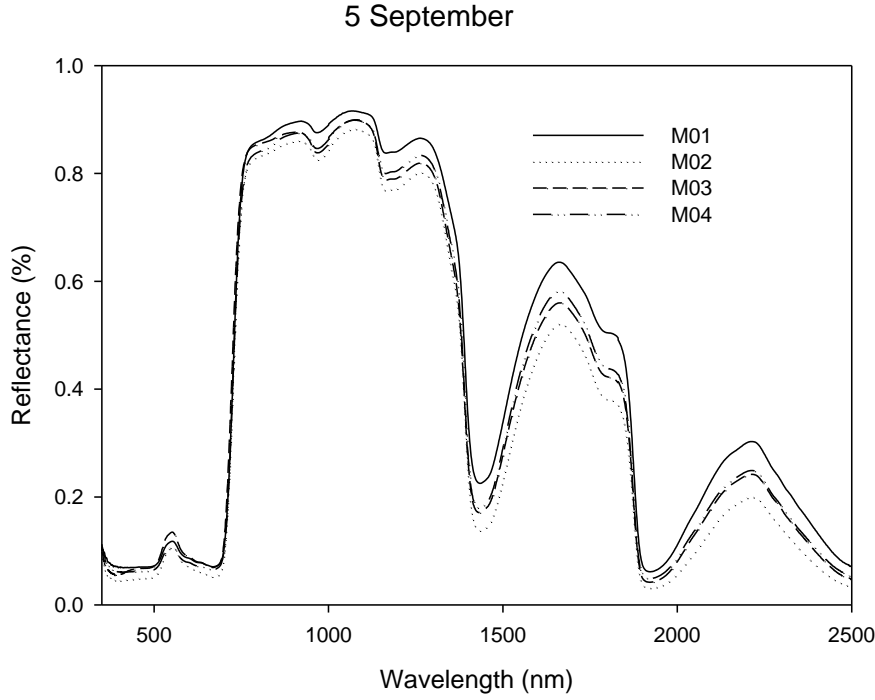
Eylül 2015 tarihinden itibaren alınan spektral ölçümlere FieldSpec-3 Spektrometre aleti kullanılarak devam edilmiştir. Yapılan spektral ölçümler 350-2500 nm aralığında gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde Plant Probe'un yanı sıra, 8 derecelik mercekler kullanılarak canopy ölçümleri uygulaması da yapılmıştır. Canopy ölçümleri alınırken aletin kalibrasyonu için Tyvek ve Beyaz Spektralon test edilerek aradaki farklılıklara görmeye yönelik denemeler de yapılmıştır.

Plant Probe kullanılarak yapılan ölçümlerde Plant Probe da mevcut olan beyaz ve siyah olmak üzere 2 farklı zemin kullanılmıştır.

Aşağıdaki grafiklerde Plant Probe kullanılarak pamuk ve mısır bitkisine ait ortalama yansımaları ait grafikler verilmiştir;



Şekil 67: Pamuk Bitkisine Ait Plant Probe Kullanılarak Alınan Spektral Ölçümler

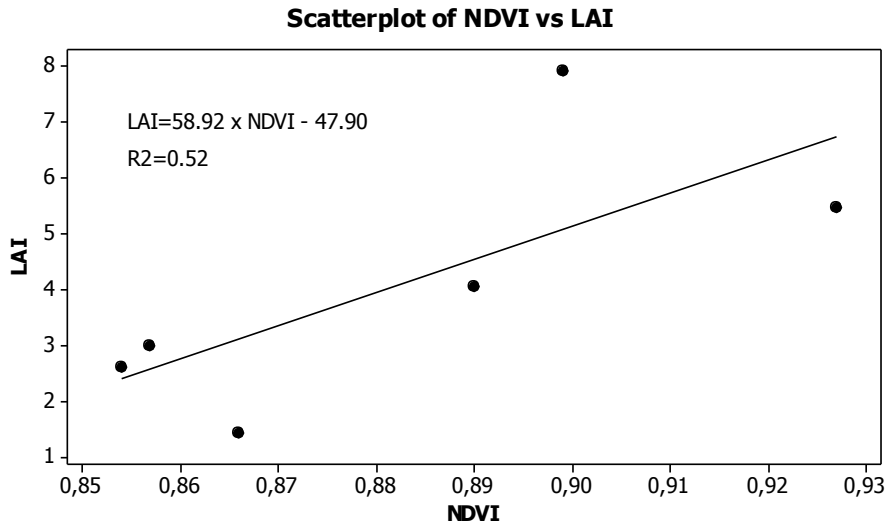


Şekil 68: Mısır Bitkisine Ait Plant Probe Kullanılarak Alınan Spektral Ölçümler

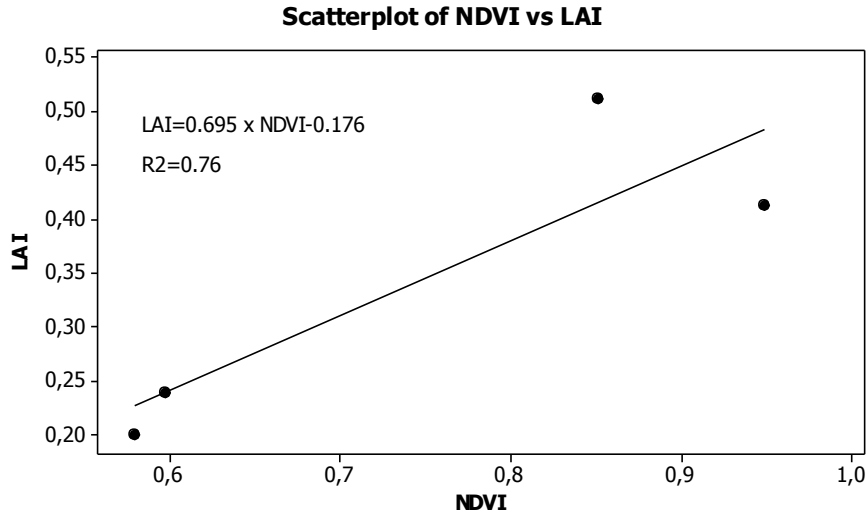
Şekillerde de görüldüğü gibi Plant Probe'dan elde edilen yansımalar doğrudan yapraktan alındığından daha stabil ölçümler sağlamıştır. Öteki taraftan canopy ölçümlerinde atmosferik koşullar örneğin rüzgâr esmesi gibi faktörler nedeniyle elde edilen yansımalarda tekerrürler arası farklılıklar oluşmaktadır. Canopy spektral ölçümlerinin alınması esnasında ölçümlerin 1.5-2 m gibi bir yükseklikten yapılması bu sorunu azaltılacağı düşünülmektedir.

6.2.2.3 Regresyon Analizleri

8 Ağustos tarihinde hesaplanan NDVI ve LAI'leri kullanarak 2 farklı bitki (pamuk ve mısır) için regresyon modelleri oluşturulmuştur. Pamuk ve mısır alanlarına ait NDVI ile LAI arasındaki ilişkileri gösteren regresyon grafikleri aşağıda verilmiştir. Elde edilen R^2 değerleri 0.52 - 0.76 arasında değişim göstermiştir. Buna göre NDVI kullanılarak LAI değerlerinin elde edilmesiyle ilgili olarak orta seviyede bir başarı elde edilmiştir. Buna rağmen genel bir trend vardır, LAI'nin yüksek olduğu zamanlar (haftalar) da NDVI değerleri de orantılı olarak yüksek çıkmıştır. Ayrıca LAI'nin yüksek olduğu arazilerde de NDVI değerleri de orantılı olarak yüksek bulunmuştur. Örneğin arazi sınıfı olarak 2. sınıf bir araziye sahip olan M01 ve M02 bitkilerinin LAI değerleri (0.412 ve 0.512, sırasıyla) daha düşük yani 4. sınıfa sahip olan M03 ve M04 gibi arazilerin LAI değerlerinden (0.201 ve 0.239, sırasıyla) yüksek bulunmuştur. Buna paralel olarak da M01 ve M01' e ait NDVI değerleri (0.949 ve 0.851, sırasıyla) M03 ve M04'ün NDVI değerlerine (0.580 ve 0.598, sırasıyla) göre yüksek bulunmuştur.



Şekil 69: 8 Ağustos Tarihi İçin Pamuk Bitkisinde NDVI ve LAI Arasındaki Doğrusal İlişki; Regresyon Analizi



Şekil 70: 12 Ağustos Tarihi İçin Mısır Bitkisinde NDVI ve LAI Arasındaki Doğrusal İlişki; Regresyon Analizi

6.2.3 1 Aralık 2015 – 1 Haziran Döneminde Gerçekleşen Çalışmalar

Bu rapor döneminde 4 farklı arazide (2 adet 2. sınıf arazi, 2 adet IV. sınıf arazi); 20.02.2016 - 19.05.2016 tarihleri arasında buğday bitkisine ait spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra spektral ölçümler kullanılarak indeksler hesaplanmıştır. Buğday bitkisine ait spektral yansımalar 350 - 2500 nm spektral aralığında 10:30 – 12:30 pm saat aralığında gerçekleştirilmiştir. Spektral yansımaların elde edilmesinde

kalibrasyon amacıyla hem Tyvek hem de BaSO₄ kullanılmıştır. Her bir arazide 4-6 farklı noktadan canopy ölçümleri yapılmış, arazilere ait haftalık spektral ölçümler her bir araziye temsilen bu 4-6 farklı noktadan elde edilen yansımaların ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Bu rapor döneminde;

- 1- Buğday için spektral ölçümlerin yapılacağı örnekleme noktalarının belirlenmiştir,
- 2- ASD portatif FieldSpec 3 ile Buğday bitkisine ait görülebilir ve yakın kızıl ötesi spektral bölgede (350-2500 nm) 80 mercekli yaklaşık 100 cm mesafeden yapraktan canopy ölçümleri yapılmıştır,
- 3- Ham yansımalarda ön işlemler gerçekleştirilmiş; her bir araziye ait haftalık ortalama spektral yansımaların elde edilmiştir,
- 4- Ortalamaları alınmış spektraller kullanılarak indekslerin (NDVI, mSR, SAVI, RNDVI) hesaplanması,
- 5- Farklı kalibrasyon materyalleri (Tyvek referans & white spektralon (BaSO₄)) kullanılarak elde edilen yansımaların indeksler hesaplanmış ve karşılaştırılması yapılmıştır
- 6- IMAGEJ programı ile LAI hesaplama: Yansımalarla birlikte her bir araziden 30 cm x 30 cm çerçeve atılarak içine düşen bitkiler hasat edilmiş. Laboratuvara taşınan bitkiler siyah zeminde üst üste gelmeyecek biçimde dizilerek yukarıdan resimleri alınmış elde edilen görüntüler program vasıtasıyla her bir araziye ait yaprak alan indeksi (LAI) hesaplanmasında kullanılacaktır.

6.3 BUĞDAY, MISIR VE PAMUK ÜRÜNLERİNİN HAFTALIK FENOLOJİK VE MORFOLOJİK ÖLÇÜMLENMESİ DANIŞMANLIK HİZMETLERİ

6.3.1 1 Haziran – 31 Aralık, 2015 Döneminde Gerçekleşen Çalışmalar

Proje sahasında Mayıs ayından itibaren yoğun bir saha çalışması yürütülmüştür. Projede kullanılan parseller için üreticilerle/çiftçilerle yapılan görüşmeler doğrultusunda uyumlu kişilerin olmasına özen gösterilmiştir. Çünkü çalışma süresince çiftçinin arazisine en az 10 kez girilmiş ve istemeden de olsa araziye ve bitkiye önemli hasar verilmiştir. Seçilen metodoloji gereği, bitkinin yoğunluğu için sıra üzerindeki bitkilerden, rastgele 5 farklı noktada (5 tekerrürlü olmak üzere) ve 5 metre sıra üzerindeki pamuk ve mısır sayıları belirlenmiştir. Böylece dekadaki bitki yoğunlukları saptanmış ve bitki yoğunlukları (kg/da) verilmiştir.

6.3.1.1 Mısır Bitkisinde Fizyo-Morfolojik Özelliklerin İzlenmesi

Bölgede çok yaygın olan DUPONT-Pioneer mısır çeşidi kullanılmaktadır. Harran Ovası Sulama Projesi'nde mısır bitkisi (zea mays L.) ikinci (II.) ürün olarak ekilmekte, bu nedenle terminoloji olarak II.ürün mısır şeklinde yazılmakta ve kullanılmaktadır. Anılan proje dışına çıktığında, daha serin bölgelerde Karakeçili Bölgesinde olduğu gibi I.ürün mısır ekimi yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır. Viranşehir,

Ceylanpınar ve Kızıltepe coğrafyasında II.ürün mısır ekimi başarılı şekilde yürütülmektedir. Bölgenin tamamında verimler 800-1300 kg/da arasında değişmekte, bu değişimler; ekim öncesi kültürel işlemlerden, tohum ve/veya bitki yoğunluğu-plant density değerinden (arzu edilen yoğunluk 8500-9000 adet tohum/da), gübre ve gübreleme tekniğinden, sulama ve sulama yöntemlerinin doğru kullanım koşullarından dolayı verim değerleri değişmektedir. Mısır yoğunlukları parsel bazında net olarak verilmiş, her dört parselde yoğunlukların veya her bitkinin yaşam alanının 0.119-0.180 m² arasında değiştiği hesaplanmıştır. İdeale en yakın olan bitki yaşam alanı sadece bir parselde 0.119 m² elde edilmiştir.

Mısır ekim tarihleri II.ürün için 20 Haziran-10 Temmuz tarihleri arasında değişmektedir. Ekimler, genellikle hububat (buğday) anızı yakılarak ve tav sulaması yapılarak gerçekleştirilmektedir. Tohum ekiminden 5-7 gün sonra bitki çıkışları gerçekleşmektedir. Ekimden sonra toprakların nem içeriklerine göre ilk sulamalar 2 hafta sonra yapılmakta ve ardışık sulamalar 10-15 gün arayla 5-6 sulama ile mevsim bitirilmektedir. Mısır tarımında genellikle, 30-35 kg/da 20-20-0 N-P-K formunda taban gübresi, 30 kg/da amonyum nitrat %33 ve üre %42 formunda ikinci ve dördüncü sulamalar öncesinde uygulanmaktadır.

II. mısır Bölge için izlendiğinde, Ağustos ayı sonlarına doğru; bitki önce tepe püskülünü hemen sonra koçan püskülünü çıkarmaktadır. Böylece mısırdaki döllenmede hızlı bir süreç yaşanmaktadır. Mevsim içerisinde pik sıcaklık günleri 15 Temmuz-15 Ağustos tarihleri arasına denk geldiğinden dolayı, 15-20 Ağustos tarihinden sonra sıcaklıklarda düşüş yaşanması, döllenme için Ağustosun son hafta sıcaklığı ideal olarak görülmektedir. Bu nedenle, döllenme zamanının riskli sıcaklık dönemine denk gelmediğinden dolayı, ikinci ürün ekilmesinin nedeni ve önemi ortaya çıkmaktadır.

Mısır hasadı hava koşullarının uygun olması halinde, Ekim ayının son haftası başlamakta ve kimi yıllar Aralık ayının ikinci haftasına kadar hasat zamanı sürmektedir. Hasat zamanını, dane mısırdaki rutubet oranı belirlemektedir. Genel olarak %20-27 nem ile hasat yapılmakta ve %14.5 nem düzeyine kadar kurutulmaktadır. 2015 yılı mısır satış fiyatı 0.55 TL ± 0.05 TL/kg şeklinde gerçekleşmiştir. 2016 yılı beklenti ekim alanlarının pamuk lehine olacağı düşünülmekte ve ova ziyaretleri bu kararı doğrulamaktadır. Bunun da nedeni 2015 yılı kütlü fiyatlarının 1.90 TL ± 0.10 TL/kg şeklinde mısırdan daha fazla pazarda alıcı bulunduğu söylenebilir.

Toprak gruplarına göre toplam dört farklı çiftçi parseli mevsim boyunca izlenmiştir. Tüm parsellerde altı ölçüm yapılmıştır. Bitkide yaprak sayısı, bitki boyu ve yaprak alanı saptanmış diğer tespitler yukarıda ifade edildiği gibi belirlenmiştir. Çiftçinin rızası alınarak, her seferde araziden 3 adet bitki materyali kesilmiş ve yaprak alanı hariç tüm ölçümler arazide yürütülmüştür. Yaprak alanı yaprak alan ölçerinin hassasiyetinden dolayı ofiste gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar danışmanlık raporlarında yer almaktadır.

6.3.1.2 Pamuk Bitkisinde Fizyo-Morfolojik Özelliklerin İzlenmesi

Pamuk bitkisi (*Gossypium hirsutum* L.) üretimi, Harran Ovasında 1995 yılında sulama projesi ile yoğun ve yaygın bir şekilde başlamıştır. Bölge çiftçisi, hem mısır ve hem pamuk yetiştiriciliğini Çukurova

Adana'dan dolayı çok iyi bilmektedir. Bu gün için her iki bitki bölgede %90'ın üzerinde ekilmektedir. Benzer durum, Ceylanpınar, Viranşehir ve Kızıltepe içinde geçerlidir. Her iki bitki GAP'ın geleneksel ve hâkim bitki desenini oluşturmuştur. Bu yaklaşıma, Diyarbakır ve Batman illerini de saymak yerinde olur. Ancak, II.ürün mısır ekim alanları, unutulmamalıdır ki buğdaydan sonra aynı araziye ekilen bitkidir. Özellikle pamuk ekim alanlarındaki ciddi artış, pamuk destekleme politikalarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Pamuk, Nisan ayından itibaren ekimi başlar ve Mayıs ayına kadar devam eder. Kimi yıllar ekim tarihinde beklenmedik aşırı yağışlar, toprakların nem içeriklerini aşırı yükselteceğinden ve hava-toprak sıcaklığının düşmesinden dolayı ekilen tohum sökülüp yeniden ekilebilir.

Bitkilerde yapraklar, bitki gelişiminde kullanılan asimilant ürünlerini yapan önemli organlardır. Ayrıca fotosentetik aktif radyasyonun (FAR) kullanıldığı yüzeylerdir. Yaprakların büyüklüğü, canlılığı, yaşamdaki aktif kalma süreleri ve asimilant miktarı ile doğru orantılıdır. Jeneratif organların yapımı fotosentez ve asimilant düzeyine bağlıdır. Pamukta; yaprağın şekli, büyüklüğü, canlılığı, sayısı, yaprak alan indeksi, gün uzunluğu, güneşlenme süresi veya oranı, FAR'dan yararlanma miktarı, klorofil sayısı ve bitki boyu verimliliği etkileyen önemli parametrelerdir. Verimliliğe direkt etki eden önemli bir faktör de bitki yaşam alanı olduğu bilinmektedir. Bu faktör, kullanılan tohumluk miktarına bağlıdır. Elle hasatta, yukarıda belirtildiği gibi daha az tohum kullanılır. Makineli hasatta daha fazla tohum kullanılmaktadır.

Çalışmada, toplam 9 çiftçi-parseli takip edilmiş ve parsellerden elde edilen bulgular Danışmanlık raporlarında yer almaktadır.

7 HİPERSPEKTRAL HAVA FOTOĞRAFLARI ANALİZİ

7.1 GİRİŞ

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında HAVELSAN tarafından gerçekleştirilen hiperspektral görüntü işleme faaliyetleri anlatılmaktadır. Öncelikle hiperspektral ham görüntülerin elde edilmesinden ön işleme dâhil olan süreç, ardından ise hiperspektral yansıma görüntülerinde geliştirilen veri işleme algoritmaları anlatılmaktadır.

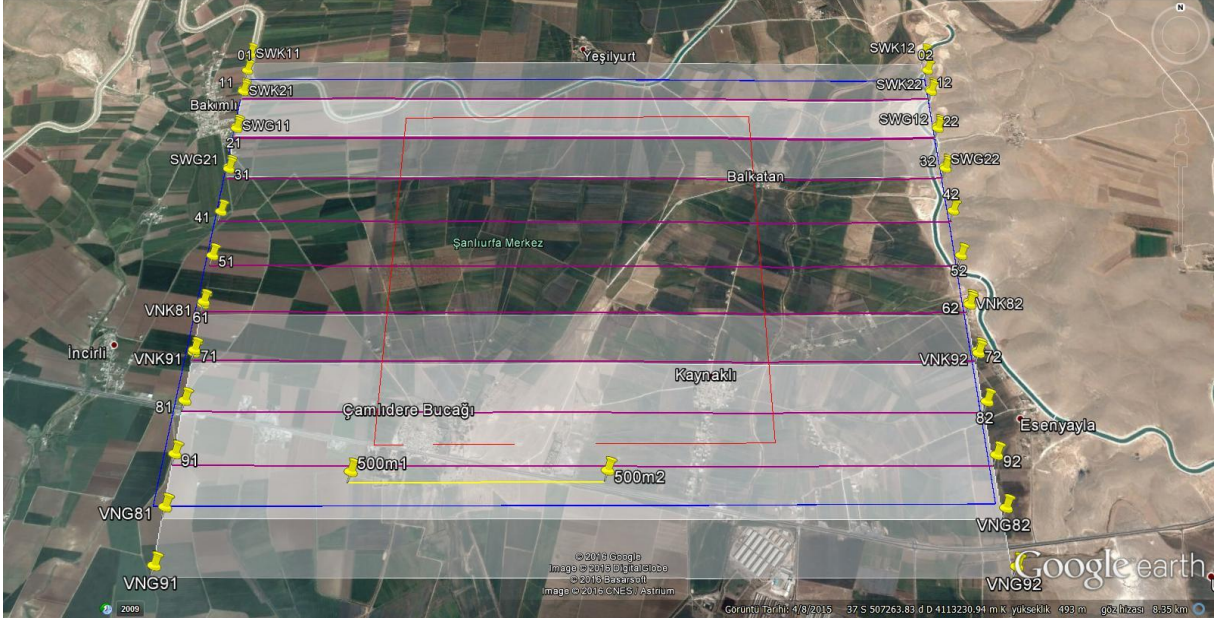
7.2 HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜ ANALİZ FAALİYETLERİ

7.2.1 Özet

Bu bölümde, GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi kapsamında HAVELSAN (Hava Elektronik Sanayi ve Tic. A.Ş.) tarafından gerçekleştirilen hiperspektral görüntülerin elde edilmesi, ham görüntülerin ön işleme adımları ve görüntüler üzerinde gerçekleştirilen görüntü işleme faaliyetleri hakkında bilgi verilmektedir.

7.2.2 Hiperspektral Görüntülerin Elde Edilmesi

Uçuş ve çekim görevleri yapılmadan 1 hafta öncesinden uçuş tarihiyle ilgili meteorolojik durumlar (sıcaklık, yağmur, bulutluluk, toz durumu, vs.) takip edilmiştir. Uçuş için uygunluk olduğu takdirde görevler icra edilmiştir. Hiperspektral görüntüler VNIR (400-1000nm) ve SWIR (1000-2500nm) bant aralığında çalışan hiperspektral kameralar ile çekilmiştir. Pilot bölge üzerinde Şekil 71'de çizilerek belirtilmiş olan 9 adet mor renkli çizgi uçuş kollarını göstermektedir. Kollar Yaklaşık 450 m. aralıkla çizilmiştir. Görüntü çekiminde arazide çekilmemiş bir yer kalmaması için yan yana kollar arasında VNIR bant görüntülerde 1284 m ve SWIR bant görüntülerde 450 m örtüşme olacak şekilde ayarlama yapılmıştır. Uçuş 3000 m'den yapılmıştır. Görüntü çekimleri sonucunda VNIR görüntülerde 0.6 m ve SWIR görüntülerde 2.19 m yersel çözünürlüğe sahip olan ham görüntüler elde edilmiştir.



Şekil 71: Pilot Bölge Uçuş Kolları

7.2.3 Hiperspektral Görüntülerin Ön İşlemesi

Ham hiperspektral görüntülerde, radyometrik düzeltme, GCP toplama, görüntü koordinatlandırma, atmosferik düzeltme ve mozaik görüntü oluşturma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca algoritma geliştirme faaliyetleri için karşılaştırma amaçlı yer doğruluk verileri hazırlanmıştır. Ön işleme sonucunda elde edilen mozaik görüntü örneği Şekil 72 ile gösterilmiştir.



Şekil 72: Örnek Mozaik Görüntü

7.2.4 Hiperspektral Görüntü İşleme Algoritmaları

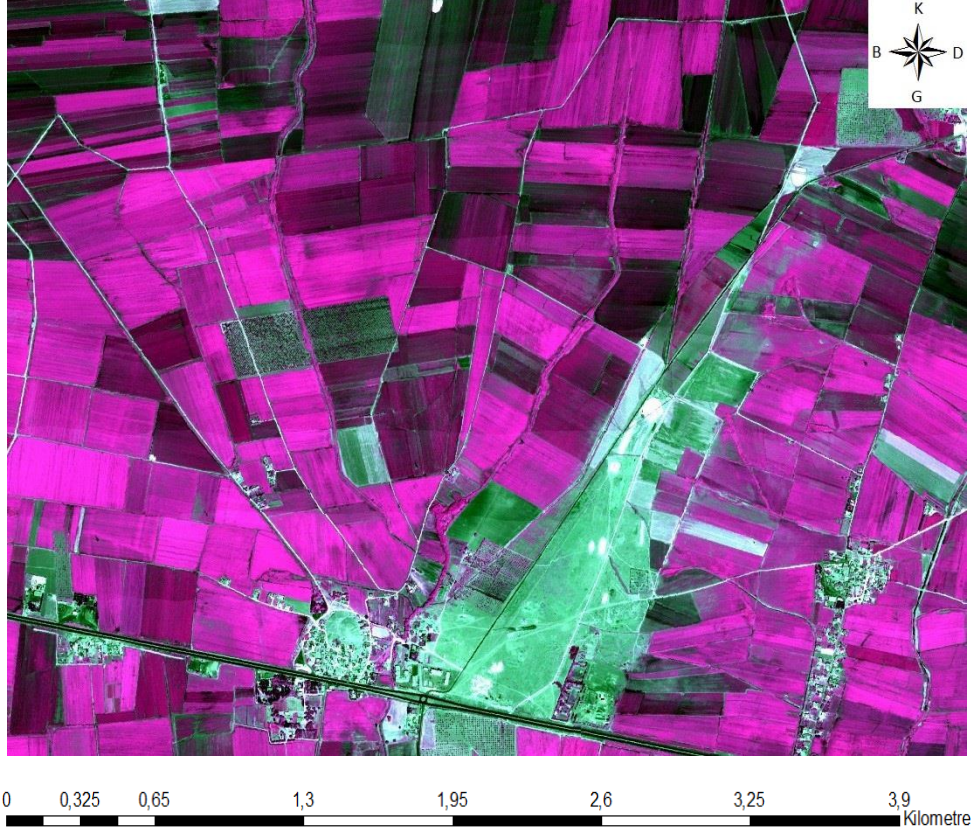
Ön işleme gerçekleştirilmiş olan hiperspektral veride:

Görüntü iyileştirme işlemlerinden doğrusal kontrast germe, standart sapma kontrast germe ve histogram eşitleme, indeks algoritmaları (NDI, NDVI, LAI), sınıflandırma algoritmaları (SAM ve MF), Genel ve Bitki Anomali algoritmaları, görüntüden imza toplama algoritması tamamlanmıştır. HTUY (Hassas Tarım Uygulama Yazılımı) tüm yazılım konfigürasyon elemanlarıyla birlikte tamamlanmıştır. Hiperspektral ve uydu algoritmaları, HTUY ara yüzünden kullanıcı tarafından çalıştırılacak şekilde sisteme entegre edilmiştir.

Tüm algoritmaların 12 Ağustos 2016 pilot bölge hiperspektral VNIR ve SWIR görüntüleri için sonuçları üretilmiştir. VNIR ve SWIR görüntüler Şekil 73 ve Şekil 74 ile gösterilmiştir.



Şekil 73: VNIR Bant 12 Ağustos Tarihli Görüntü



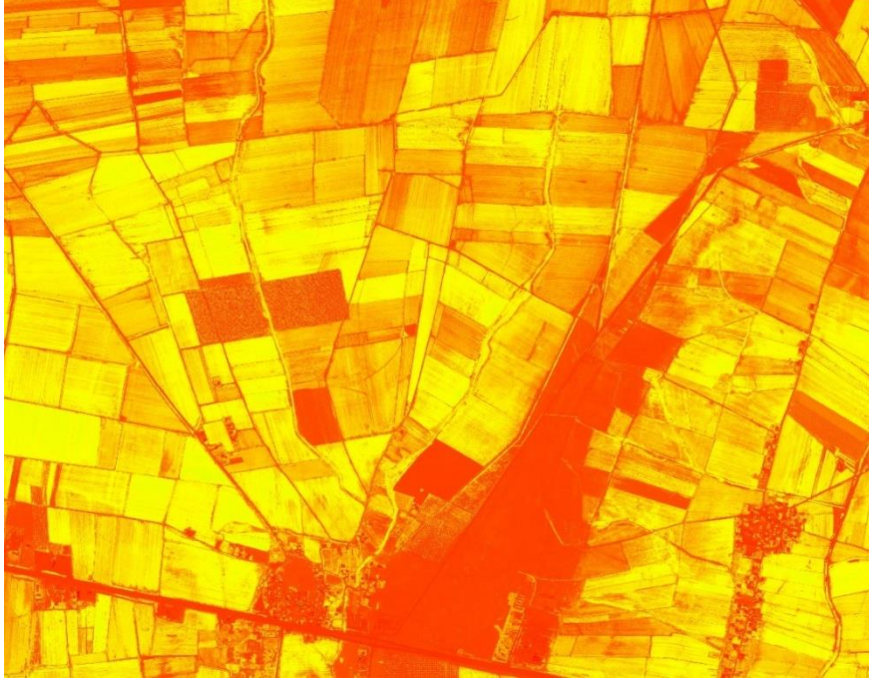
Şekil 74: SWIR Bant 12 Ağustos Tarihli Görüntü

7.2.5 İndeks Hesaplama Algoritmaları

Proje kapsamında, LAI, NDVI ve NDI indeks hesaplama algoritmaları geliştirilmiştir. Bu algoritmaların ürettiği sonuçlar eşiklenebilmekte ve GEOTIFF formatında kaydedilebilmektedir.

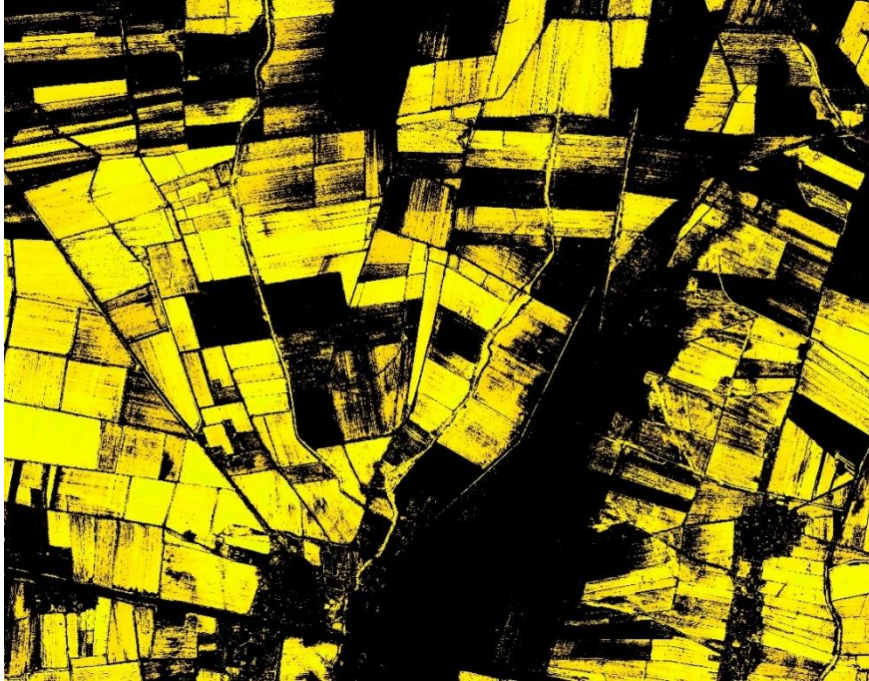
7.2.5.1 LAI (Yaprak Alan İndeksi) Algoritması

LAI (Yaprak Alan İndeksi) bitkinin toplam yaprak alanının taç izdüşüm alanına oranını göstermektedir. Bitkinin ne kadar sık yapraklı ve iyi gelişmiş olduğu hakkında önemli bir bilgi vermektedir. LAI algoritmasında 12 Ağustos görüntüsü için üretilen sonuç Şekil 75 ile gösterilmiştir. Yaprak alan indeks değerleri pamuk ve mısır bölgeleri için 1.5 ile 3.5 arasında değişmektedir. Bu değerler daha önceden yer çalışmasıyla bulunmuş olan LAI değerleriyle paralellik göstermektedir. Bu noktadan hareketle uzaktan algılama ve hiperspektral veri ile herhangi bir yer ve laboratuvar çalışması yapmadan, bitkilere zarar vermeden gerçek LAI değerlerine yakın değerlere ulaşabilmek mümkün hale gelmiştir.



Şekil 75: LAI Algoritması Sonuç Haritası

İndeks eşikleme uygulanarak elde edilen LAI haritası Şekil 76 ile gösterilmiştir. Bu eşikleme işleminde eşik değeri 2.5 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 76: Eşiklenmiş LAI Haritası

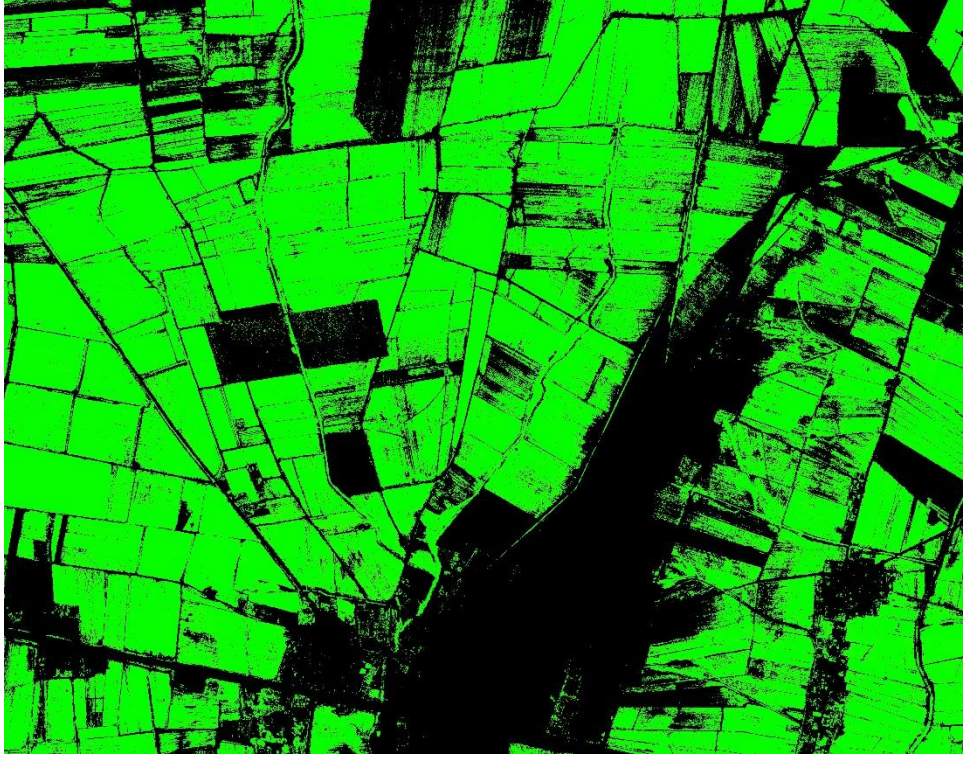
7.2.5.2 NDVI (Normalize Fark Bitki İndeksi) Algoritması

NDVI indeksi görüntüdeki bitki bölgelerini tespit edebilmek için literatürde uzun yıllardır kullanılan çok önemli bir indekstir. NDVI değerleri -1 ile 1 arasında değişebilmektedir. Bitki noktalarında bu değer bitkinin büyüklüğüne, yeşilliğine ve görüntüleme aygıtının yersel çözünürlüğüne göre 0.3 ile 1 arasında değerler alabilmektedir. Pikseldeki bitki yoğunluğu arttıkça bu değer 1'e yakınsamaktadır. Proje kapsamında 12 Ağustos görüntüsü için NDVI sonucu Şekil 77 ile gösterilmiştir. İlgili tarihte pamuk ve mısır bitkileri oldukça yeşil ve gelişmiş olduğundan ve ayrıca görüntüleme aygıtının çözünürlüğü yeterince iyi olduğundan (0.6 m) NDVI değerleri 1'e oldukça yakın olarak elde edilmiştir.



Şekil 77: NDVI Algoritması Sonuç Haritası

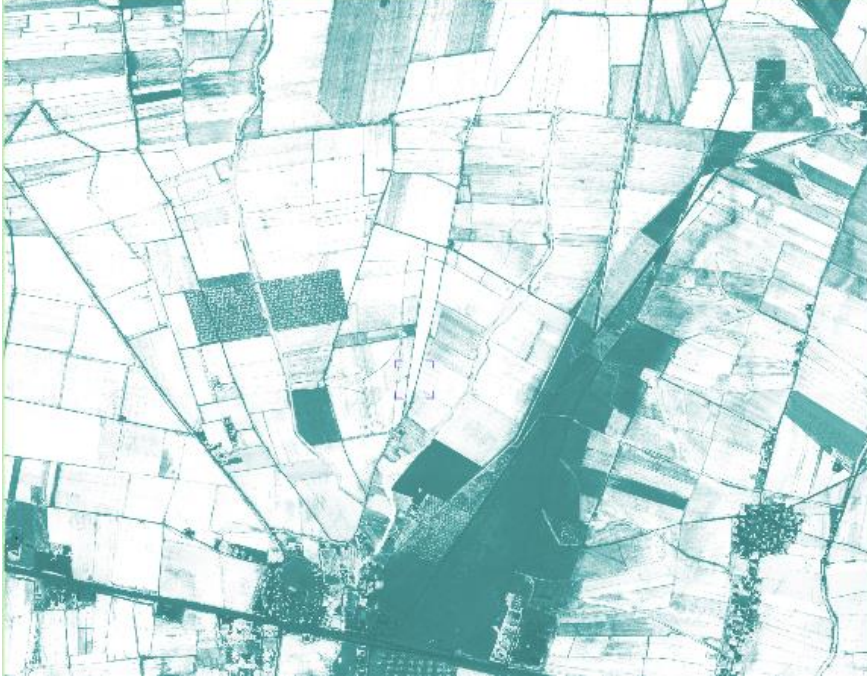
NDVI haritası 0.85 değeri ile indeks eşiklemeye tabi tutulduğunda Şekil 78 ile gösterilen harita elde edilmiştir. Bu sayede en verimli bitki bölgeleri tespit edilmiştir.



Şekil 78: Eşiklenmiş NDVI Sonucu

7.2.5.3 NDI (Normalize Fark İndeksi) Algoritması

NDI algoritmasında, VNIR ve SWIR hiperspektral görüntülerin herhangi iki bandı arasındaki normalize fark değeri ölçülmektedir. Bu sayede kullanıcı, farklı materyalleri (bitki, toprak, su, vb.) tespit edebilmektedir. Örneğin bitki bölgelerinin tespiti açısından NDVI algoritmasının kullandığı NIR bant aralığının ortalama bant değerine karşılık gelen spektra değeri 1.Bant: 798 nm, Kırmızı bant aralığının ortalama bandına denk gelen spektra değeri ise 2.Bant: 654 nm olarak kullanıldığında, NDVI sonucuna benzer bir sonucun üretilmesi beklenmelidir. Bu senaryoya ait sonuç Şekil 79 ile sunulmuştur. Görüleceği üzere elde edilen NDVI sonucu ile oldukça benzer çıkmaktadır.



Şekil 79: NDI Algoritması Sonuç Haritası

Toprak bölgelerinin tespit edilmesi için, Bant 1: 651 nm, Bant 2: 472 nm kullanılmıştır. Bu durumda sonuç Şekil 80'daki gibi bulunmuştur.

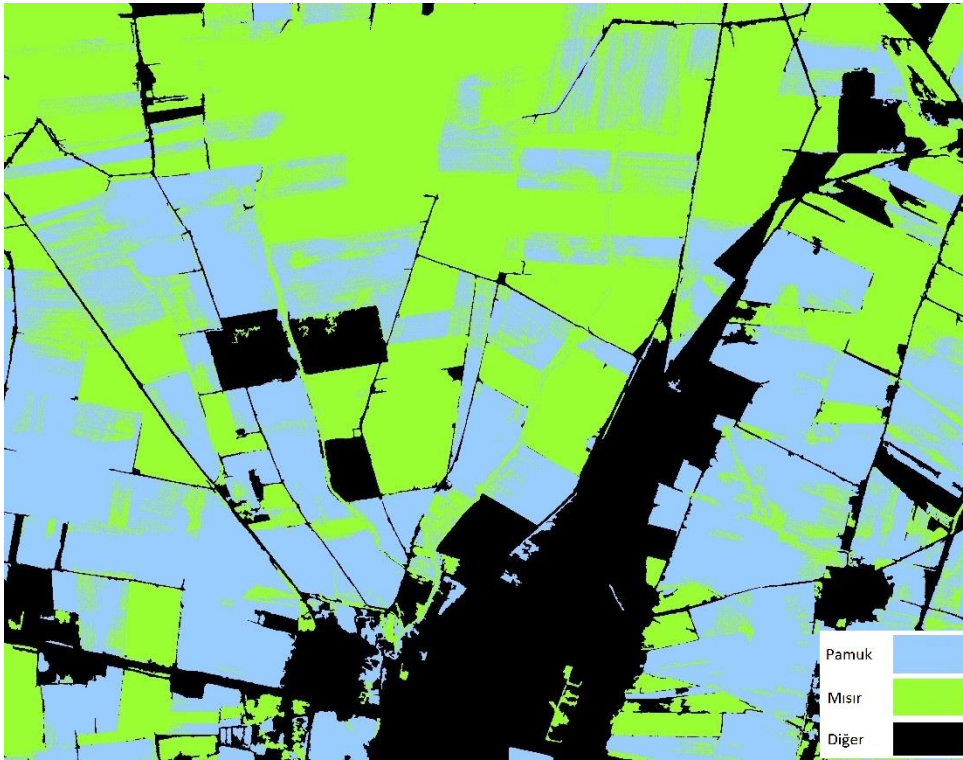


Şekil 80: NDI Algoritması Sonuç Haritası-2

7.2.6 Sınıflandırma Algoritmaları

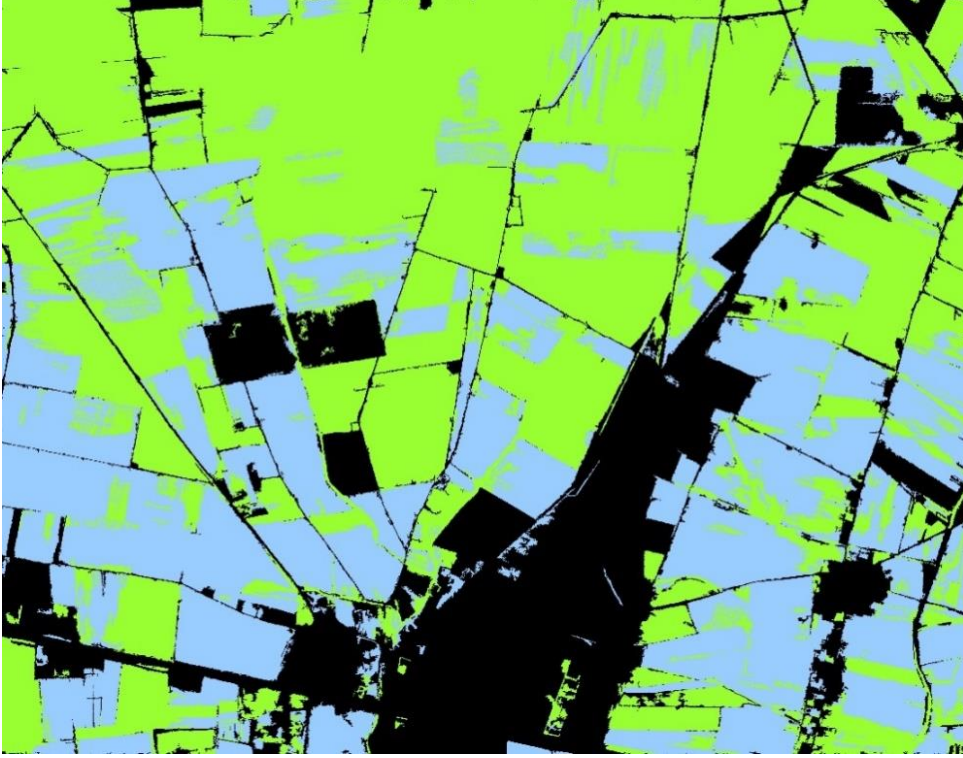
7.2.6.1 MF (Match Filter) Sınıflandırma Algoritması

MF algoritması, istatistik tabanlı olup, görüntü ile spektral imzanın korelasyon değeri temelinde çalışan bir algoritmadır. Proje kapsamında, MF algoritması görüntüden seçilen piksel spektralları ile ve ayrıca yer spektral imzalarıyla çalışabilmektedir. Bulunan MF sonuç değerlerinin histogramına göre bir eşik değeri belirlenerek, hedef bitkinin varlığı tespit edilmekte ve mısır ve pamuk sınıflandırması yapılmaktadır. MF algoritması 12 Ağustos görüntüden piksel seçimi ile sınıflandırma sonucu Şekil 81 ile; yer spektral imza kullanımı ile sınıflandırma sonucu Şekil 82 ile gösterilmiştir.

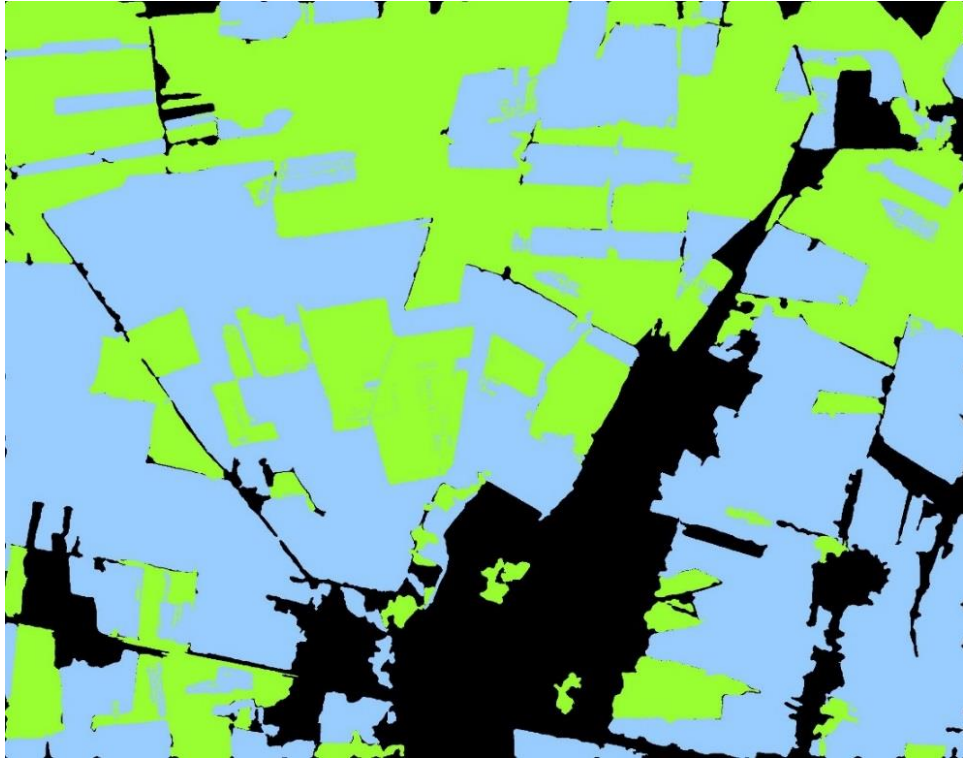


Şekil 81: MF Algoritması Piksel Seçimi Sınıflandırma Sonucu

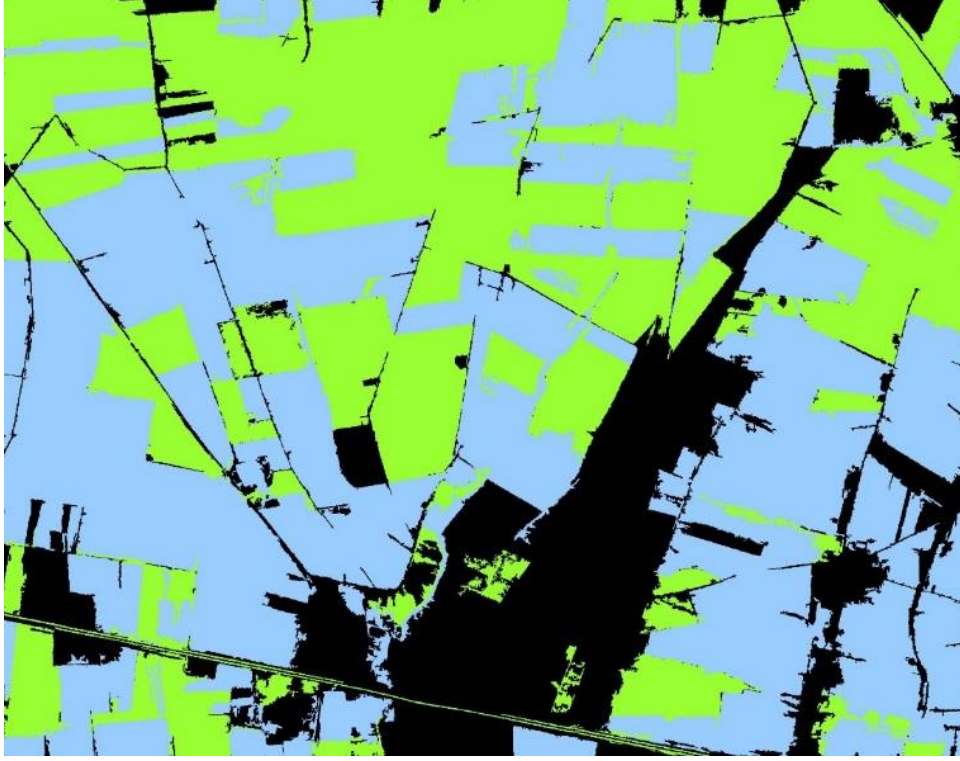
MF algoritmasının SWIR bant görüntüsündeki sonuçları ise piksel seçimi ve yer imzası kullanımı için Şekil 83 ve Şekil 84 ile verilmiştir. Görüleceği üzere SWIR bant görüntüsünde de oldukça iyi bir sınıflama performansı elde edebilmek mümkündür.



Şekil 82: MF Algoritması Yer İmzası Sınıflandırma Sonucu



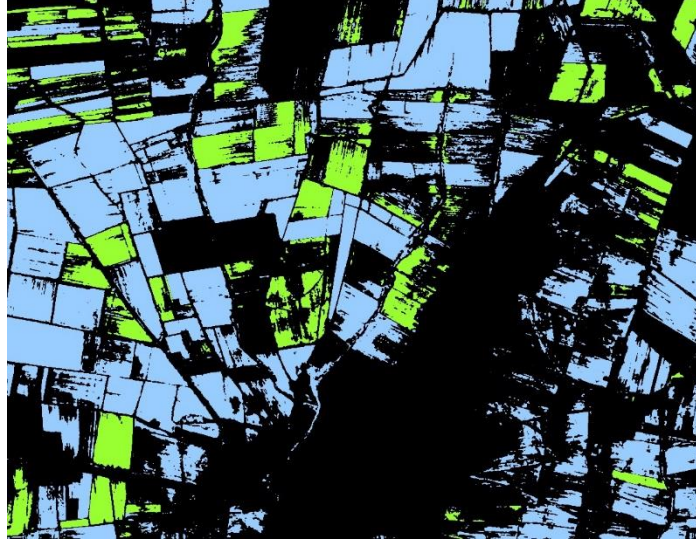
Şekil 83: MF Algoritması Yer İmzası Sınıflandırma Sonucu (SWIR Görüntü)



Şekil 84: MF Algoritması Piksel Seçimi Sınıflandırma Sonucu (SWIR Görüntü)

7.2.6.2 SAM (Spectral Angle Mapper) Sınıflandırma Algoritması

SAM algoritması, N spektral boyutta, görüntü piksel değerlerini bir referans spektral imza ile açısal olarak karşılaştıran algoritmadır. Yani N boyutta iki vektör arasındaki açıyı hesaplar. Bu açı sifira yaklaştıkça, karşılaştırılan vektörler birbirine o kadar yakın demektir. SAM sonuç değerleri 0 ile 180 derece arasında döndürölmektedir. Belirlenen bir eşik değerine göre hedef bitkiler (pamuk ve mısır) tespit edilmekte ve sınıflandırma yapılmaktadır. Proje kapsamında SAM algoritması yer spektral imzaları ve ayrıca görüntüden belirlenen bitki piksel imzalarıyla ayrı ayrı çalıştırılabilmektedir. SAM algoritması 12 Ağustos görüntüden piksel seçimi sonucu Şekil 85 ile gösterilmiştir.

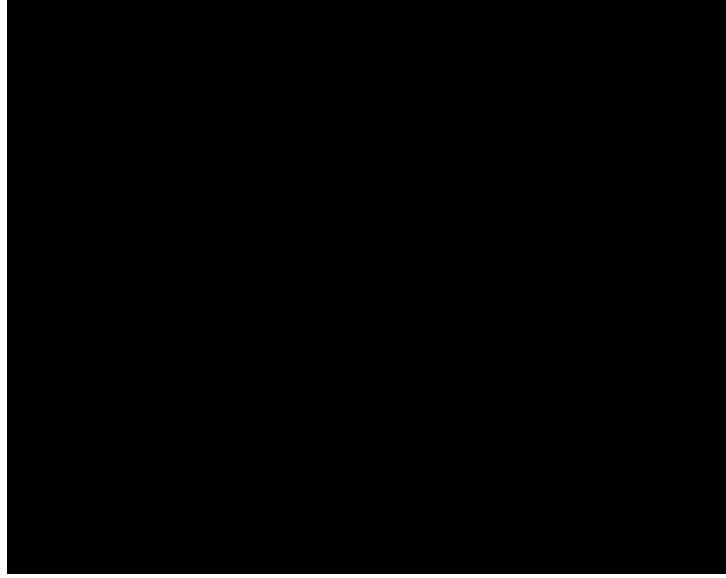


Şekil 85: SAM Algoritması Piksel Seçimi Sınıflandırma Sonucu

Şekil 86 ve Şekil 87 ile 2 Nisan görüntüsü ve görüntüde SAM sınıflandırma algoritmasının ürettiği sınıflandırma sonucu verilmiştir. 2 Nisan tarihindeki görüntüde yeşil alanlar buğday alanlarıdır. Görüntüde mısır ve pamuk bulunmamaktadır. Bu nedenle tüm görüntü diğer olarak sınıflandırılmalıdır. Nitekim algoritma sonucu da siyah bir görüntü üreterek, tüm alanı "diğer" olarak sınıflandırmıştır. Dolayısıyla herhangi bir yanlış alarm üretilmemiştir.



Şekil 86: 2 Nisan Tarihli VNIR Bant Hiperspektral Görüntüsü



Şekil 87: SAM Algoritması Sınıflandırma Sonucu

7.2.6.3 Sınıflandırma Algoritmaları Performans Değerleri

Hiperspektral görüntüler üzerinde gerçekleştirilen sınıflandırma işleminde elde edilen geri getirme ve hassasiyet (precision) değerleri Tablo 8 ve Tablo 9 ile verilmiştir.

Tablo 8: VNIR Görüntülerde Sınıflandırma Performansı

MF Algoritması	Yer İmzası				Piksel Seçimi			
	Pamuk		Mısır		Pamuk		Mısır	
Görüntü	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)
1 Mart	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
2 Nisan	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
11 Haziran	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
25 Haziran	Geliştirilecek				96,71	95,54	UD	UD

HASSAS Projesi 1. Aşama Sonuç Raporu

8 Ağustos	93,18	89,35	92,88	88,71	96,54	93,44	95,31	94,26
12 Ağustos	91,79	90,23	94,32	84,16	97,73	96,69	96,68	95,71
19 Ağustos	77,78	95,82	96,67	70,89	93,21	90,36	94,63	92,47
27 Ağustos	82,14	94,54	95,79	75,63	91,41	90,20	93,53	91,78
9 Eylül	94,42	95,63	95,66	94,20	94,44	93,51	94,41	94,23
28 Eylül	62,62	62,34	90,77	60,14	93,14	94,46	93,89	92,63

SAM Algoritması	Yer İmzası				Piksel Seçimi			
	Pamuk		Mısır		Pamuk		Mısır	
Görüntü	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)
1 Mart	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
2 Nisan	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
11 Haziran	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
25 Haziran	Geliştirilecek				89,33	93,83	UD	UD
8 Ağustos	91,25	82,54	89,14	87,65	93,96	92,03	92,11	90,35
12 Ağustos	Geliştirilecek				89,42	90,32	88,52	89,37
19 Ağustos					93,45	94,69	94,73	93,66
27 Ağustos					93,80	92,97	92,61	91,44
9 Eylül					92,41	93,57	90,11	91,18
28 Eylül					93,15	92,40	91,32	90,52

Tablo 9: SWIR Görüntülerde Sınıflandırma Performansı

MF Algoritması	Yer İmzası				Piksel Seçimi			
	Pamuk		Mısır		Pamuk		Mısır	
Görüntü	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)
1 Mart	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
2 Nisan	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
11 Haziran	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
25 Haziran	78,73	85,49	UD	UD	84,10	88,32	UD	UD
8 Ağustos	Geliştirilecek				Geliştirilecek			
12 Ağustos	94,69	96,95	93,98	95,02	96,51	97,32	94,36	95,55
19 Ağustos	92,40	91,87	90,11	91,47	91,21	90,65	88,08	87,98
27 Ağustos	93,22	94,51	92,06	93,30	92,57	93,41	90,10	92,68
9 Eylül	91,44	90,05	92,59	91,64	90,22	91,04	87,63	89,13
28 Eylül	93,47	91,12	95,44	94,83	93,91	91,30	89,94	88,09

SAM Algoritması	Yer İmzası				Piksel Seçimi			
	Pamuk		Mısır		Pamuk		Mısır	
Görüntü	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)	Geri Getirme (recall)	Hassasiyet (Precision)
1 Mart	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
2 Nisan	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
11 Haziran	100	100	100	100	UD	UD	UD	UD
25 Haziran	91,44	94,27	UD	UD	91,41	89,39	UD	UD
8 Ağustos	Geliştirilecek				91,46	93,68	89,32	92,09
12 Ağustos					Geliştirilecek			
19 Ağustos					Geliştirilecek			
27 Ağustos					87,54	88,40	82,36	88,74
9 Eylül					Geliştirilecek			
28 Eylül					Geliştirilecek			

UD: Uygulanabilir değil (İlgili tarihte yerde mısır ve/veya pamuk olmaması durumu)

7.2.7 Anomali Tespiti Algoritmaları

7.2.7.1 Genel Anomali Tespiti Algoritması

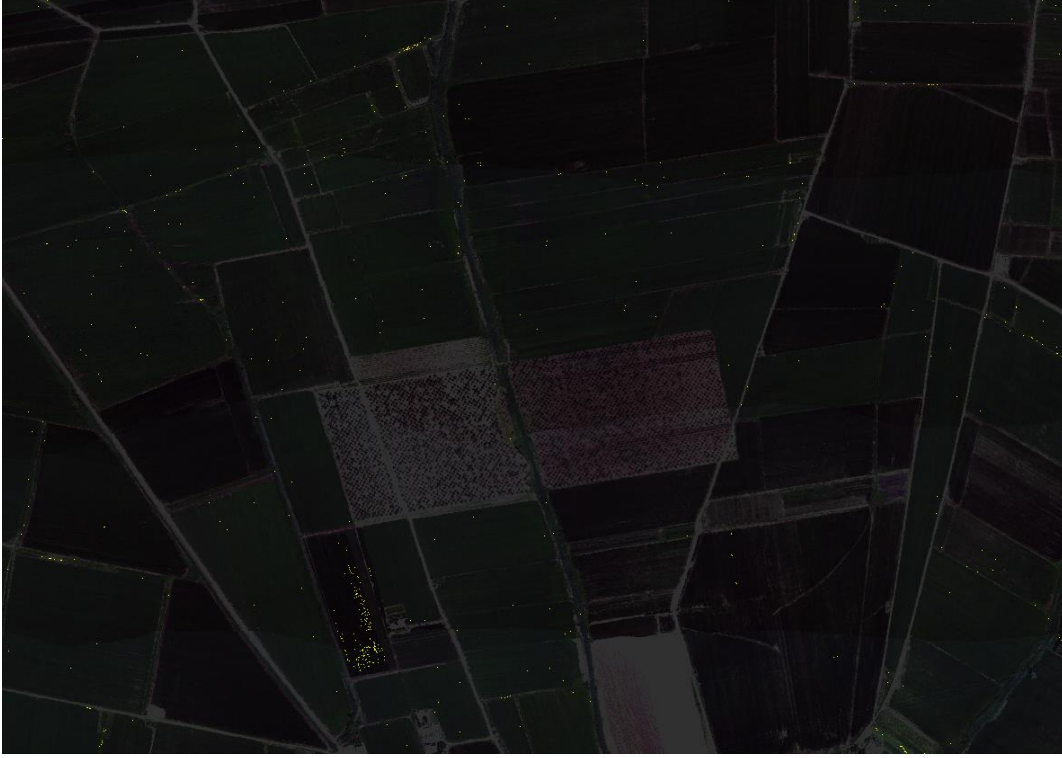
Genel anomali algoritması, görüntüde çevresine göre farklılık gösteren bölgeleri, istatistiksel eşikleme yaklaşımıyla tespit etmektedir. Bu sayede, kullanıcılar, bu anomali noktalarını değerlendirerek, algoritma tarafından tespit edilmiş bölgelerin anomali niteliği hakkında yorum yapabileceklerdir. Yani bir anomali noktasının gerçekten bir anomali noktası olup olmadığının belirlenmesi, algoritma sonucuyla birlikte kullanıcının yorum süzgecinden geçmesine bağlıdır. 12 Ağustos görüntüsü için elde edilmiş olan anomali haritasının görüntüyle birlikte gösterimi Şekil 88 ile verilmiştir. Haritada sarı noktalar görüntü genelinde yüksek skor ile anomali tespit edilmiş noktaları göstermektedir.



Şekil 88: Genel Anomali Tespiti Algoritması Sonucu

7.2.7.2 Bitki Anomali Tespiti Algoritması

Bitki anomali algoritması, görüntüdeki bitki kaplı bölgelerde çevresine göre farklılık gösteren bölgeleri, istatistiksel eşikleme yaklaşımıyla tespit etmektedir. Bu sayede, kullanıcılar, bu anomali noktalarını değerlendirerek, algoritma tarafından tespit edilmiş bölgelerin anomali niteliği hakkında yorum yapabileceklerdir. Yani bir anomali noktasının gerçekten bir anomali noktası olup olmadığının belirlenmesi, algoritma sonucuyla birlikte kullanıcının yorum süzgecinden geçmesine bağlıdır. 12 Ağustos görüntüsü için elde edilmiş olan anomali haritasının görüntüyle birlikte gösterimi Şekil 89 ile verilmiştir. Haritada sarı noktalar görüntüdeki bitki bölgeleri içerisinde yüksek skor ile anomali tespit edilmiş noktaları göstermektedir.

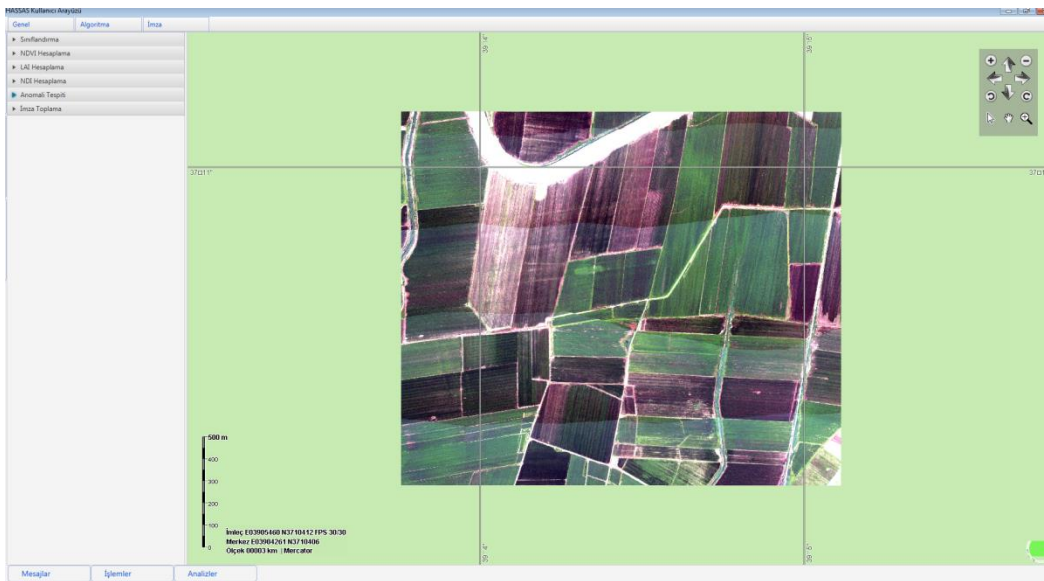


Şekil 89: Bitki Anomali Tespit Algoritması Sonucu

7.2.8 HTUY'un Hassas Tarım Uygulamalarında Kullanımı

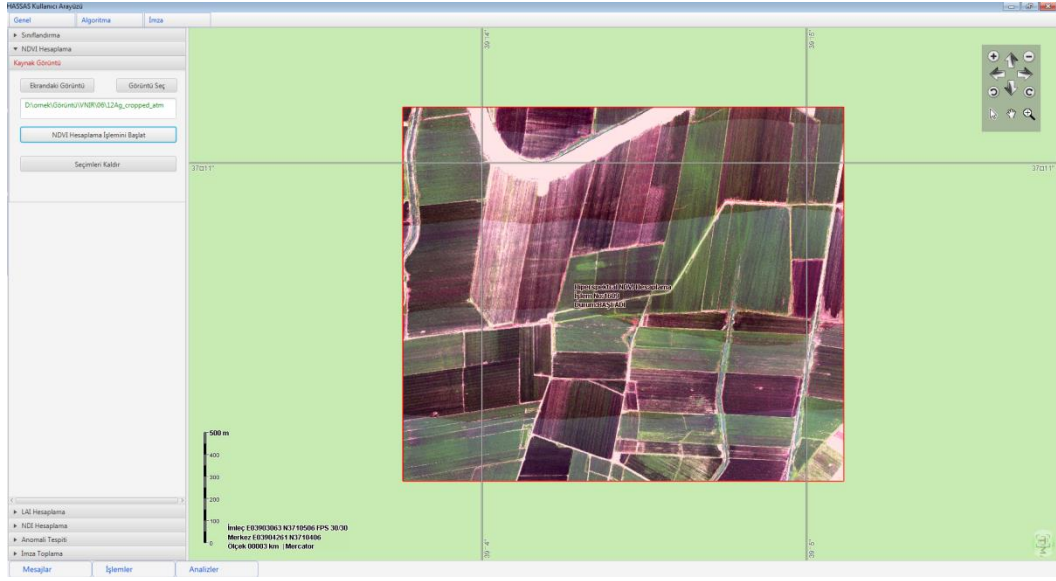
Bu bölümde Hassas Tarım Uygulama Yazılımı'nın hassas tarım uygulamalarında kullanılabilmesi için bilgiler sağlanmaktadır.

1. HTUY arayüzünden VNIR banttaki bir görüntü açılır.



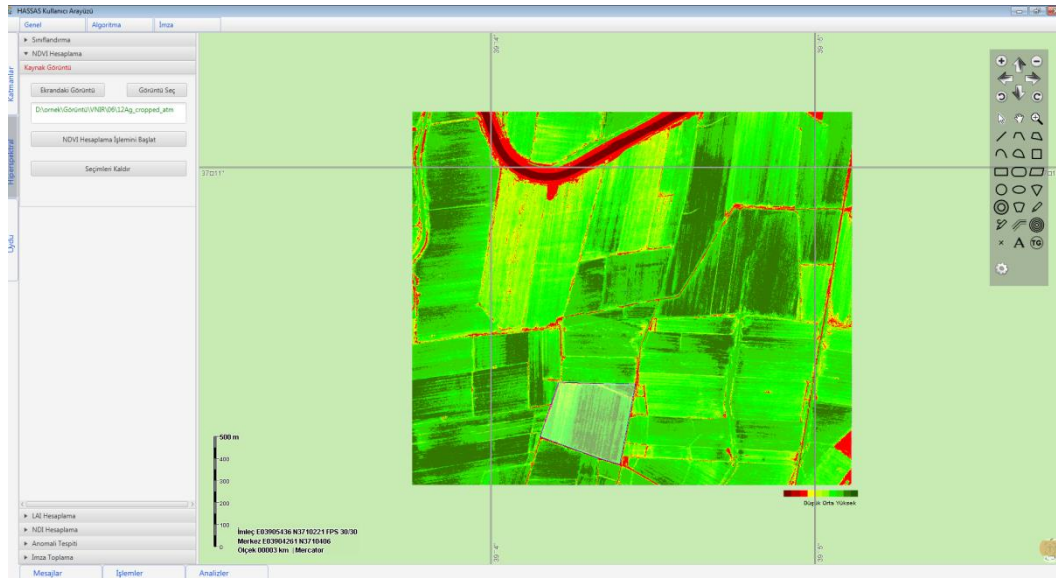
Şekil 90: Görüntünün Açılması

2. Görüntüde NDVI işlemi başlatılır.

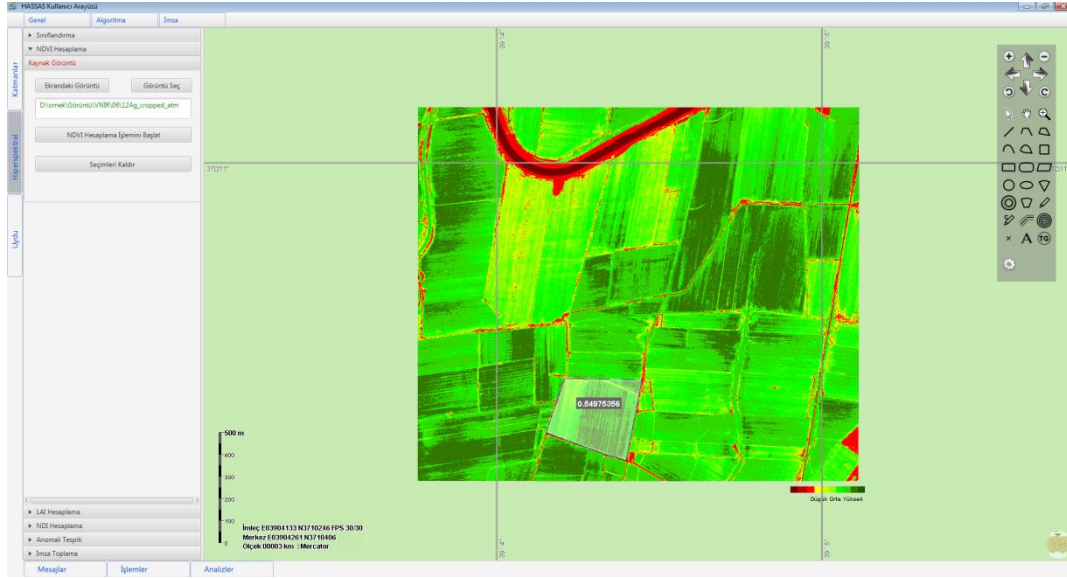


Şekil 91: NDVI Algoritmasının Çalıştırılması

3. Yazılım ilgili görüntüde NDVI haritasını hesaplar ve farenin görüntü üzerinde bulunduğu konuma karşılık gelen noktanın NDVI indeks değeri ekranda otomatik olarak gösterilir.

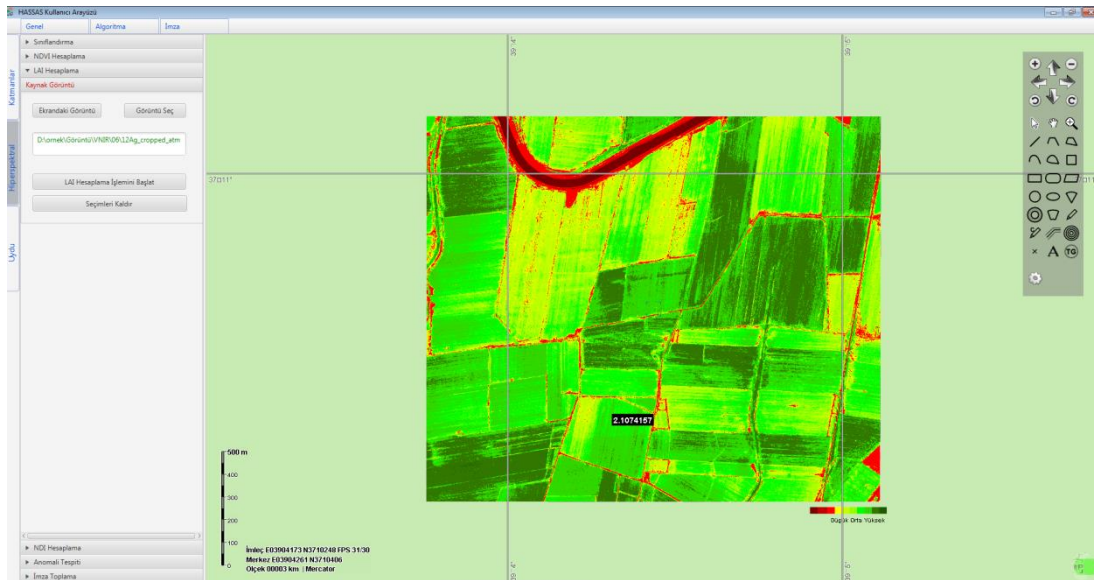


Şekil 92: Hesaplanan NDVI Sonucu



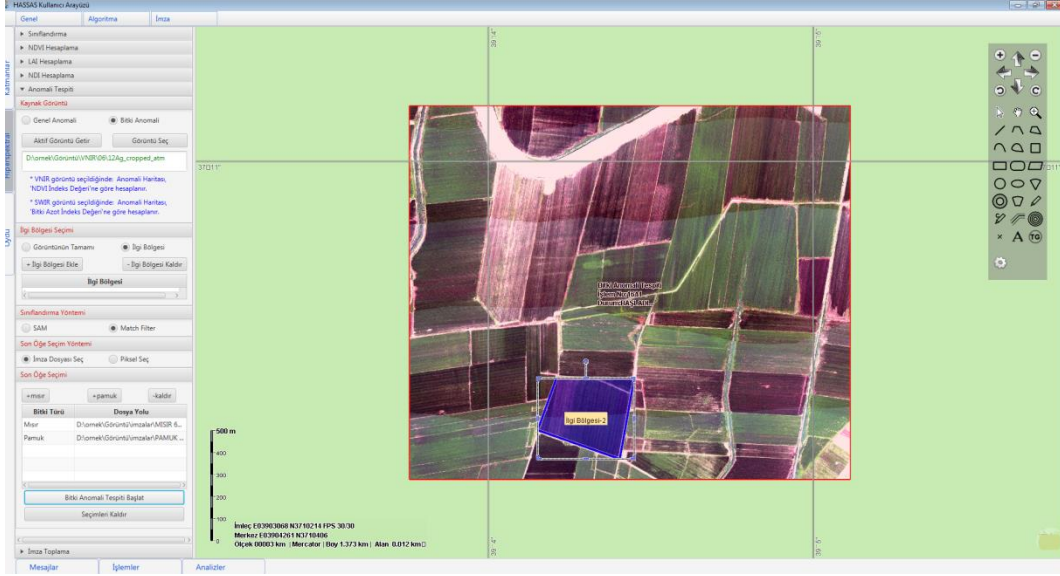
Şekil 93: NDVI'ı Düşük Bölgelerin Belirlenmesi

4. Görüntüde LAI işlemi başlatılır. LAI haritası ekranda gösterilir. Farenin bulunduğu konuma karşılık gelen LAI değeri ekranda otomatik olarak gösterilir. Özellikle ilaçlama ihtiyacını belirleme açısından LAI haritası çok önemli ipuçları sunar.



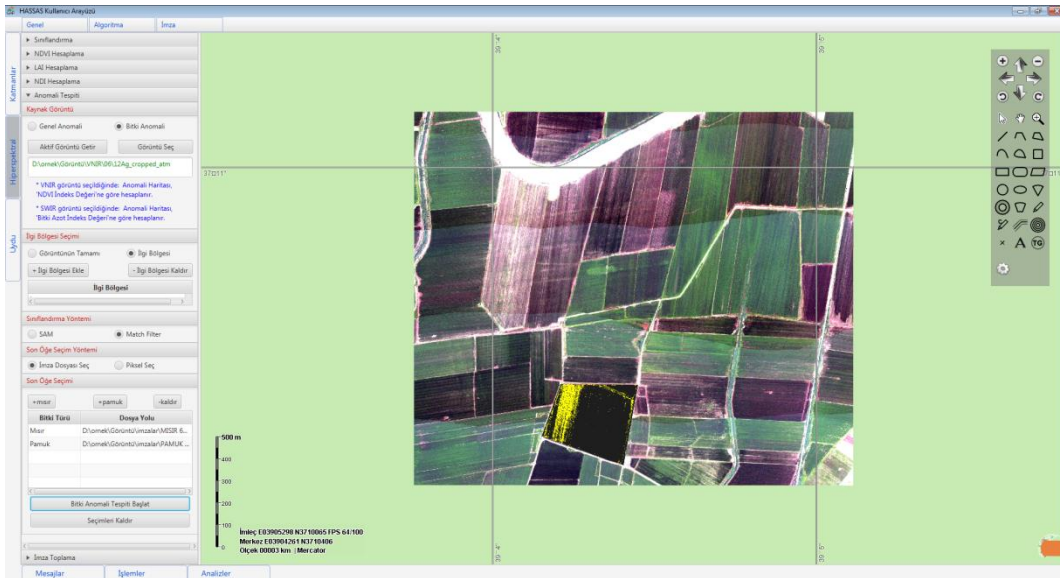
Şekil 94: Hesaplanan LAI Haritası

5. Görüntünün tamamı veya seçilen bir ilgi bölgesi için VNIR banttaki görüntüde bitki anomali bulma işlemi başlatılır. VNIR bantta anomali tespiti çevresine göre NDVI değeri bakımından fakir kalma durumuna dayandırılmıştır.



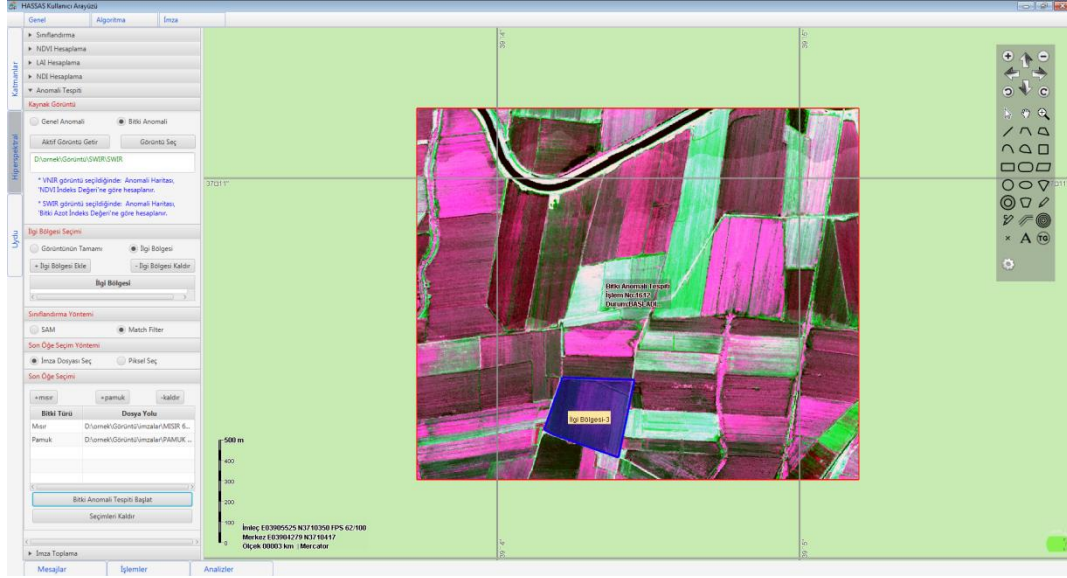
Şekil 95: Bölge Seçilerek Anomali Tespitinin Çalıştırılması

6. Yazılım, seçilen bölgedeki anomali noktalarını tespit ederek sarı renkle işaretler.



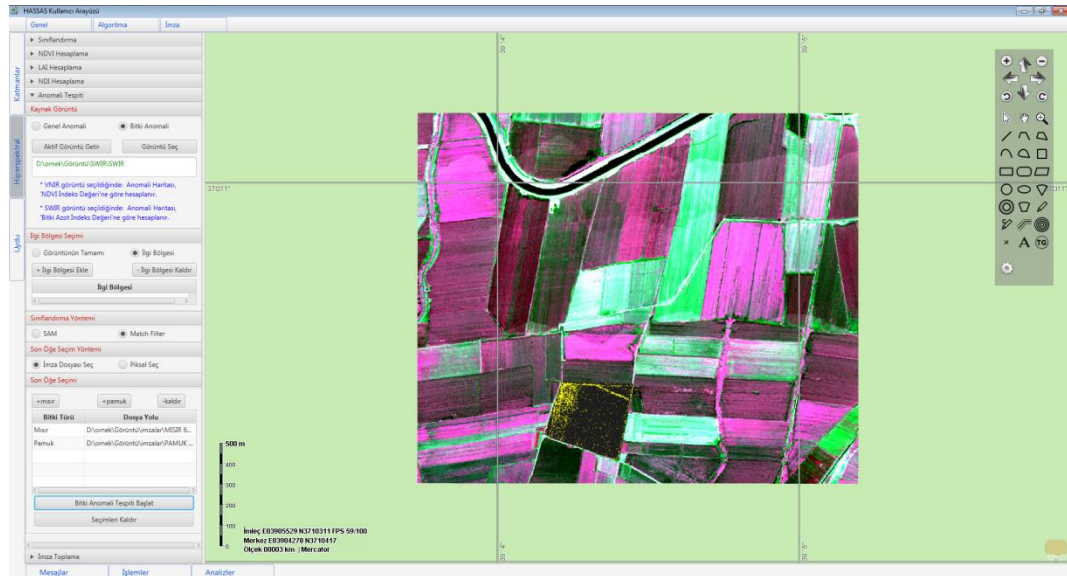
Şekil 96: Belirlenen Anomaliler

7. NDVI bakımından fakir kalmış olan bölgedeki esas sorun kaynağının bulunabilmesi için, aynı görüntünün SWIR banttaki karşılığı açılır. Aynı ilgi bölgesi görüntü üzerinde çizilerek bitki anomali tespit işlemi başlatılır.



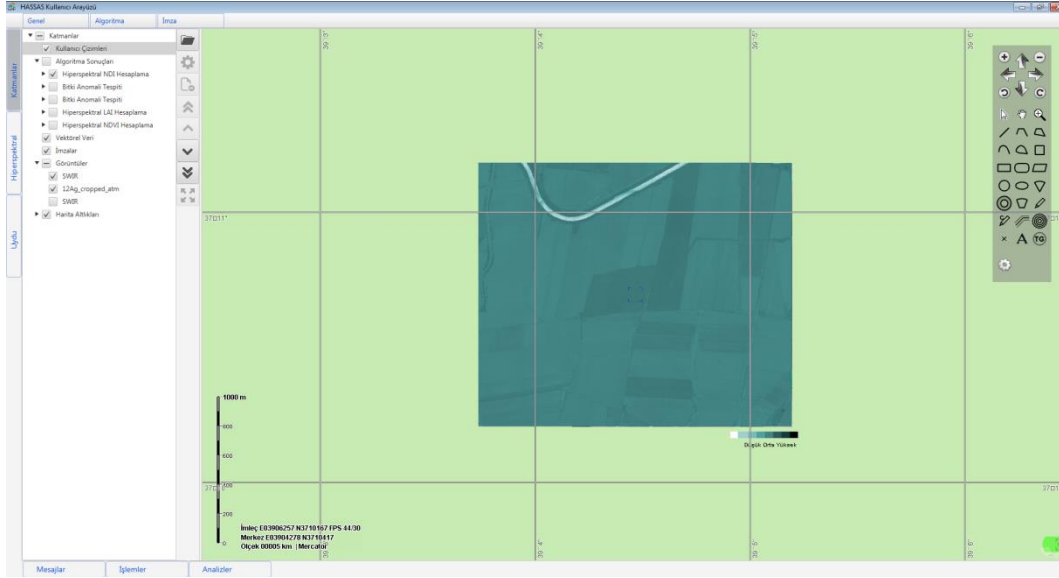
Şekil 97: SWIR Görüntünün Yükleme

8. Yazılım, SWIR banttaki görüntüde anomali bölgelerini bulurken, azot indeksi değerine göre özelleştirilmiştir. Dolayısıyla SWIR bant görüntüdeki anomali noktaları, seçilen ilgi bölgesi içerisinde azot bakımından fakir kalmış bölgeleri gösterir.



Şekil 98: SWIR Görüntüden Anomali Tespiti

9. Ayrıca yine anomali noktalarını tespit ve yorumlama açısından yazılım SWIR banttaki görüntülerden otomatik olarak hesaplanan bir bitki su indeks değeri sunmaktadır. SWIR görüntüde belirtilen bant numaraları seçilerek NDI işlemi çalıştırıldığında yazılım bitki su indeks haritasını hesaplar.



Şekil 99: SWIR Görüntüden Üretilen Bitki Su İndeks Haritası

Bu bilgiler ışığında, sistemi kullanan analist veya çiftçi, NDVI, LAI, su indeksi ve anomali noktalarını rahatlıkla yorumlayarak, çiftçi arayüzüne girdi olacak şekilde ilaçlama, gübreleme, sulama ihtiyaç analiz sonuçlarını sisteme girerek bilgileri veritabanına kaydedebilir, ayrıca PDF raporu çıktısı olarak bilgisayara kaydedebilir. Bu bilgiler çiftçi arayüzünden görülebilen gerekli tedbirler alınabilir.

7.3 DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu bölümde proje kapsamında hiperspektral görüntülerin analiz faaliyetleri (toplanması, ön işleme ve görüntü işleme) hakkında bilgiler verilmiştir. Görüntü işleme algoritmalarında uzaktan algılama ile hassas tarım uygulamalarına ne kadar katkı yapılacağı konusunda önemli bir bilgi birikimi oluşturulmuştur. Ayrıca kullanıcıya analiz yapabileceği, görüntü yükleyebileceği, bitki gelişmişliğini ve verimliliğini ölçebileceği kullanımı oldukça kolay bir yazılım uygulaması hazırlanmıştır. Bu sayede kullanıcılar, bitki sağlığını, anomali durumunu izleyebilecek ve zamanla ürün verim ve rekolte tahminini yapabileceklerdir.

8 UYDU GÖRÜNTÜ ANALİZİ

8.1 GİRİŞ

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında TÜBİTAK UZAY tarafından gerçekleştirilen uydu görüntü işleme faaliyetleri anlatılmaktadır. Bölüm elektro-optik uydu görüntü işleme ve Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) veri analizi çalışmaları olarak ikiye ayrılmaktadır. İki sensör tamamen farklı görüntüleme teknikleriyle, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarını kullanarak görüntüleme yapmaktadır. İki sensörün de uzaktan algılama uygulamalarında birbirlerine göre avantajları, dezavantajları, kendilerine has uygulama alanları bulunmaktadır. Tarım uygulamalarında elektro-optik ve SAR uyduları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde öncelikle elektro-optik uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen çalışmalar, sonrasında SAR görüntüleri ile gerçekleştirilen çalışmalar anlatılacaktır.

8.2 ELEKTRO-OPTİK UYDU GÖRÜNTÜ İŞLEME FAALİYETLERİ

8.2.1 Özet

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında TÜBİTAK UZAY tarafından gerçekleştirilen elektro-optik uydu görüntüleri ile yapılan analizler ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Optik görüntüleme, cisimlerden/yüzeylerden yansıyan güneş ışığını toplayarak elektriksel sinyallere çeviren sensörler aracılığıyla yapılmaktadır. Görüntülenmek istenilen yüzey/cisim elektromanyetik spektrumunun farklı bölümlerine farklı tepkiler vermektedir. Örneğin bitkiler genellikle kırmızı renge karşılık gelen dalga boylarındaki güneş ışığını sönmümlerken, yeşil renge karşılık gelenleri yansıtmaktadırlar. Bu nedenle insan gözü ve elektro-optik sensörler bitkileri yeşil olarak görmekte/görüntülemektedir. Elektro-optik sensörler spektral özelliklerine göre insan gözünün göremediği kızıl-ötesi dalga boylarında da görüntüleme yapabilmektedir. Uydularda en yaygın kullanılan sensörler elektro-optik kameralar olup; Landsat 8, SPOT, Pleiades, IRS, ALOS, Sentinel-2, NOAA, Aqua, GeoEye, QuickBird, IKONOS, WorldView, RapidEye uydu aileleri ve milli uydularımız BİLSAT, RASAT ve Göktürk-2 elektro-optik sensörlerden faydalanmaktadır.

8.2.2 Pamuk ve Mısır İçin NDVI, LAI ve Bitki İndeksleri

Landsat 8 Reflectance Products (reflektansa çevrilmiş görüntüler) ile tanımlanan indeksler aşağıdadır:

NDVI İndeksi:

$$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı}$$

SAVI İndeksi:

$$SAVI = \frac{(NIR - Kırmızı) * 1.5}{NIR + Kırmızı + 0.5}$$

Bitki indeksleri ve LAI arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır:

$$Bİ = a_0 - a_1 * e^{(a_2 * LAI)}$$

Bu denklemi, LAI için çözdüğümüzde aşağıdaki formülü elde ederiz.

$$LAI = -\frac{1}{a_2} \ln \frac{a_0 - Bİ}{a_1}$$

SAVI indeksine göre parametreler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Pamuk Parametreleri: $a_0 = 0.82$, $a_1 = 0.78$, $a_2 = 0.6$.

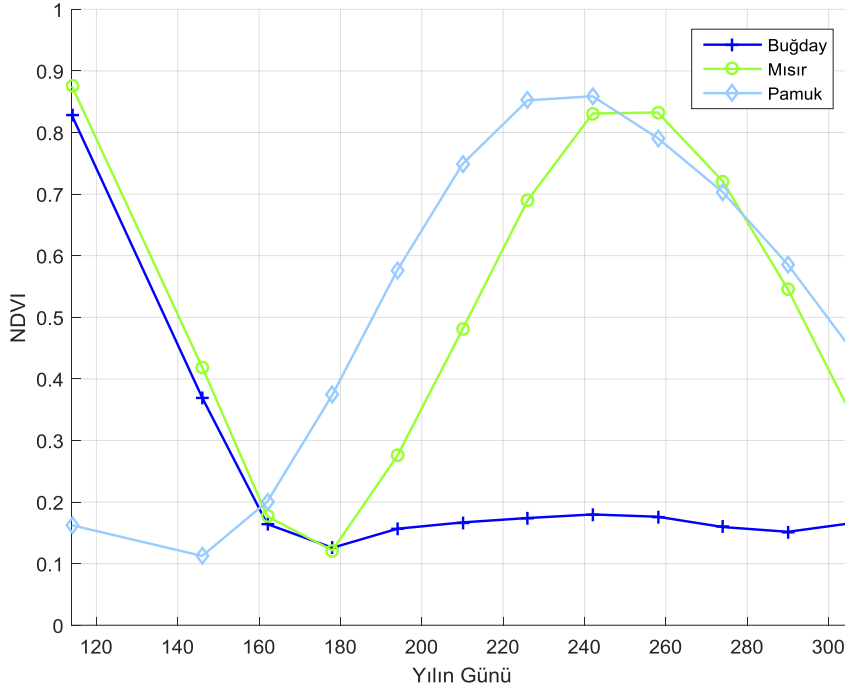
Mısır Parametreleri: $a_0 = 0.68$, $a_1 = 0.50$, $a_2 = 0.55$.

Bu parametreler zamansal olarak değişmek ile birlikte çok zamanlı (multi-temporal) çalışmalarda eğilim analizi için sabit değer kullanılması önerilmektedir. Proje kapsamında uydu görüntülerinden LAI haritaları üretilmesinde mısır ve pamuğa özgü bu formüller kullanılmaktadır.

8.2.3 2015 Yılı İçin Gerçekleştirilen Analizler

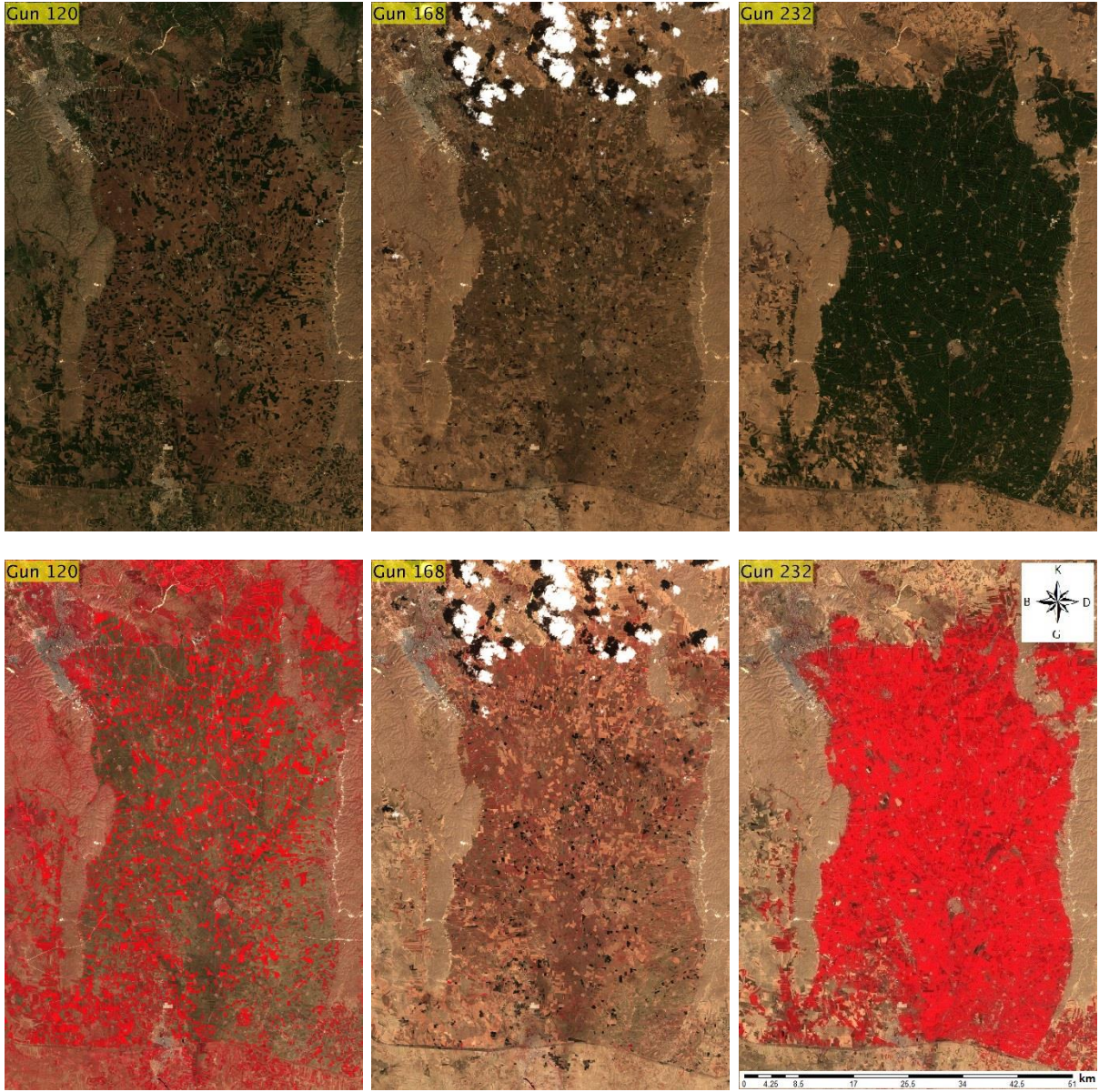
8.2.3.1 Görselleştirme

Harran Ovası'nda 3 ayrı ana ürün mevcuttur. Bu ürünler incelendiğinde genel bir bitki takvimi çıkarmak mümkündür. Bölge yetişen ürünler gelişimi NDVI değerlerinin yılın gününe göre gösterilmesi ile anlaşılabilir. Hububat (Arpa&Buğday, Mısır (2. Ürün) ve Pamuk ürünlerinin yıl içerisindeki gelişimleri Şekil 100 ile gösterilmektedir.



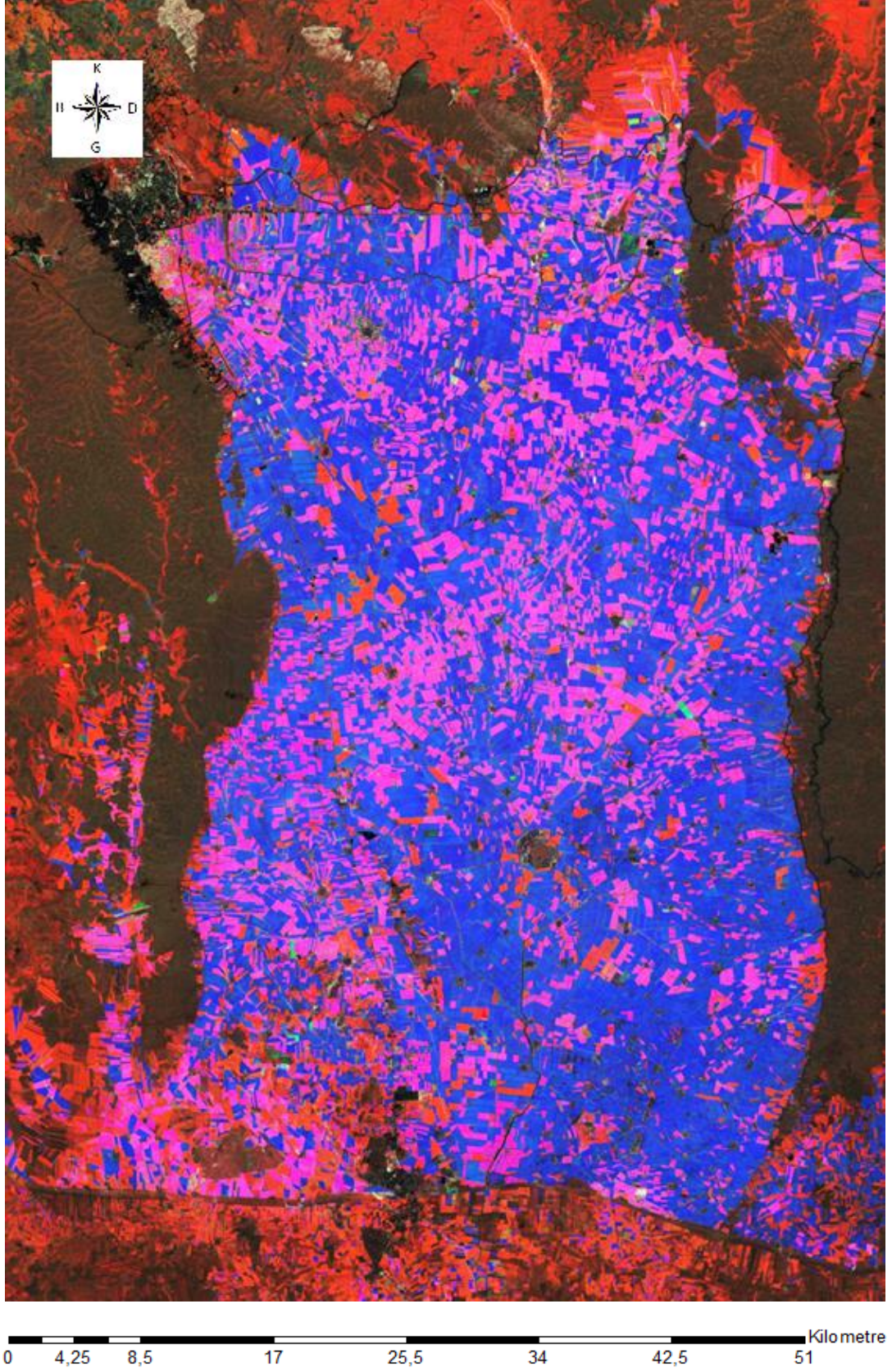
Şekil 100: Harran Ovasında Yetişen Temel Ürünlerin NDVI Değerlerinin Farklı Gelişim Evrelerinde Gösterimi

Çok-zamanlı uydu görüntülerinin, bu bitkileri ayırt etmek için doğru tarihlerde alınan 3 adet görüntü kullanılarak göz ile ürün deseni çıkarılabilir. Bu amaçla geliştirilen görselleştirme yöntemi Buğday için Nisan, Pamuk için Haziran, 2. ürün Mısır için Ağustos aylarına ait birer görüntünün NDVI'ı sırası ile kırmızı, yeşil ve mavi bantlara alınarak bir görüntü oluşturulması esasına dayanır (Şekil 101).

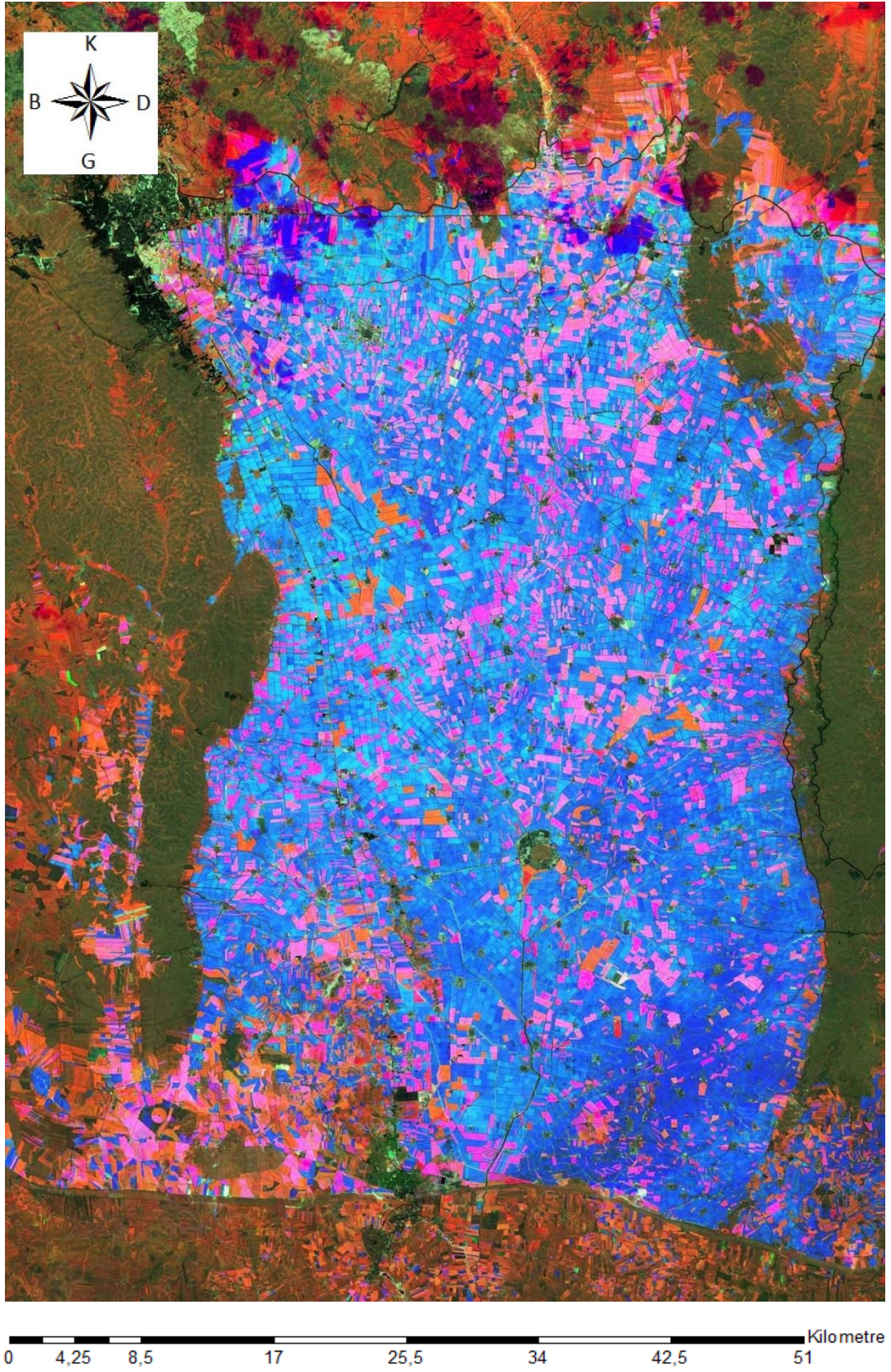


Şekil 101: Görselleştirme İçin Kullanılan 2015 Yılına Ait Görüntüler

Oluşturulan görüntülerde, buğday **kırmızı**, mısır **pembe/mor** ve pamuk **mavi** renkler ile gösterilmektedir. Şekil 102 2014 yılına ait görüntüler kullanılarak, Şekil 103 ise 2015 yılına ait görüntüler kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 102: Harran Ovası 2014 Çok Zamanlı Görüntü Görselleştirme: 114, 162 ve 262. Günler



Şekil 103: Harran Ovası 2015 Çok Zamanlı Görüntü Görselleştirme: 120, 168 ve 232. Günler

8.2.3.2 Kural Temelli Sınıflandırma

Kural temelli sınıflandırmada ürünlerin gelişim takvimi göz önünde bulundurularak basit sınıflandırma kurallarının çok-zamanlı görüntülere uygulanması gerçekleştirilir. Bahar, Haziran ve Yaz dönemlerine ait 1-3 adet görüntünün NDVI'ları hesaplanarak o dönemin ortalama NDVI değeri bulunur, böylece bulutlu görüntülerdeki veri kayıpları en az indirgenir. NDVI için üst sınır 0.5/0.6 alt sınır ise 0.30 olarak belirlenmiştir.

2015 yılı günleri: Bahar (120), Haziran (168), Yaz (216, 232).

Tablo 10: Harran Ovası Kural Tabanlı Sınıflandırma İçin Kurallar

Ürün	Kurallar
Buğday	<ul style="list-style-type: none">• NDVI_Bahar > 0.50• NDVI_Yaz < 0.30• NDVI_Haziran < 0.30
2. Ürün Mısır	<ul style="list-style-type: none">• NDVI_Bahar > 0.50• NDVI_Yaz > 0.60• NDVI_Haziran < 0.30
Pamuk	<ul style="list-style-type: none">• NDVI_Bahar < 0.30• NDVI_Yaz > 0.60

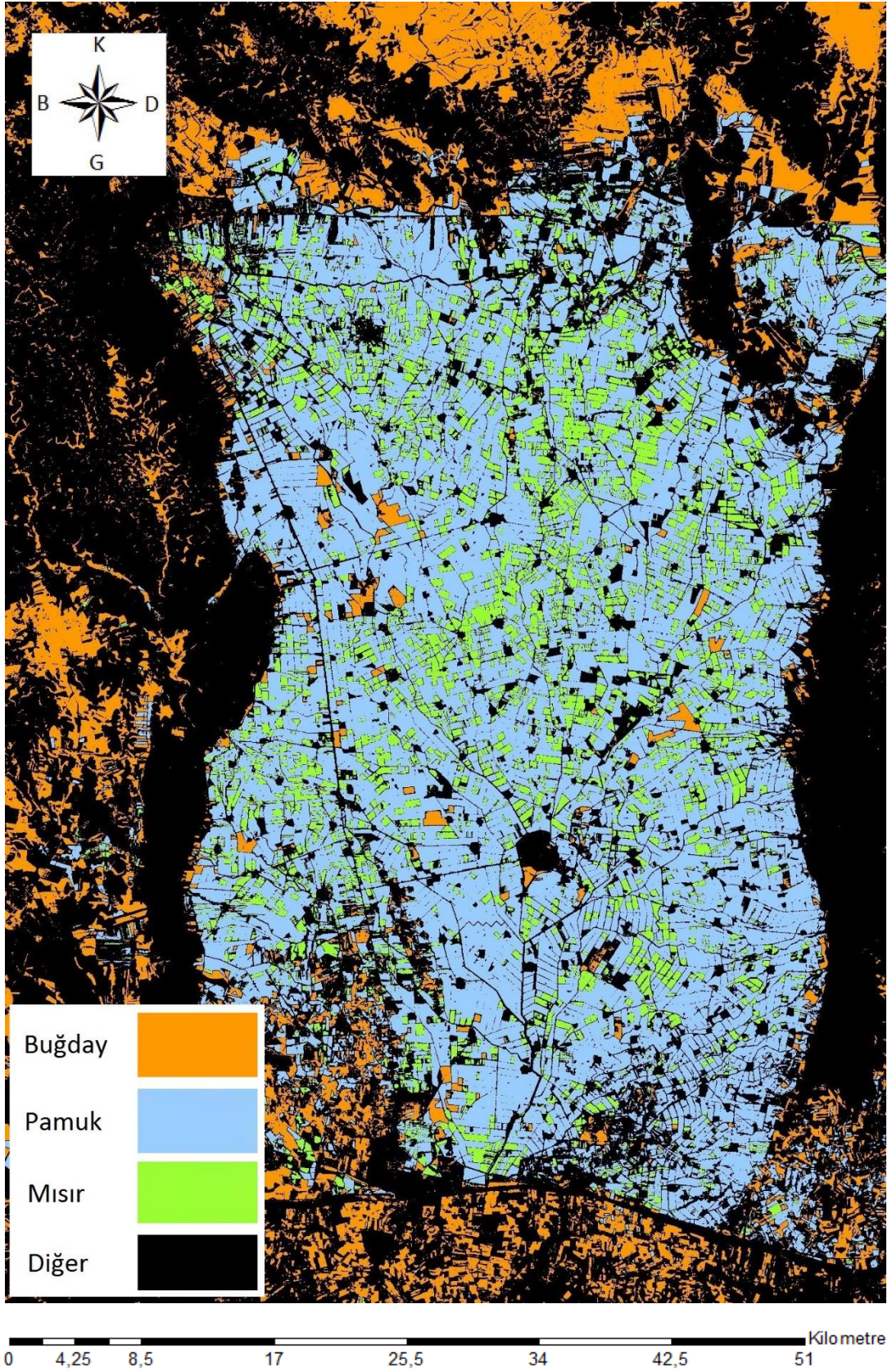
2015 yılına ait görüntülerle oluşturulan kural temelli sınıflandırma haritası Şekil 104 ile sunulmuştur. Buğday **Turuncu**; Mısır **Yeşil**; Pamuk ise **Mavi** renkler ile gösterilmektedir.

8.2.3.3 Zaman Serisi Sınıflandırma

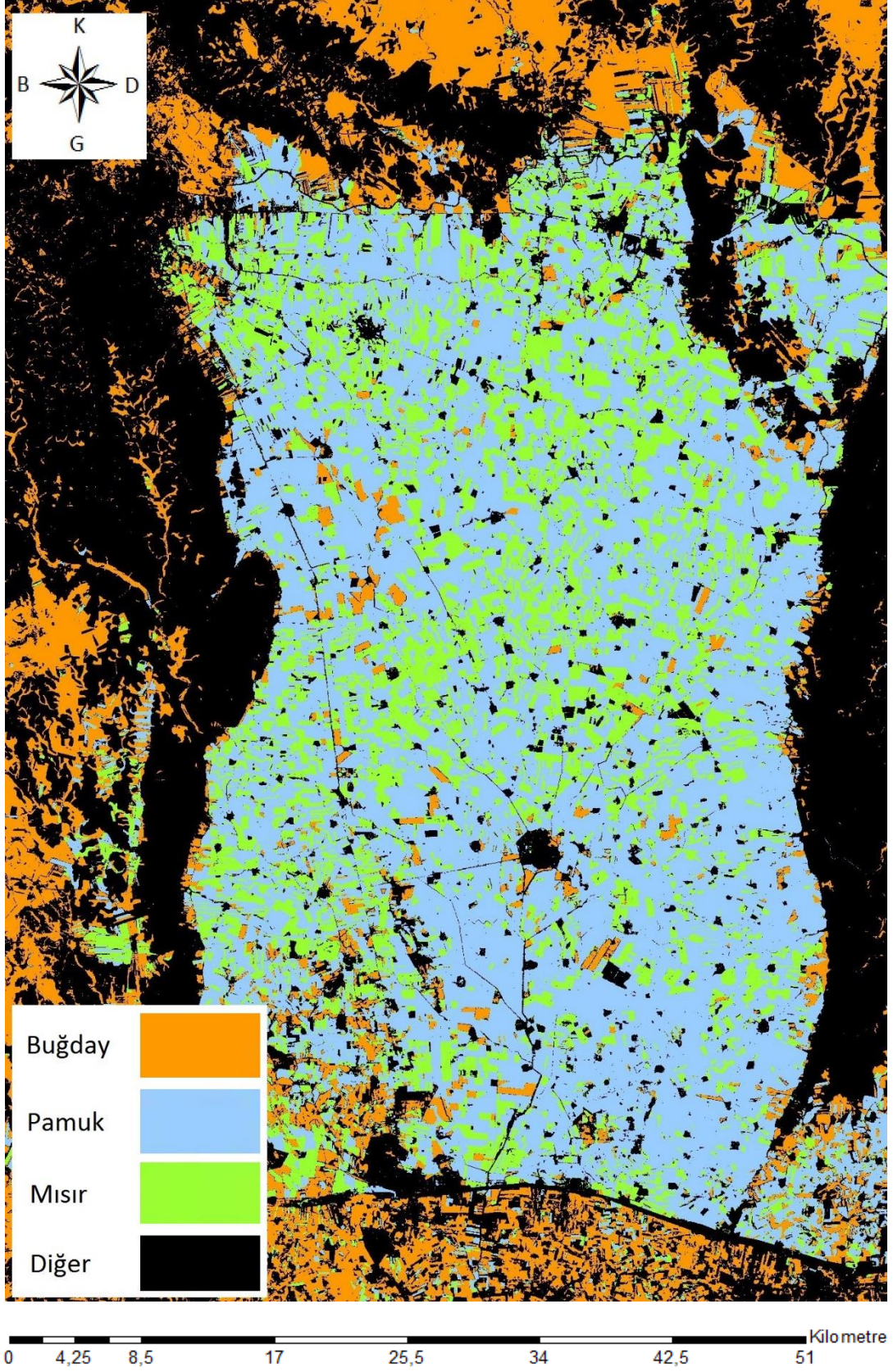
Zaman serisi sınıflandırmada ise kural tabanlı sınıflandırmanın aksine bölgeye ait çekilen tüm görüntüler kullanılır. Zaman serisi sınıflandırma için SAM yöntemi kullanılabilir. SAM hiperspektral verilerin analizi için kullanılmak ile birlikte, zaman serisi verilerin sınıflandırılması için de kullanılmaktadır.

Bu yöntemde eğitilmiş sınıflandırma işlemi ile belirli sayıda örnek veri alınır, örneğin yapılan çalışmada eğitim verisinin her ürüne ait orta NDVI değeri (medyan) kullanılmıştır. Orta değerlere en yakın SAM mesafesine sahip sınıflar K. en-yakın-komşu sınıflandırıcısı ile sınıflandırılmıştır. K değeri 1 olarak seçilmiştir.

2015 yılına ait sınıflandırma sonuçları Şekil 105 ile gösterilmektedir.



Şekil 104: 2015 Yılı Kural Tabanlı Sınıflandırma Sonucu



Şekil 105: 2015 Yılı SAM Sınıflandırma Sonuçları

8.2.4 Bitki İndekslerinin Sınıflandırma Başarımına Etkisi

Bu bölümde farklı bitki indekslerinin sınıflandırma sonuçlarına etkisi analiz edilmiştir. Göktürk-2 ve SPOT-6/7 görüntülerinin analiz sonuçları paylaşılmıştır.

8.2.4.1 Bitki İndeksleri

Bitki indeksleri (VI) bitkilerin fenolojik gelişimlerini takip etmek için kullanılırlar. Bunlar içerisinde en yaygını normalleştirilmiş bitki fark indeksidir (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). Yapılan çalışmada farklı indekslerin karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. NDVI, EVI, SAVI ve MSAVI indekslerinin tarımsal ürün sınıflandırma başarımlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

NDVI ve diğer indeksler sağlıklı bitkilerin yakın kızılötesi (NIR) banttaki ışığı daha fazla yansıtmasını prensibi üzerine kuruludur.

$$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı}$$

EVI (Enhanced Vegetation Index, Türkçe: İyileştirilmiş Bitki İndeksi) MODIS verileri ile yaygın olarak kullanılan bir indekstir. Atmosferin ve bitkinin toprak üzerinde örttüğü alanı değerlendirmeye olarak bitkilerin gelişimini hesaplar.

$$EVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + C1 \times Kırmızı - C2 \times Mavi + L}$$

Buradaki C1 ve C2 atmosferik düzeltme katsayıları, L ise bitkilerin toprağı kaplama oranıdır.

Landsat uyduların için bu değerler: C1 = 7.5, C2 = 6 ve L = 1'dir.

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index, Türkçe: Toprak Düzeltilmiş Bitki İndeksi) indeks hesaplamada bitki örtüsünü de hesaba katar.

$$SAVI = (1 + L) * \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı + L}$$

L değeri deneysel olarak 0.5 kullanılmaktadır.

MSAVI (Modified SAVI) ise L değerini diğer bantların oranlarından çözmeyi amaçlar. Böylece farklı tarihlerde farklı bitki/toprak oranı hesaplanabilir. L değerinin çözülmesi ile MSAVI hesaplanmıştır.

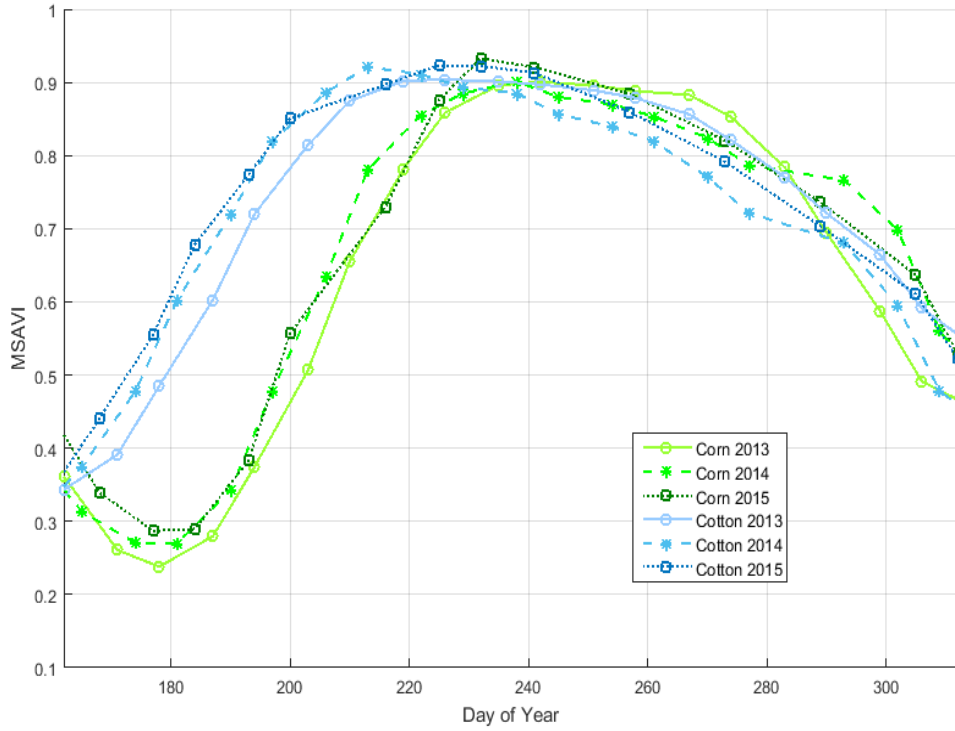
$$MSAVI = \frac{(2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - R)})}{2}$$

Farklı indeksler kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda MSAVI indeksi aynı yıl ve farklı yıllarda yapılan testlerde daha iyi sonuçlar vermiştir. Aynı yıl verisi ve çapraz yılların verilerinin kullanıldığı testlerin sonuçları Tablo 11 ile verilmiştir:

Tablo 11: Bitki İndeksi Seçiminin Zaman Serisi Sınıflandırma Sonucuna Etkisi

İndeks	Aynı Yıl	Çapraz Yıl
EVI	98.7	95.2
NDVI	99.1	95.9
ENDVI	98.6	92.8
TCT	99.1	96.2
SAVI	99.0	95.9
MSAVI	99.3	96.9
OSAVI	99.1	83.5
WDRVI	97.3	92.1

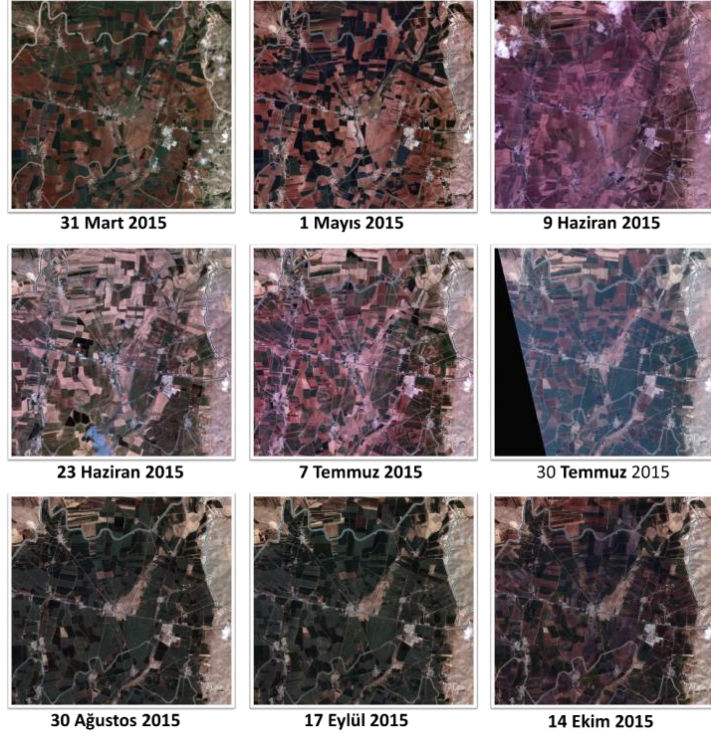
MSAVI indeksi Şekil 106 ile gösterilmiştir. Ürün gelişim dönemleri farklı olmakla birlikte hasat sırasındaki indeks değerlerinin farklılaştığı görülmektedir.



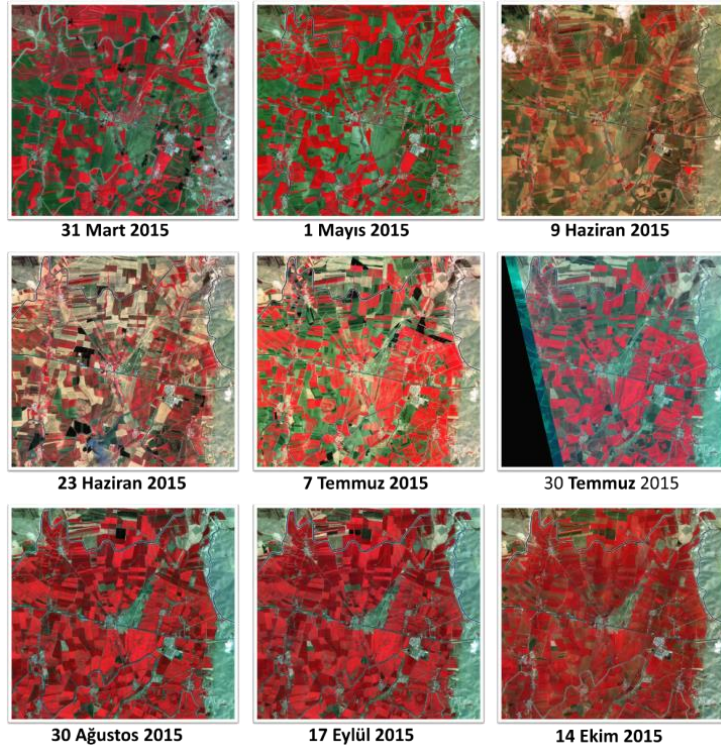
Şekil 106: Farklı Yıllar Arasındaki Pamuk ve Mısırın MSAVI Değişimi

8.2.4.2 Göktürk-2 Zaman Serisi Sınıflandırma

Göktürk-2 verileri ile yapılan çalışmada 2015 yılında çekilmiş 9 adet Göktürk-2 görüntüsü kullanılmıştır. Gerçek ve yalancı renk görüntüler Şekil 107 ve Şekil 108 ile sunulmuştur.

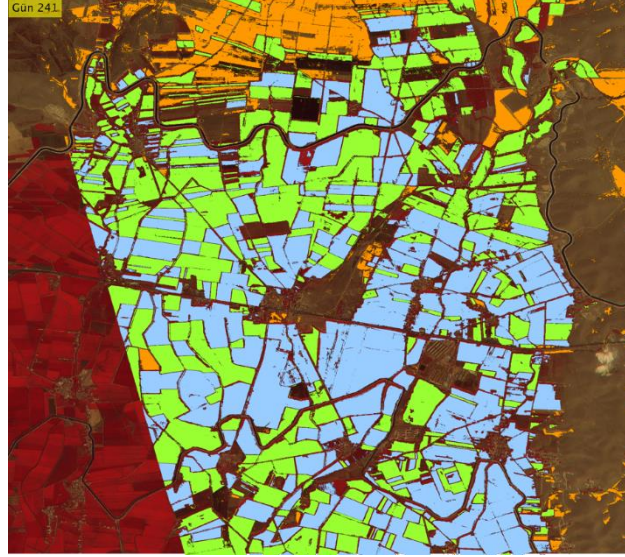


Şekil 107: Göktürk-2 Gerçek Renk Görüntüleri ve Çekim Tarihleri



Şekil 108: Göktürk-2 Yalancı Renk Görüntüleri

Zaman serisi analiz ile yüksek başarımlar elde edilmiştir. Sınıflandırma sonucu ve başarımlar Şekil 109 ve Tablo 12 ile sunulmaktadır. Bu durumda pamuk ile buğday/mısırın fenolojik özellikleri önemli rol oynamaktadır.



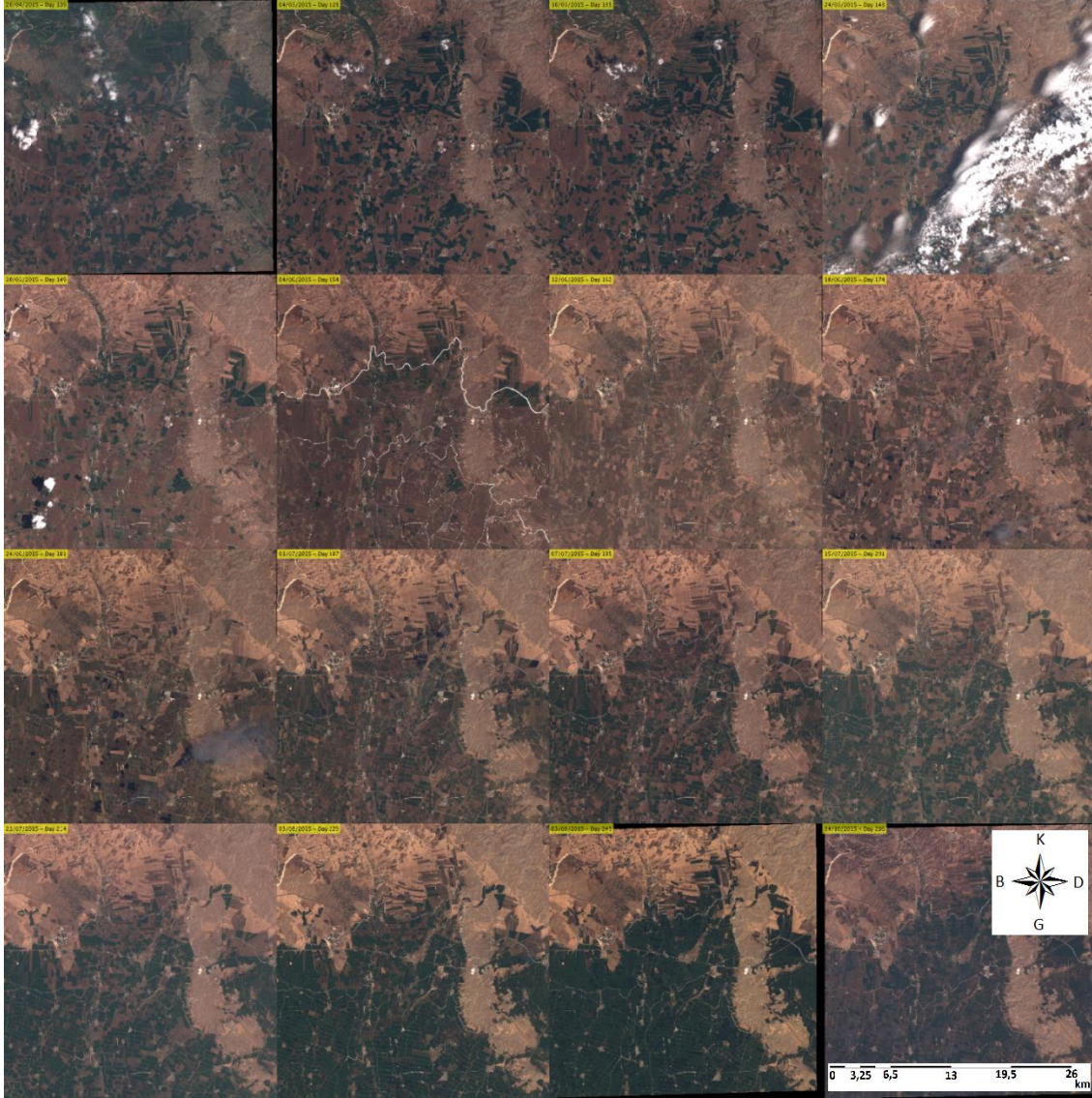
Şekil 109: Ortak Bölgelerin Sınıflandırma Sonucu **Buğday**, **Buğday+Mısır**, **Pamuk**

Tablo 12: Göktürk-2 Sınıflandırma Sonuçları

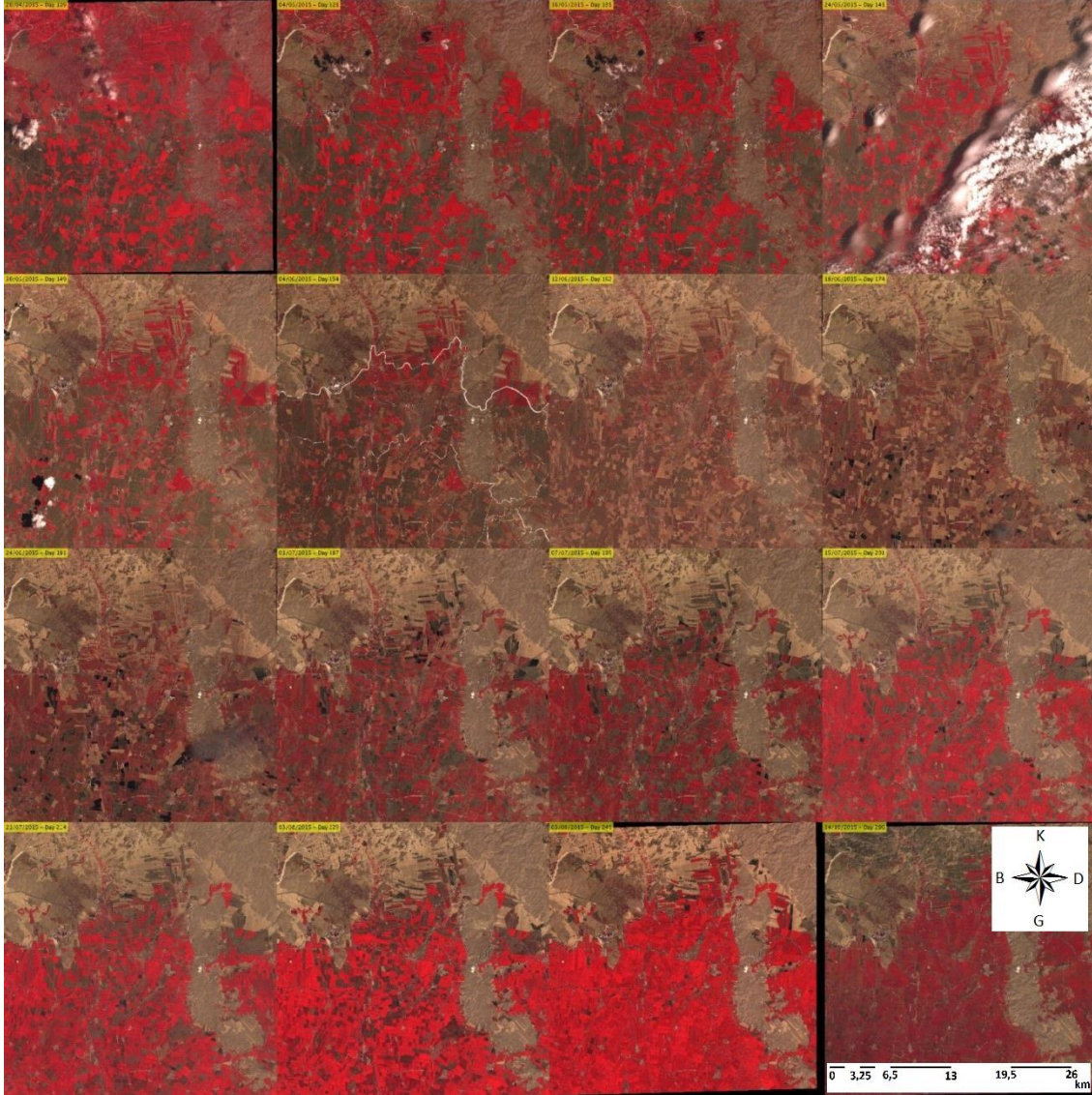
Yöntem	Doğruluk %
Zaman Serisi	99.09
3 Görüntü	96.72

8.2.4.3 SPOT-6 ve Azersky (SPOT-7) Zaman Serisi Sınıflandırma

Bu görüntüler Azercosmos tarafından yapılan çalışmalar için ücretsiz olarak sağlanmıştır. SPOT 6/7 uyduları ile Mayıs-Ekim 2015 ayları arasında 16 adet görüntü çekilmiştir. Zaman serisi analizlerin sonuçları bu bölümde paylaşılmaktadır. Analizlerde kullanılan görüntüler gerçek renkli ve yalancı renkli olarak Şekil 110 ve Şekil 111 ile gösterilmektedir.

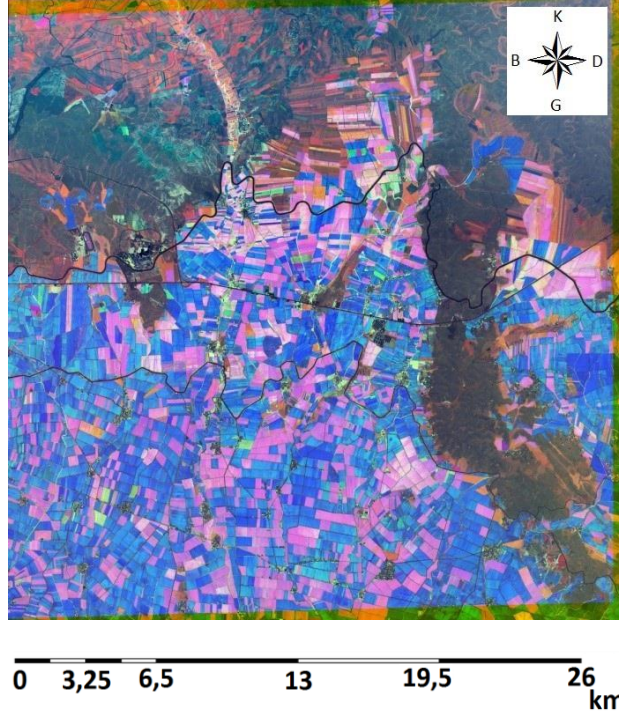


Şekil 110: SPOT-6/7 Gerçek Renk Görüntüler

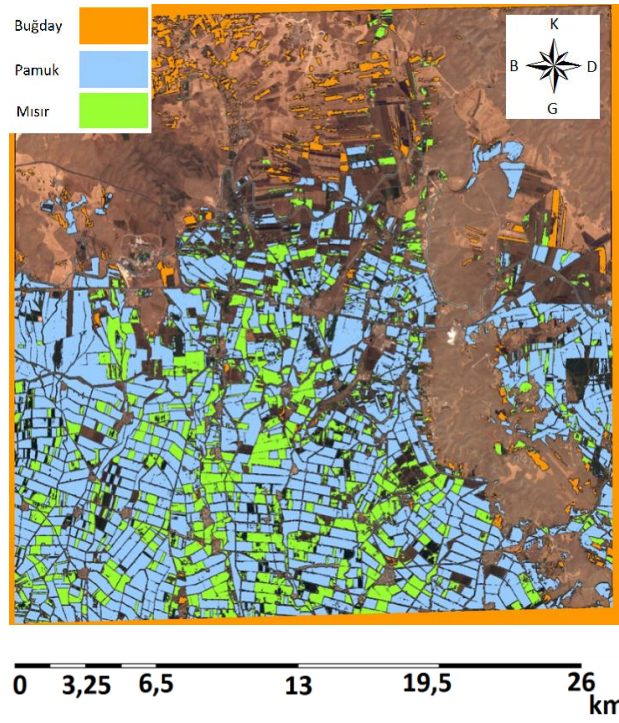


Şekil 111: SPOT-6/7 Yalancı Renk Görüntüler

Şekil 112 ile Nisan, Haziran ve Ağustos aylarında alınmış görüntülerin NDVI değerleri birleştirilerek elde edilen görüntü gösterilmektedir. Kırmızı alanlar buğday, mor/pembe alanlar buğday&mısır, mavi alanlar pamuk ekim alanlarını göstermektedir. Sınıflandırma sonuçları Şekil 113 ile gösterilmektedir.



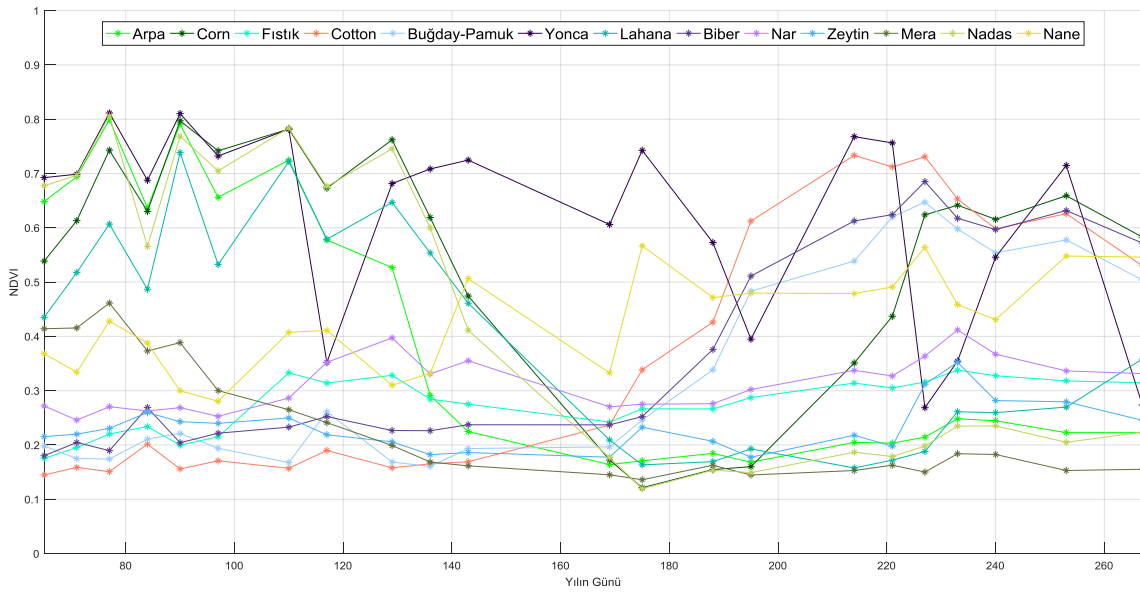
Şekil 112: SPOT-6/7 Nisan/Haziran/Ağustos Birleşik Görüntüsü



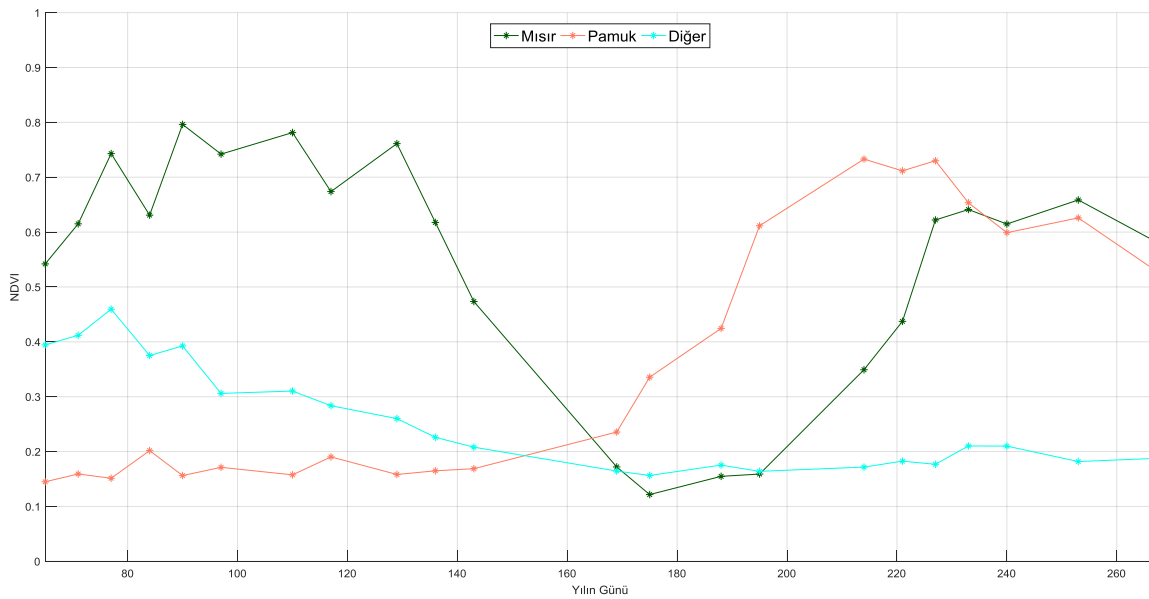
Şekil 113: SPOT-6/7 Sınıflandırma Sonuçları

8.2.5 2016 Yılı Görüntüleri ile Yapılan Çalışmalar

Proje pilot alanında çok sayıda tarımsal ürün yetiştirilmektedir. Bu ürünler içerisinde uydu görüntü analizleri için yeterli alana sahip olanları arpa, mısır, fıstık, buğday, buğday&mısır, yonca, lahana, biber, nar, zeytin, mera ve nane olarak 12 sınıfa ayrılabilir. Şekil 114 bu ürünlerinin yıllık NDVI değişimlerini ve bunlara ek olarak nadasa bırakılmış tarlaların NDVI değişimlerini sunmaktadır. Harran ovasındaki ürünlerin büyük bölümü Pamuk ve Mısır oldukları için bunların haricinde kalan ürünler diğer kategorisinde değerlendirilmiş ve ürünlerin fenolojileri kullanılarak sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Şekil 115 bu sınıflandırma çalışmasında kullanılan pamuk, buğday ve diğer kategorilerinin yıllık NDVI değişimini sunmaktadır.

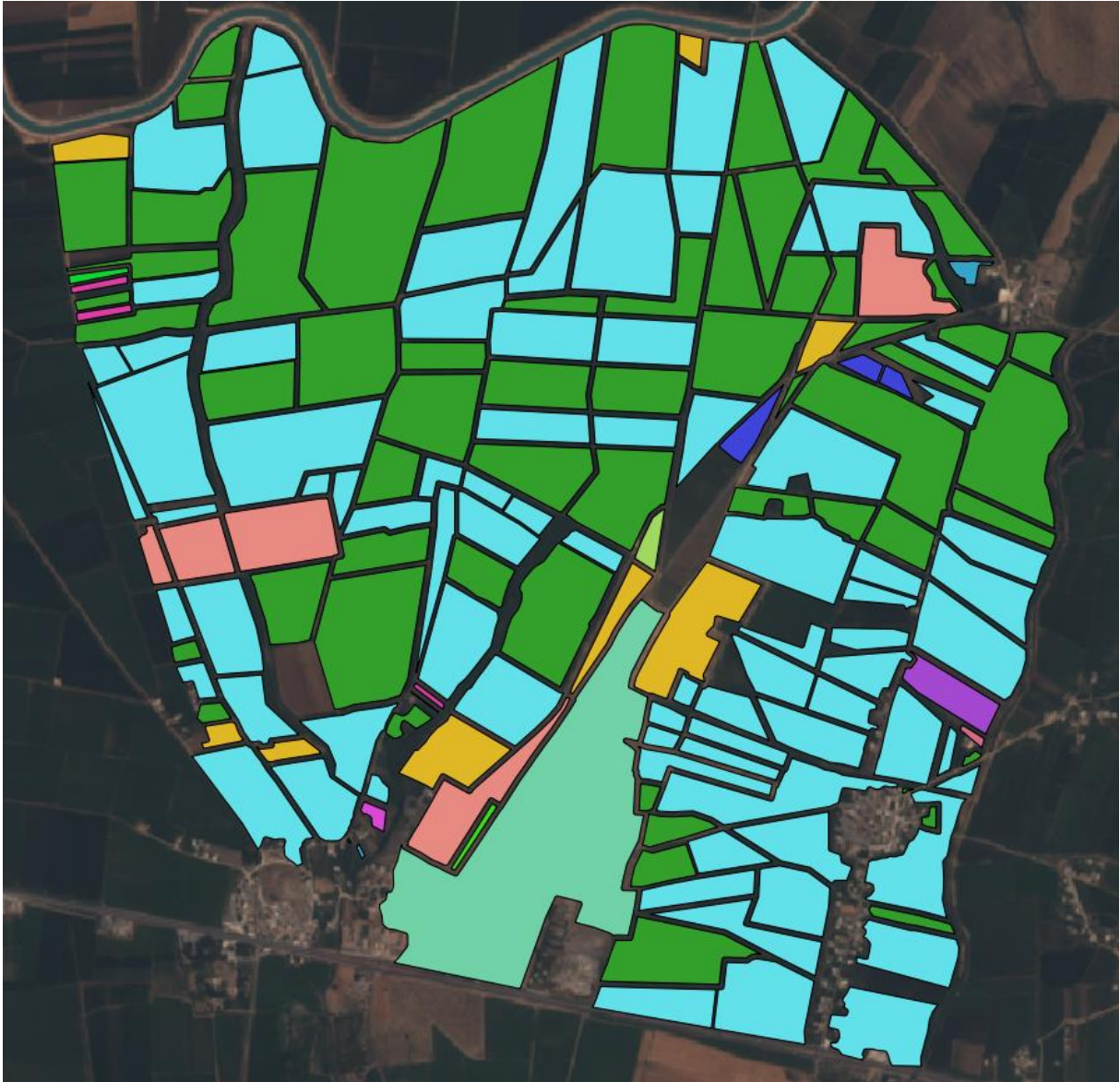


Şekil 114: Cullap Sulama Birliği Yer Doğruluk Verisinde Yer Alan Ürünler ve Fenolojik NDVI Değerleri

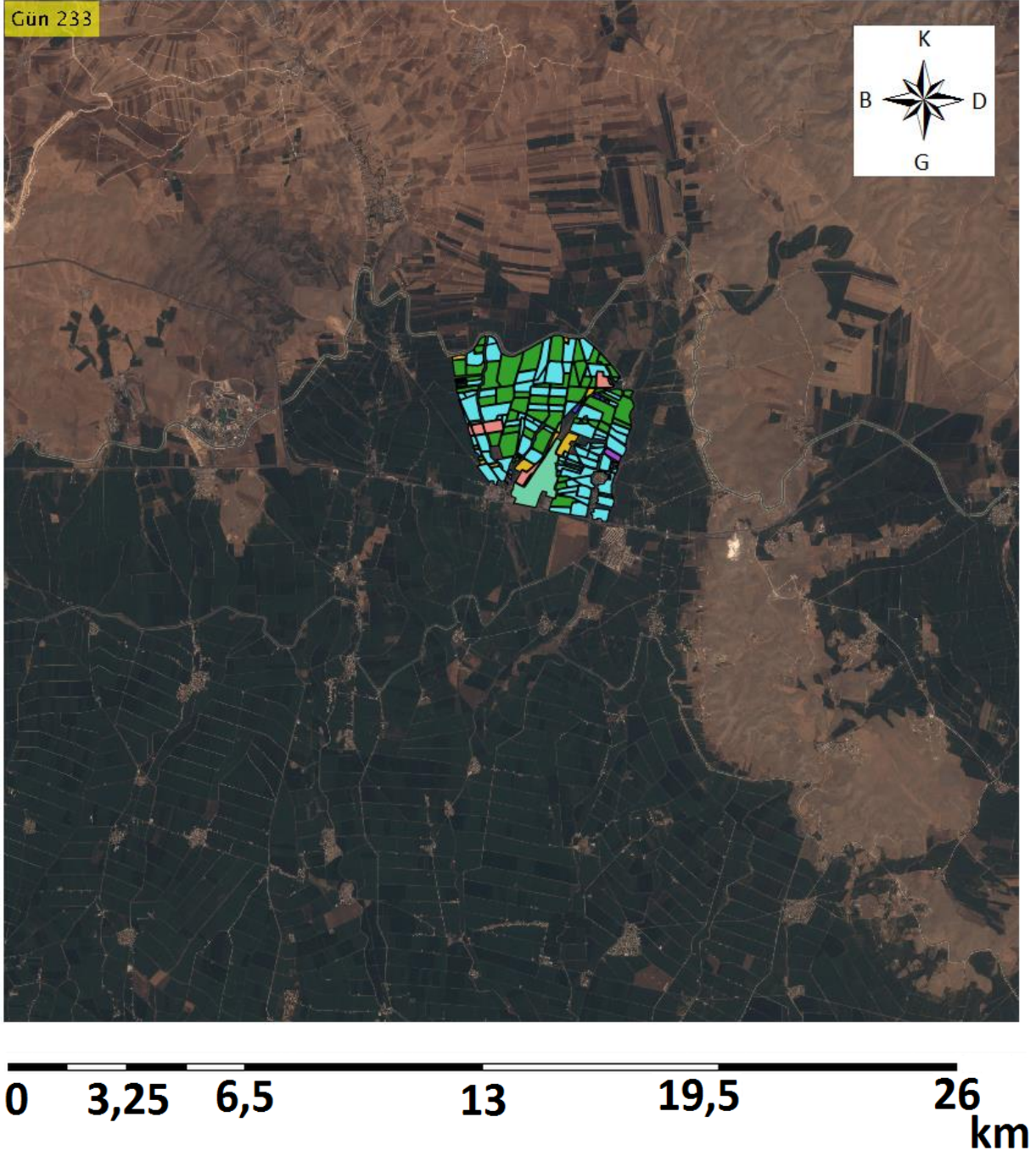


Şekil 115: Cullap Sulama Birliği Yer Doğruluk Verisinde Yer Alan Mısır, Pamuk ve Diğer Ürün Gruplarının Fenolojik NDVI Değerleri

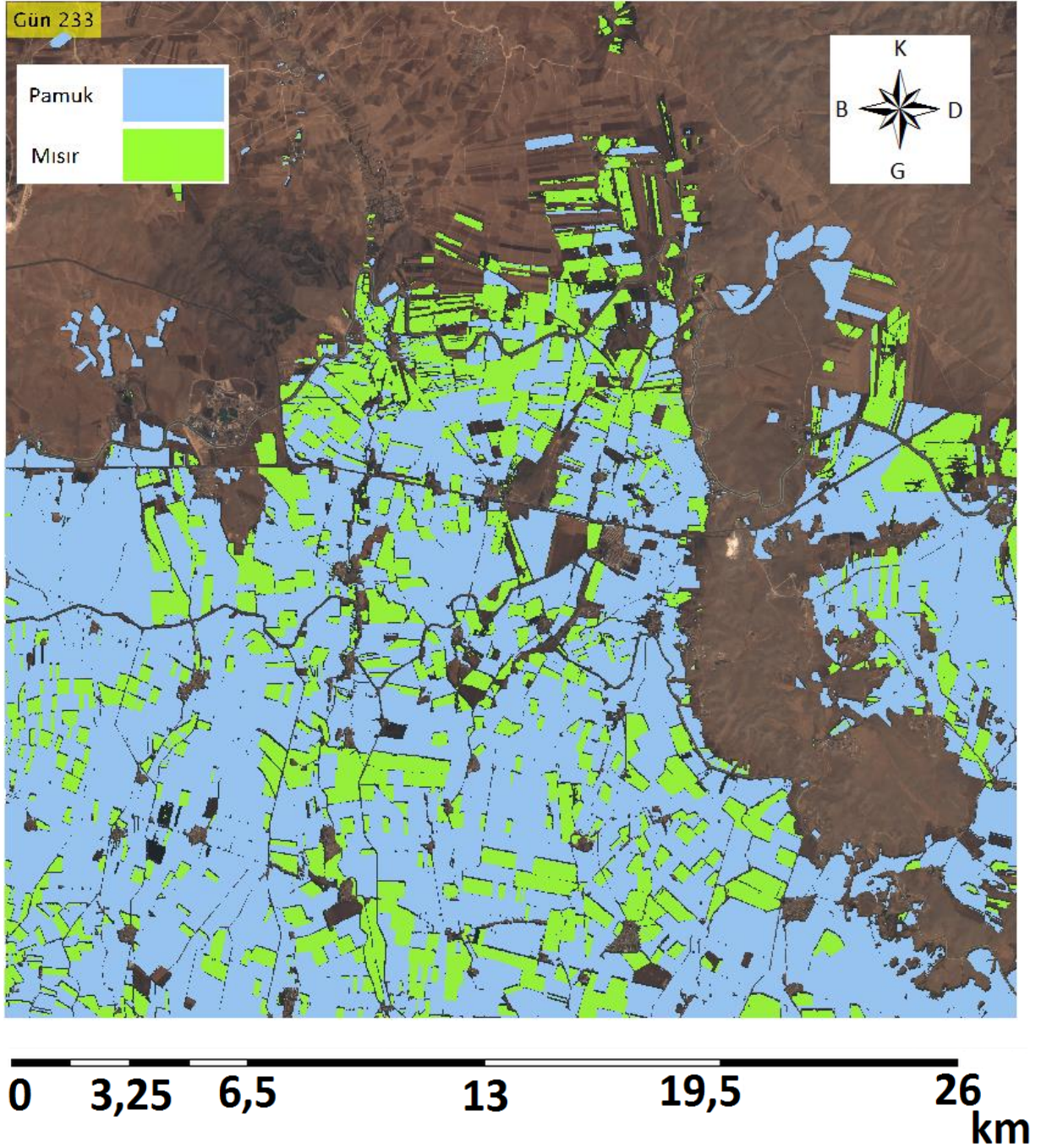
Görüntüler PCI Geomatica yazılımı ile ToA (Top of Atmosphere) yansıma (reflectance) hesapları gerçekleştirilmiştir. Görüntüler farklı pitch açlarında çekildikleri için yansıma değerleri değişkenlikler içermektedir. Zaman serisi sınıflandırma için Euclidean Distance, Spectral Angle Mapper (SAM) ve Dynamic Time Warping (DTW) yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar ise K-en-yakın komşu yöntemine göre elde edilmiştir. Bu yöntemde verilen bir eğitim verisine en yakın örnek/benzeyen veri o ürün sınıfına atanır.



Şekil 116: Cullap Sulama Birliği Yer Doğruluk Verisi Mısır, Pamuk ve Diğer Ürünler



Şekil 117: SPOT Uydu Görüntüsü Üzerinde Gösterilmiş Yer Doğruluk Haritası



Şekil 118: SPOT Zaman Serisi Sınıflandırma Sonucu

8.2.5.1 Sınıflandırma Analizi

SPOT 6/7 görüntüleri ile Hiperspektral görüntülerin sınıflandırma analizleri gerçekleştirilmiştir. Hiperspektral görüntüler hızlı işleme ve eşit şartlarda karşılaştırma için SPOT'un renkli bant çözünürlüğü olan 6 metreye yeniden örneklenmiştir. Tablo 13 ve Tablo 14 eğitim ve sınıflandırmada kullanılan toplam piksel sayılarını sunmaktadır.

Tablo 13: Eğitim Verisi

Ürün	Örnek	%
Mısır	54	35.06
Pamuk	76	49.35
Diğer	24	15.58

Tablo 14: Test Verisi

Ürün	Örnek	%
Mısır	99725	38.87
Pamuk	117090	45.64
Diğer	39755	15.49
Toplam	256570	

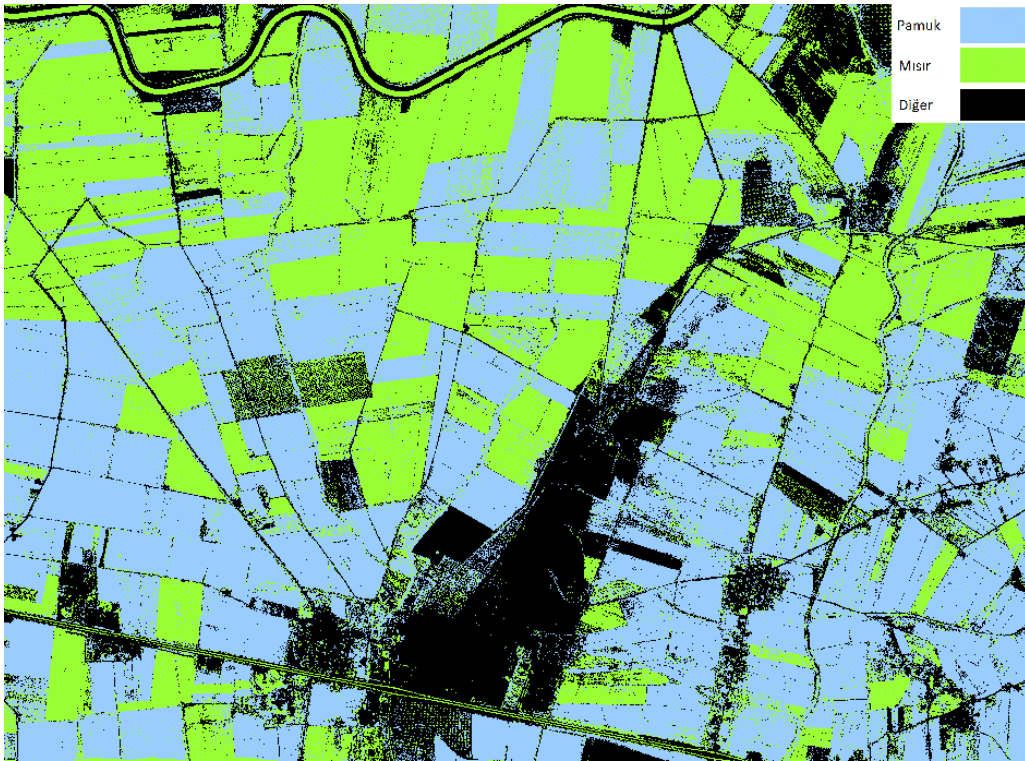
Hiperspektral görüntüler ile aynı tarihlerde çekilen SPOT 6/7 görüntüleri ile yapılan analizlerde mısır, pamuk ve diğer ürünlerin ortalama doğru sınıflandırma yüzdeleri Tablo 15 ile sunulmaktadır. Hiperspektral görüntüler ile çoğunlukla yakın tarihte alınmış SPOT 6/7 görüntülerine göre %6 civarında daha yüksek sınıflandırma başarımı elde edilmektedir.

Tablo 15: Hiperspektral ve SPOT Performans Karşılaştırması

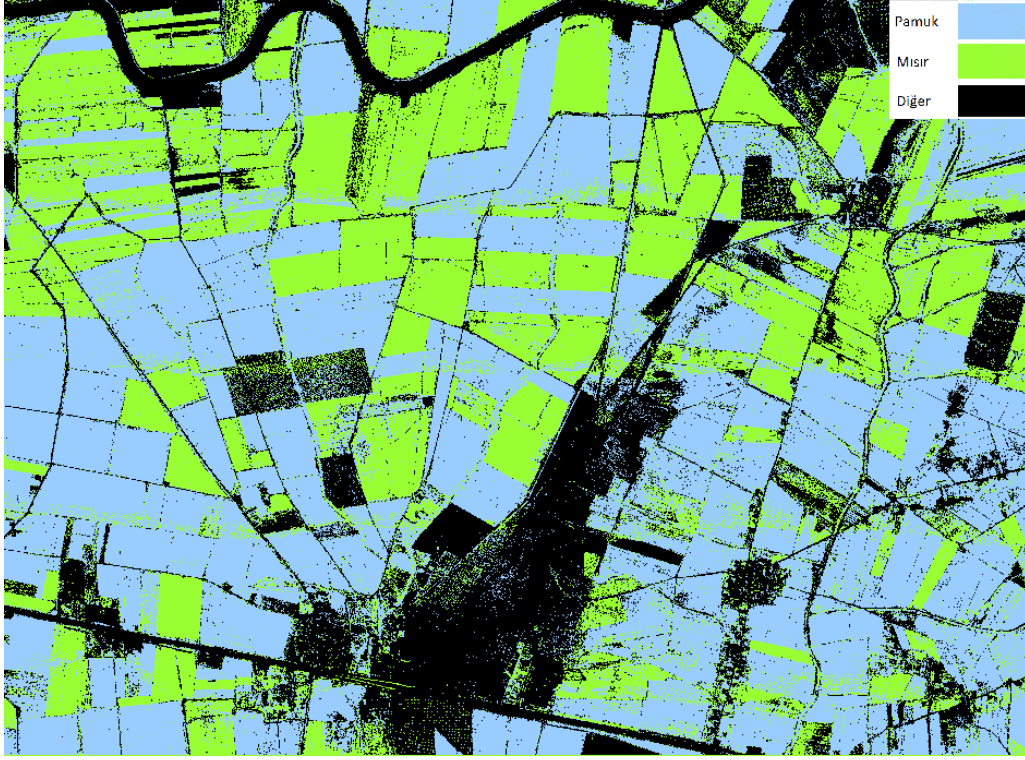
Hiperspektral Görüntü VNIR	Doğruluk %	Multispektral Görüntü	Doğruluk %
1 Mart 2016		5 Mart 2017	79.04
1 Nisan 2016	80.34	6 Nisan 2016	86.17
12 Haziran 2016	76.66	17 Haziran 2016	70.96
25 Haziran 2016	80.98	23 Haziran 2016	77.37
12 Ağustos 2016	90.70	14 Ağustos 2016	86.01
19 Ağustos 2016	88.43	20 Ağustos 2016	81.56
27 Ağustos 2016	89.50	27 Ağustos 2016	81.06
8 Eylül 2016	91.12	9 Eylül 2016	85.55
27 Eylül 2016	87.90	22 Eylül 2016	81.06



Şekil 119: 12 Ağustos Hiperspektral VNIR Görüntü



Şekil 120: Tüm Alanların Sınıflandırma Sonucu



Şekil 121: Alansal ve NDVI Filtreleme Sonucu

8.2.5.2 Görüntü Çekim Tarihi Analizi

Proje kapsamında çok sayıda uydu görüntüsü kullanılmıştır. Mısır, Pamuk ve Diğer ürünlerin sınıflandırılması için en uygun sayıda çekilmesi gereken görüntüler belirlenmiştir. Toplam 22 görüntü içerisinde, 5 görüntü kullanılarak %98.10 doğruluk elde etmek mümkündür. Görüntü çekim tarihleri ile NDVI değer farklarının en yüksek/en düşük olduğu tarihler arasındaki ilişki vardır. Yapılan analizler sonucu farklı gelişim evrelerinde alınmış en az üç görüntü ile yüksek doğrulukla ürün tespiti yapılabilmektedir.

Tablo 16: Kullanılan Toplam Görüntü Sayısının Sınıflandırma Başarımına Etkisi

Görüntü Sayısı	Yılın Günü	Doğruluk
1	110	88,61
2	227	93,04
3	233	96,20
4	175	96,84
5	240	98,10
6	169	98,10

7	188	98,10
8	143	98,10
9	90	98,10
10	267	98,73
11	195	98,73
12	214	98,73
13	221	98,73
14	136	98,10
15	253	98,10
16	65	97,47
17	117	96,84
18	129	96,20
19	77	94,94
20	71	93,67
21	84	93,04
22	97	92,41

8.2.6 Değerlendirme ve Sonuç

Bu bölümde proje kapsamında elektro-optik uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen sınıflandırma çalışmaları anlatılmıştır. Ürün sınıflandırmada farklı yöntemlerin elektro-optik uydu görüntülerine uygulanabileceği ve yüksek başarımlı sınıflandırma sonuçlarının elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bitki indekslerinin tarımsal ürün sınıflandırmadaki önemi ortaya koyulmuş, kullanılan zaman serisi görüntülerin sayısı belirli bir seviyeye kadar arttıkça sınıflandırma performansının da iyileştiği gözlemlenmiş ve bitki fenolojisine göre görüntü çekim tarihlerinin önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elektro-optik görüntüler ile karşılaştırma amaçlı hiperspektral görüntüler üzerinde de aynı yöntemler ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş, hiperspektral görüntüler ile çoğunlukla %6 civarında daha iyi sınıflandırma performansları elde edildiği gözlemlenmiştir. Hassas Tarım Uygulama Yazılımı'nda (HTUY) kullanılan uydu görüntü işleme algoritmalarına bu çalışmalar kapsamında geliştirilen algoritmalar girdi olarak sağlanmıştır.

8.3 SENTETİK AÇIKLIKLI RADAR GÖRÜNTÜ İŞLEME FAALİYETLERİ

8.3.1 Özet

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" (HASSAS) kapsamında TÜBİTAK UZAY tarafından gerçekleştirilen Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) veri analizi çalışmaları anlatılmaktadır.

İlk olarak, radar görüntüleme ve SAR uyduları ile ilgili genel bilgiler sunulmakta, elektro-optik görüntüleyicilerden farkları anlatılmaktadır. Bunu takiben, SAR görüntülerinin tarım uygulamalarında kullanımı ile ilgili literatür taraması sunulmaktadır. Farklı dalga boylarında (bant) çalışan SAR sensörlerinin tarımsal uygulamalarda kullanımı değerlendirilmiştir. Mısır ve pamuk bitkilerinin analizi için SAR dalga boyu, polarizasyon ve mekânsal çözünürlüğün önemi ve etkileri değerlendirilmektedir.

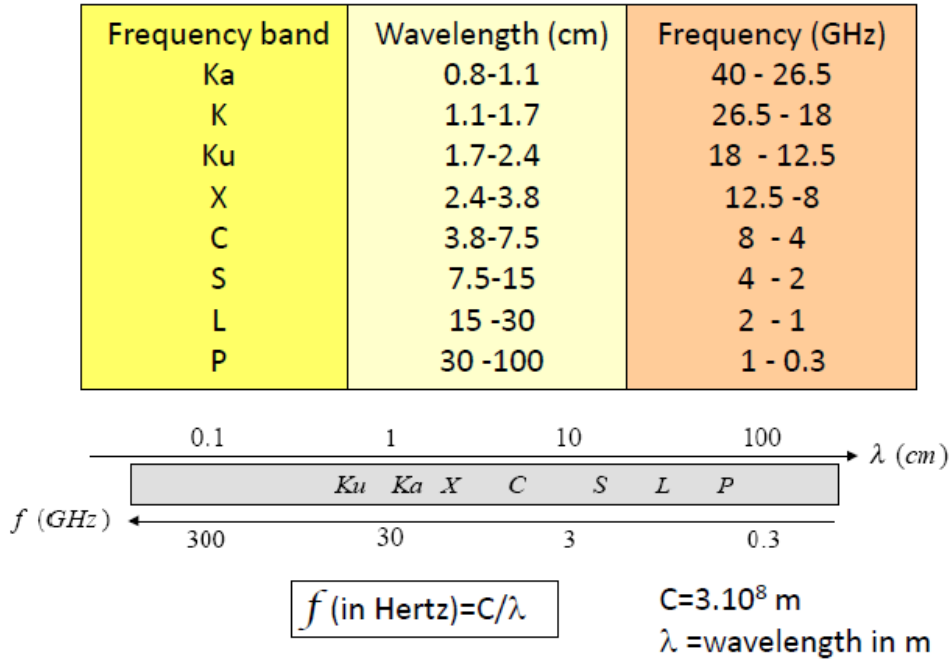
İkinci kısım, ticari ve yüksek mekânsal çözünürlüklü TerraSAR-X görüntüleri ile görüntüleri ücretsiz ancak mekânsal çözünürlüğü daha düşük olan Sentinel-1 görüntülerinin mısır ve pamuk bitkilerinin otomatik sınıflandırılmasında performanslarının karşılaştırılması üzerine gerçekleştirilen çalışmayı sunmaktadır.

8.3.2 Giriş

Radar görüntüleme optik görüntülemeden farklı olarak antenleri vasıtasıyla ürettiği elektromanyetik sinyalleri görüntüsünü almak istediği yüzeye verici antenleri vasıtasıyla göndermekte ve yüzeyden yansıyan sinyalleri alıcı antenleri vasıtasıyla geri toplamaktadır. Bu bağlamda, Radar aktif bir sensör olarak sınıflandırılırken, Optik görüntüleme ise pasif olarak yüzeyden yansıyan Güneş ışığını toplamaktadır. SAR, radar görüntüleyicilerin bir çeşididir. Sentetik Açıklıklı terimi SAR sensörünün matematiksel hesaplamalar ve benzetimler ile sanki üzerinde bulunduğu platformun (uydu, uçak vb.) uçuş güzergâhı boyunca devasa bir anten kullanıyormuş gibi görüntü üretmesinden gelmektedir.

Elektronik teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte SAR görüntüleme son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Uzay teknolojileri alanında önde gelen hemen hemen tüm ülkelerin yörüngede işlevsel halde SAR uyduları bulunmaktadır. COSMO-skymed, TerraSAR-X, RADARSAT-2, ALOS-PALSAR, KOMPSAT-5, Sentinel-1 vb. bu platformlara verilebilecek örnekler arasındadır. SAR sinyalleri bulutları, su buharını, atmosferdeki molekülleri ve parçacıkları penetre edebilmekte; bu nedenle her hava koşulunda kullanılabilir. Ayrıca gece gündüz ayrımı olmaksızın görüntü alabilmektedir. Bu özellikleriyle optik sensör taşıyan uydulara göre avantajlı konuma geçmektedir. Ayrıca optik sensörlerden farklı olarak, SAR görüntüleri bitkisel bölgelerinin yapısal özellikleriyle ilgili önemli bilgiler taşımaktadır.

SAR görüntülemede kullanılan elektromanyetik dalga boyları ve karşılığı olan bant aralıkları Şekil 122 ile verilmiştir. Gösterilen frekans bantlarından en yaygın kullanılanlar X, C ve L bantlarıdır.



Şekil 122: Frekans Bantları, Dalga Boyları ve Frekansları.

SAR uyduları 1990'ların başında kullanılmaya başlanmıştır. Kullanım ömrü 5-15 yıl aralığında değişebilen SAR uyduları günümüzde hâlen üretilmektedir. Avrupa Uzay Ajansı (ESA), Kanada Uzay Ajansı (CSA), Alman Uzay Ajansı (DLR) ve Japon Uzay Ajansı'na (JAXA) ait operasyonel SAR uyduları bulunmaktadır ve İtalya, Güney Kore, Hindistan ve Çin gibi ülkelerin de SAR uydu üretimi ile ilgili çalışmaları olduğu bilinmektedir. 90'lı yıllarda 25 metre seviyesinde olan mekânsal çözünürlük günümüzde 1 m'ye kadar düşmüştür. Farklı polarizasyon kanalları görüntülenen bölge ile ilgili farklı bilgiler taşıdığından, çoğunlukla SAR uyduları birden fazla polarizasyon seçeneği sunacak şekilde üretilmiş ve üretilmektedir. Polarizasyon SAR görüntüsünü çeken alıcı ve verici antenlerin konfigürasyonları ile ilgili bir özelliktir. Örneğin HH-polarizasyon alıcı ve verici antenlerin iletim özelliklerinin Horizontal-Horizontal (Yatay-Yatay) yönde olduğunu anlatmaktadır. En yaygın kullanılan polarizasyon kombinasyonları aşağıda verilmiştir:

HH (Horizontal-Horizontal) : Verici anten yatay, alıcı anten yatay iletim özelliğinde

VV (Vertical-Vertical) : Verici anten dikey, alıcı anten dikey iletim özelliğinde

HV (Horizontal-Vertical) : Verici anten yatay, alıcı anten dikey iletim özelliğinde

VH (Vertical-Horizontal) : Verici anten dikey, alıcı anten yatay iletim özelliğinde

Farklı polarizasyondaki sinyallerin yüzeyle etkileşimi farklı şekillerde gerçekleşmektedir. Örneğin, X-bant HH polarizasyonlu SAR sinyallerinin VV polarizasyonlu sinyallere göre bitki yapılarını daha fazla penetre edebildiği ve yatay bitki kanopisiyle ve alttaki yüzey ile daha fazla etkileşebildiği bilinmektedir. VV polarizasyonlu sinyaller ise dikey yapılarla daha fazla etkileşmektedir.

SAR görüntülerinin tarım uygulamalarında kullanımına ilişkin TerraSAR-X uydusu tarafından paylaşılan genel tanıtım dokümanlarında aşağıdaki maddelere yer verilmektedir:

- Tarlada bulunan heterojenliklerin haritalanması
- Ürün tanıma
- Ürün büyüme aşamasının tespiti
- Ürün parametre değerlendirmesi
- Parselleme, küçük tarlaların tespiti

SAR görüntülerinin tarım ürünlerinin izlenmesinde kullanılmasının sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Veri uygunluğu (data availability).
- Tarım ürünlerinin spektral özelliklerinin yıldan yıla, tarladan tarlaya değişim gösterebilmesi.
- Gübre verilmesi, rekolte tahmini gibi konularda hızlı veri elde etme.
- Elektro-optik uydular için bulutların problem teşkil etmesi, radar sinyallerinin bulutlardan etkilenmemesi.
- Tarım ürünlerinin fenolojik evrelerine göre reflektanslarının değişimi.
- Tahılların (arpa, buğday, çavdar) spektral özelliklerinin çok benzer olması.
- Radar sinyallerinin bitkinin şekline ve yapısal özelliklerine hassas olması.

8.3.3 Sentinel-1 ve TerraSAR-X Uydularının Sınıflandırma Başarımlarının Karşılaştırılması

Sentinel-1, ESA'nın Copernicus programı kapsamında 3.4.2014 tarihinde uzaya gönderdiği, C-bant (5.405 GHz) radar uzaktan algılama uydusudur. Dalga boyu 6 cm olup, mekânsal çözünürlüğü en iyi 10 metreye ulaşabilmektedir. Uydunun yeniden geçiş periyodu 3 gündür. Sentinel-1 uydusunun verileri tüm kullanıcılar ile ücretsiz olarak paylaşılmaktadır. Görüntüler çekildikten sonra 24 saat içinde arşiv veri olarak hazır olmaktadır.

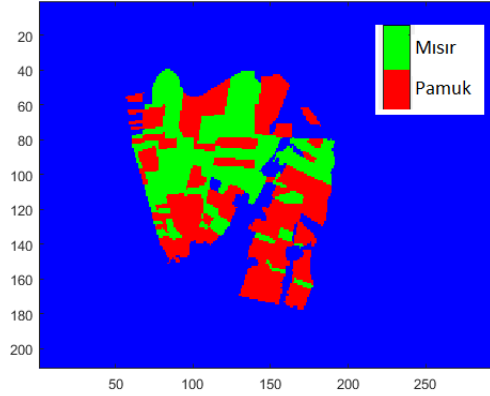
TerraSAR-X uydusu X-bandında (9,6 GHz, 3.3 cm dalga boyu) gözlem yapmaktadır. Mekânsal çözünürlüğü 1 metre seviyelerine kadar ulaşabilmektedir. Alman Havacılık ve Uzay Merkezi (DLR) kontratı ile Astrium şirketi tarafından üretilip 15 Haziran 2007'de yörüngeye oturtulmuştur. Uydunun yeniden geçiş periyodu 11 gündür. TerraSAR-X uydusunun verileri ticaridir. Ancak Alman Havacılık ve Uzay Merkezi bilimsel araştırma amacıyla kullanımı için verileri düşük maliyetlerle sağlayabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında 2015 yılına ait tedarik edilmiş 2 TerraSAR-X görüntüsü ile yakın zamanlarda çekilmiş 2 Sentinel-1 görüntüsü ayrı ayrı kullanılarak mısır ve pamuk ürünlerinin otomatik sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, verileri ücretsiz olan Sentinel-1 görüntülerinin ürün

sınıflandırmadaki başarımının TerraSAR-X görüntüleri ile karşılaştırılmasıdır. Bu bağlamda Sentinel-1 görüntülerinin uygunluğunu değerlendirecektir.

8.3.3.1 Kullanılan Veriler

Bu çalışmada 2015 yılında üretilmiş ve sadece mısır ve pamuk bitkilerini içeren bir yer doğruluk haritası kullanılmıştır. Dolayısıyla sınıflandırma 2 sınıflı gerçekleşmiştir. Şekil 123 yer doğruluk haritasını göstermektedir.



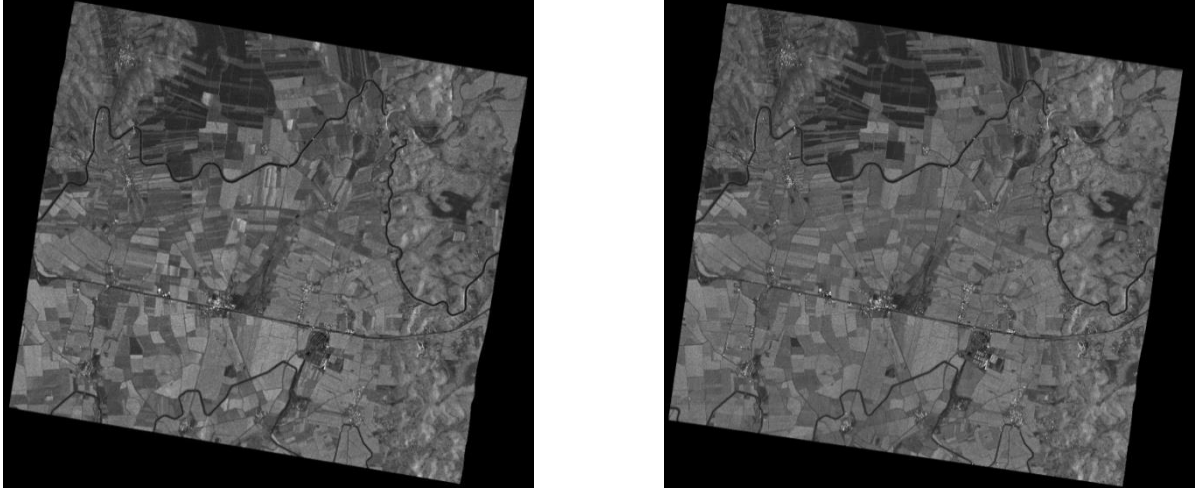
Şekil 123: Yer Doğruluk Haritası

Sentinel-1'in performansının kıyaslandığı 9 Ağustos 2015 ve 6 Eylül 2015 tarihlerine ait TerraSAR-X görüntülerinin özellikleri Tablo 17 ile sunulmuştur.

Tablo 17: Kullanılan TerraSAR-X Görüntülerinin Özellikleri

Çekim Modu	Spotlight
Mekânsal Çözünürlük (Azimut Yönü)	1.7 m
Mekânsal Çözünürlük (Uçuş Yönü)	1.2 m
Polarizasyon	HH
Ürün İşleme Seviyesi	Sayısal Yükseklik Modeli ile Düzeltilmiş (EEC)
Görüntü Alanı	10 km x 10 km

Kullanılan TerraSAR-X görüntülerinin ön-izlemesi Şekil 124 ile gösterilmiştir.

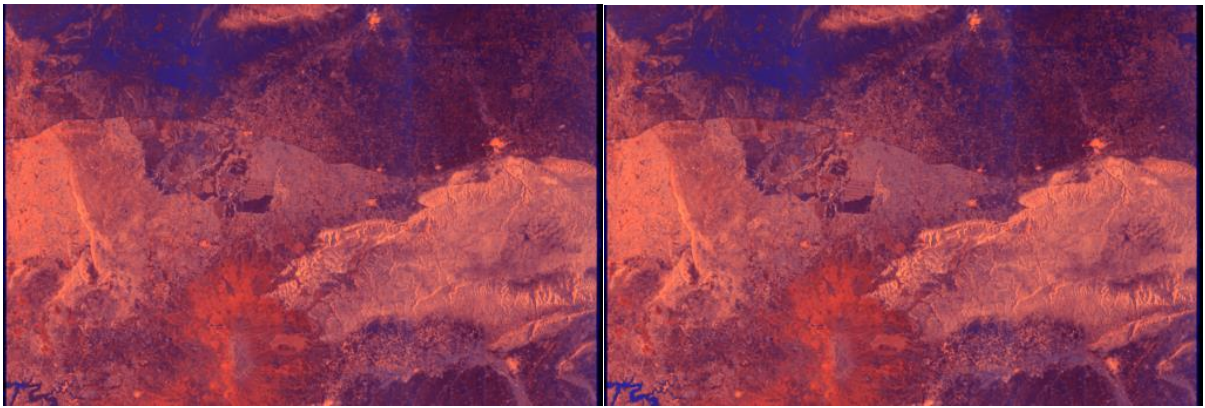


Şekil 124: TerraSAR-X Görüntüleri Ön-izleme (solda 9 Ağustos, sağda 6 Eylül tarihli)

TerraSAR-X görüntü çekim tarihlerine yakın olması için 16 Ağustos 2015 ve 9 Eylül 2015 tarihli Sentinel-1 görüntüleri seçilmiştir. Sentinel-1 görüntülerinin özellikleri Tablo 18 ile, ön-izlemeleri ise Şekil 125 ile sunulmuştur.

Tablo 18: Kullanılan Sentinel-1 Görüntülerinin Özellikleri

Çekim Modu	Standart
Mekânsal Çözünürlük (Azimut Yönü)	~10 m
Mekânsal Çözünürlük (Uçuş Yönü)	~10 m
Polarizasyon	VV
Ürün İşleme Seviyesi	WGS84 Koordinatlarında (GRD, SYM ile düzeltme yapılmamış)
Görüntü Alanı	~253 km x 170 km



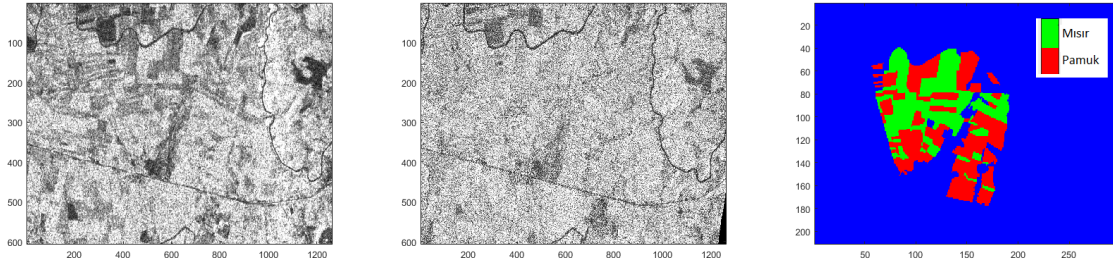
Şekil 125: Sentinel-1 Görüntüleri Ön-izlemesi (solda 16 Ağustos, sağda 9 Eylül tarihli)

8.3.3.2 Kullanılan Yöntem

Mısır ve pamuk ürünlerinin sınıflandırılması için TerraSAR-X ve Sentinel-1 görüntülerinin yer doğruluk haritası ile kesişen bölümleri seçilmiştir. Yer doğruluk haritasının 10'da 1'lik bölümü K-en Yakın Komşu algoritmasını eğitmek için kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi yer doğruluk haritasının kapsadığı tüm alana uygulanmıştır. Performans kıyaslaması için 4 senaryo test edilmiştir:

- 1- Tek görüntü üzerinden
- 2- Tek görüntü üzerinden öznitelik çıkarımı
- 3- Çift görüntü üzerinden
- 4- Çift görüntü üzerinden öznitelik çıkarımı

TerraSAR-X ve Sentinel-1 görüntülerinin yer doğruluk haritasıyla kesişen bölümleri Şekil 126 ile sunulmuştur.



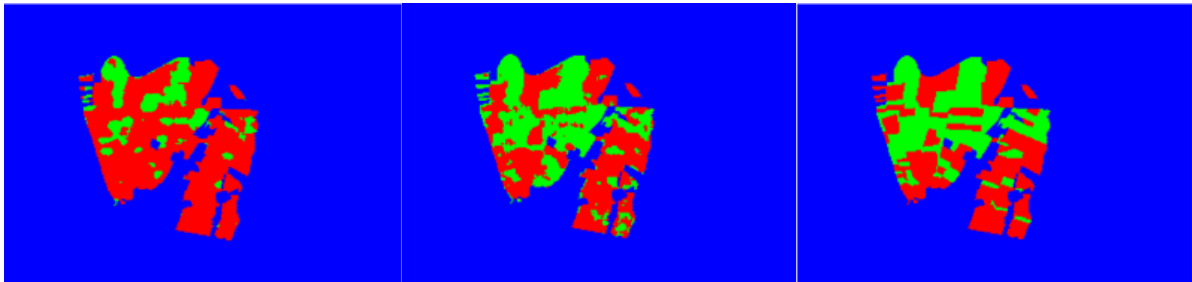
Şekil 126: Sentinel-1, TerraSAR-X ve Yer Doğruluk Haritası Ortak Bölge (solda Sentinel-1, ortada TerraSAR-X)

8.3.3.3 Sonuçlar

Bu bölümde sınıflandırma başarımları sonuçları 4 farklı senaryo için sunulmuştur.

8.3.3.3.1 Tek Görüntü Üzerinden

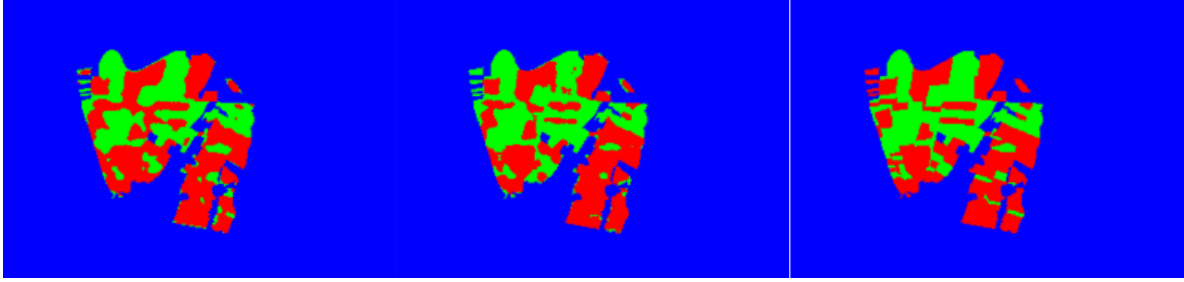
Sadece radar parlaklık (SAR görüntüleri açıldığında okunan piksel değerleri) bilgisi kullanılarak tek TerraSAR-X (9 Ağustos) ve tek Sentinel görüntüsü (16 Ağustos) üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Genel doğruluk değeri Sentinel-1 görüntüsü için %73.16, TerraSAR-X görüntüsü için %82.96 bulunmuştur. Sınıflandırma sonucu oluşan haritalar Yer Doğruluk Haritası ile birlikte Şekil 127 ile verilmiştir.



Şekil 127: Sentinel-1 (Sol) ve TerraSAR-X (Orta) Sınıflandırma Sonucu ve Yer Doğruluk Haritası (Senaryo 1)

8.3.3.3.2 Çift Görüntü Üzerinden

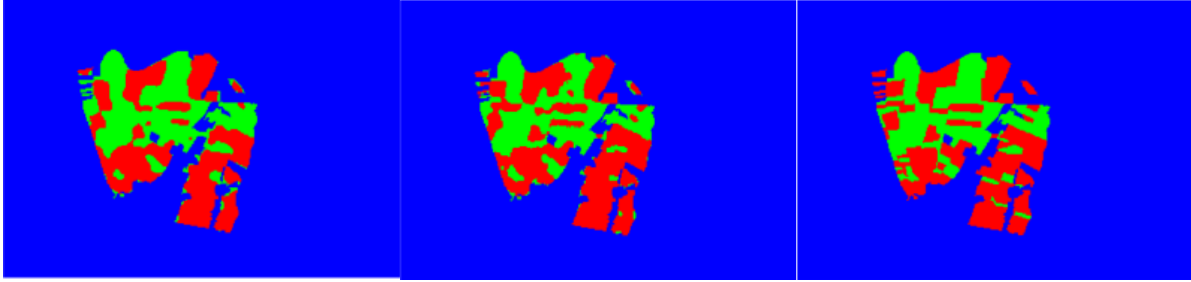
Sadece radar parlaklık bilgisi kullanılarak iki TerraSAR-X (9 Ağustos ve 6 Eylül) ve iki Sentinel görüntüleri (16 Ağustos ve 9 Eylül) üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Genel doğruluk değeri Sentinel-1 görüntüleri için %87.63, TerraSAR-X görüntüleri için %88.03 bulunmuştur. Şekil 128 sınıflandırma sonucu oluşan haritalar ve Yer Doğruluk Haritasını göstermektedir.



Şekil 128: Sentinel-1 (Sol) ve TerraSAR-X (Orta) Sınıflandırma Sonucu ve Yer Doğruluk Haritası (Senaryo 2)

8.3.3.3.3 Tek Görüntü Üzerinden Öznitelik Çıkarımı

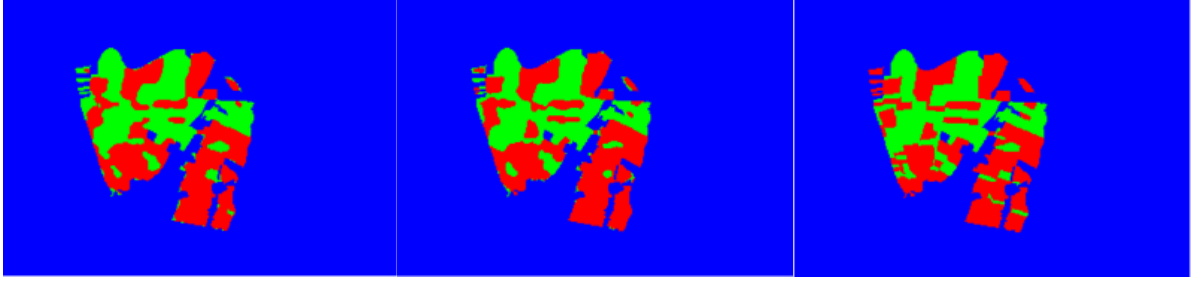
Sınıflandırmada, tek görüntü üzerinden piksellerin komşu piksellerle olan ilişkilerini modelleyen morfolojik profil öznitelikleri kullanılmıştır. TerraSAR-X (9 Ağustos) ve Sentinel-1 görüntüsü (16 Ağustos) üzerinde gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin genel doğruluk değeri sırayla %89.39 ve %87.6 bulunmuştur. Şekil 129 sınıflandırma sonucu oluşan haritalar ve Yer Doğruluk Haritasını göstermektedir.



Şekil 129: Sentinel-1 (Sol) ve TerraSAR-X (Orta) Sınıflandırma Sonucu ve Yer Doğruluk Haritası (Senaryo 3)

8.3.3.3.4 Çift Görüntü Üzerinden Öznitelik Çıkarımı

Sınıflandırmada, çift görüntü üzerinden ayrı ayrı elde edilen; piksellerin komşu piksellerle olan ilişkilerini modelleyen morfolojik profil öznitelikleri kullanılmıştır. TerraSAR-X (9 Ağustos ve 6 Eylül) ve Sentinel-1 görüntüleri (16 Ağustos ve 9 Eylül) üzerinde gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin genel doğruluk değeri sırayla %91.00 ve %89.41 bulunmuştur. Şekil 130 sınıflandırma sonucu oluşan haritalar ve Yer Doğruluk Haritasını göstermektedir.



Şekil 130: Sentinel-1 (Sol) ve TerraSAR-X (Orta) Sınıflandırma Sonucu ve Yer Doğruluk Haritası (Senaryo 4)

8.3.3.4 Değerlendirme

Sınıflandırma başarımları bir araya getirildiğinde Tablo 19 ile sunulan sonuçlara ulaşılmaktadır.

Tablo 19: Sınıflandırma Başarımları

Senaryo	Sentinel-1 Genel Doğruluk	TerraSAR-X Genel Doğruluk
Tek Görüntü	% 73.16	% 82.96
Çift Görüntü	% 87.63	% 88.03
Tek Görüntü Üzerinden Öznitelik Çıkarımı	% 87.6	% 89.39
Çift Görüntü Üzerinden Öznitelik Çıkarımı	% 89.41	% 91.00

Sınıflandırma performansı bütün senaryolarda TerraSAR-X uydusu için daha yüksek bulunmuştur. Özellikle tek görüntü üzerinden yapılan sınıflandırmada önemli bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Ancak görüntü sayısı ve sınıflandırma algoritmasının kompleksliği arttıkça iki uydunun performansları arasındaki farkın küçüldüğü fark edilmektedir. Uydulardan birisinin ticari olduğu, diğerinin ise ücretsiz veri sağladığı göz önüne alındığında aradaki yüzde 1-2'lik performans farkının büyük bir anlam ifade etmediği değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile Harran Ovası bölgesi için mısır ve pamuğun sınıflandırılmasında Sentinel-1 görüntülerinin kullanılabileceği gösterilmiştir.

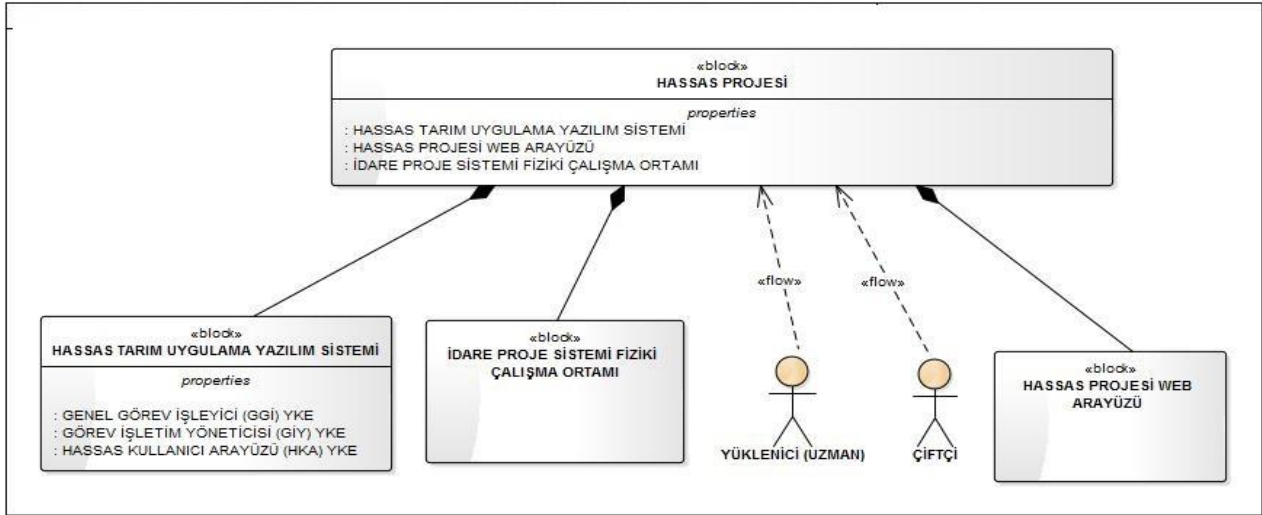
9 UYGULAMA YAZILIMI GELİŞTİRME

9.1 GİRİŞ

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında HAVELSAN tarafından gerçekleştirilen uygulama yazılımı geliştirme faaliyetleri anlatılmaktadır. Hiperspektral ve uydu görüntülerinin hassas tarım amacıyla kullanılmasına olanak sağlayan algoritmalarını bir ortamda buluşturan yazılıma Hassas Tarım Uygulama Yazılımı (HTUY) ismi verilmiştir.

9.2 GELİŞTİRME SÜRECİ

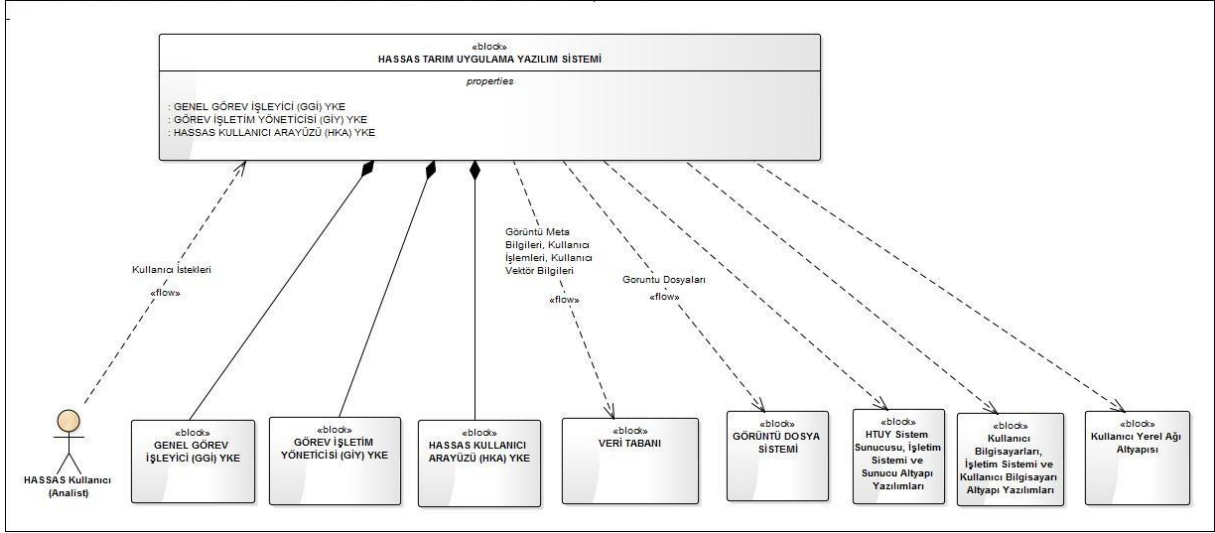
HTUY sistem mühendisliğinin ilkelerine bağlı olarak bir geliştirme sürecinden geçmiştir. Sistem gereksinimlerinden yola çıkılarak HTUY'un sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında geliştirilen sistemler Şekil 131 ile kapsamı olarak tüm yönleriyle ele alınmıştır:



Şekil 131: Projesi Kapsamı

Proje kapsamında HAVELSAN tarafından geliştirilen HTUY sisteminin tüm yazılım yapılandırma elemanlarına uygulanacak tasarım kararları, tasarım yapıları ve kurallar Sistem Tasarım Tanımlama Dokümanı ile verilmiştir. Bununla birlikte HTUY sistemi çapında tasarım kararları, tasarım yapıları ve kuralları detaylandırılmıştır.

HTUY sistem bileşenleri "Şekil 132: HTUY Sistemi Blok Tanımlama Diyagramı (BTD)" içinde verilmiştir.



Şekil 132: HTUY Sistemi Blok Tanımlama Diyagramı (BTD)

Hassas Tarım Kullanıcı Arayüzü (HTKA) YKE (Yazılım Konfigürasyon Elemanı) aşağıdaki faaliyetleri sağlamaktadır:

- HASSAS projesi HTUY sistemine ait kullanıcı arayüzlerini,
- Görüntü işlemeye yönelik (Hiperspektral ve uydu görüntüleri) kullanıcı arayüzü işlemlerini,
- Spektral imzalara ait bilgileri (koordinat, radyans/reflektans ve bant bilgisi) ve
- Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) altyapısına ait işlemleri

Genel Görev İşleyici (GGİ) YKE, proje kapsamında ön işlemesi yapılmış hiperspektral görüntüleri ile uydu görüntülerinde sınıflandırma, NDI hesaplama, LAI hesaplama, NDI haritalama, NDVI haritalama ve LAI haritalama ile anomali tespiti algoritmalarını çalıştırmaktadır.

Görev İşletim Yöneticisi (GİY) YKE, kullanıcının HKA YKE üzerinden gerçekleştirdiği tüm istekleri (bitki sınıflandırılması, anomali tespiti vb.) GGİ YKE'ye iletmekte ve sonuçları yine aynı yolla kendi üzerinden HKA YKE'ye geri vermektedir.

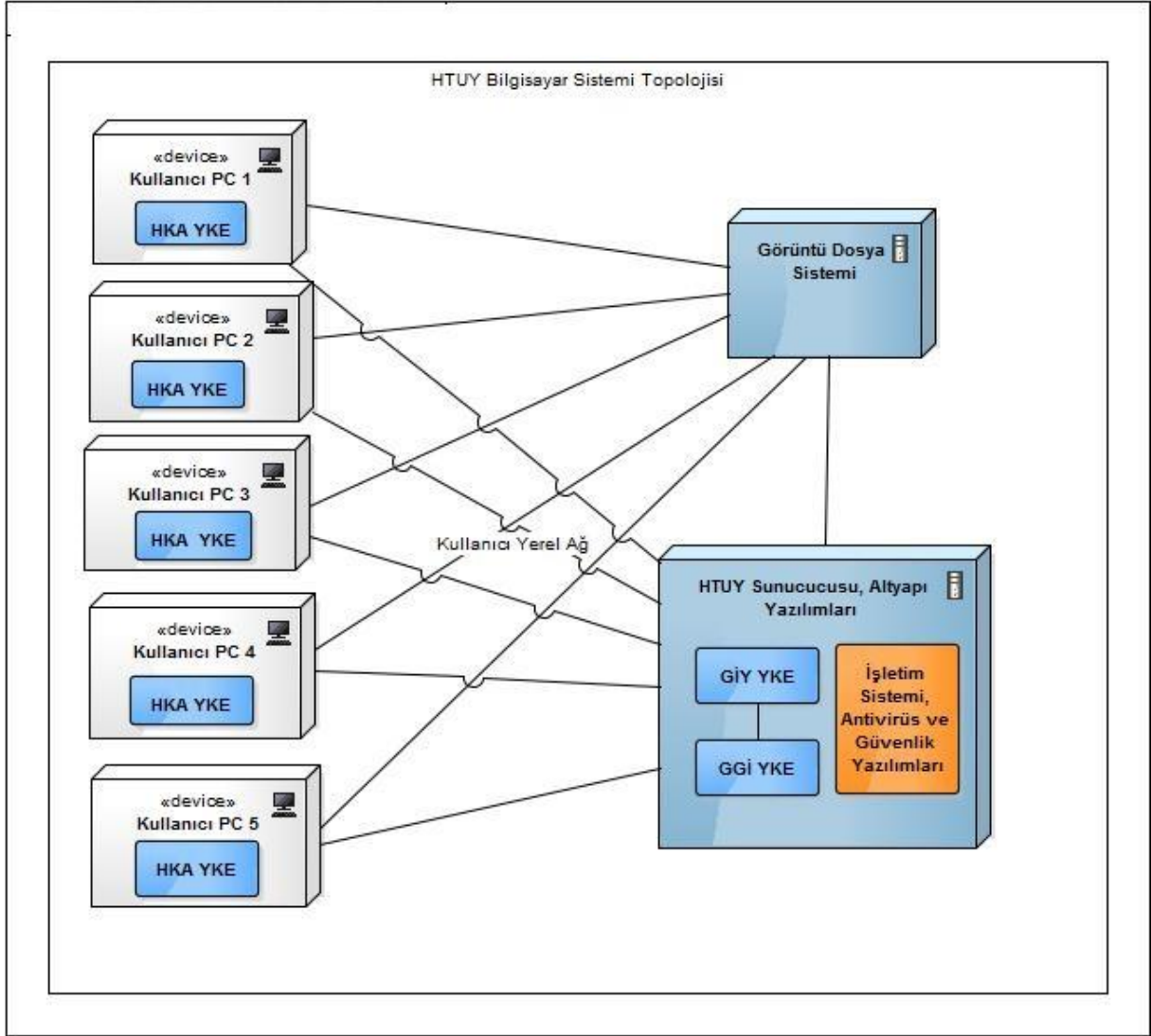
Görüntü Dosya Sistemi, tüm ön işlemesi yapılmış hiperspektral kameralardan uydu görüntülerinden elde edilen çevrim-dışı görüntü dosyalarının saklandığı dosya sistemidir. Ayrıca TÜBİTAK-UZAY tarafından HAVELSAN'a sağlanan uydu görüntüleri de görüntü dosya sisteminde saklanmaktadır.

HTUY Sistemi'nin elemanları şu şekilde tanımlanmaktadır:

- **Hassas Tarım Uygulama Yazılım Sistemi:** HTUY Sistemi, GAP bölgesindeki Mısır, Buğday ve Pamuk bitkileri için hava platformlarında kullanılacak hiperspektral kameralar ve yerde kullanılacak spektrometreler ile uygun verilerin toplanması sonrasında, toplanan verinin analiz edilmesi ve yorumlanmasını sağlayan yazılım sistemidir. Hassas Tarım Uygulama Yazılımı

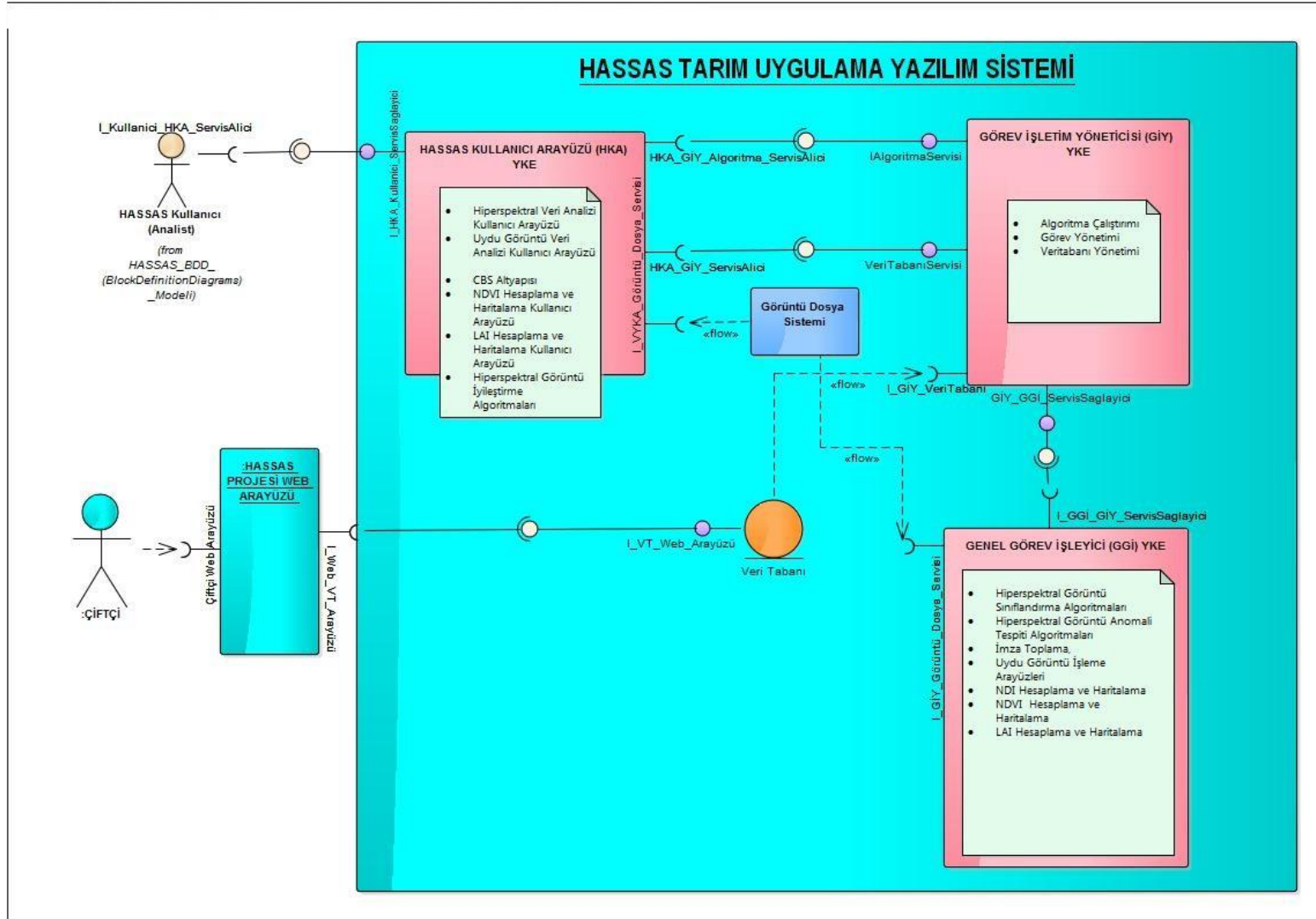
(HTUY) Sistemi, hiperspektral görüntülerin analizi, hiperspektral ve İDARE tarafından sağlanacak uydu görüntülerinin gösterimini, veri analizi ve onlara ait çıktılarının gösterimini sağlayacak Kullanıcı Arayüzü'ne sahiptir.

- **HASSAS Kullanıcı (Analist):** HTUY sistemi operatörünü tanımlar.
- **Görüntü Dosya Sistemi:** Görüntülerin saklandığı dosya yönetim sistemidir. İşletim sistemi tarafından sağlanan dosya yönetim sistemi kullanılacaktır.
- **Görev İşletim Yöneticisi (GİY) YKE:** Görev İşletim Yöneticisi (GİY) YKE, HKA YKE'ye ön işlemesi yapılmış hiperspektral görüntü ve uydu görüntü işleme, sınıflandırma, anomali tespiti, imza toplama, NDI hesaplama, NDVI ve LAI hesaplama ve haritalama algoritma servislerine ait sonuçları sunar.
- **HTUY Sistem Sunucusu, İşletim Sistemi ve Sunucu Altyapı Yazılımları:** HTUY sisteminin üzerinde çalışacağı sunucu bilgisayar sistemini ifade eder.
- **Genel Görev İşleyici (GGİ) YKE:** GGİ YKE, GİY YKE'ye ön işlemesi yapılmış hiperspektral görüntü ve uydu görüntü işleme, sınıflandırma, anomali tespiti, imza toplama, NDI, NDVI ve LAI hesaplama algoritma sonuçlarını gönderir. Ayrıca İDARE tarafından sağlanan uydu görüntü işleme kütüphanesi de alt bileşen olarak ilgili YKE tarafından kullanılmaktadır.
- **Kullanıcı Bilgisayarları, İşletim Sistemi ve Kullanıcı Bilgisayarı Altyapı Yazılımları:** HTUY sisteminin üzerinde çalışacağı kullanıcı bilgisayar sistemini ifade eder.
- **Kullanıcı Yerel Ağ Altyapısı:** HTUY sisteminin üzerinde çalışacağı sunucu ve kullanıcı bilgisayarların birbirleri arasındaki yerel ağ iletişim altyapısını ifade eder.
- **Hassas Tarım Kullanıcı Arayüzü (HTKA) YKE:** HKA YKE, istemcilerde çalışan kullanıcı arayüzlerini, veri analizi arayüzlerini, CBS altyapısını, NDI hesaplama ve haritalama, NDVI hesaplama ve haritalama kullanıcı arayüzlerini, LAI hesaplama ve haritalama arayüzlerini barındırır.
- **HTUY Sistemi Kurulum Modeli:** Proje kapsamında Şekil 133 ile HTUY sistemi yazılımlarının kullanıcı çalışma ortamında kurulum yapılacağı fiziki bilgisayar sistemi, HTUY sistemi kurulum modelini göstermektedir.



Şekil 133: HTUY Bilgisayar Sistemi Topolojisi

Proje kapsamında HTUY sistemi dahili yapısı OMG standardı SysML dili v1.3 dahili blok tanımlama diyagramı (Internal Block Definition Diagram) şeklinde belirtilmiştir:



Şekil 134: HTUY Sistemi Dahili Blok Tanımlama Diyagramı (IBD)

HTUY sisteminde 3 YKE oluşmaktadır.

Tüm görüntü işleme faaliyetleri GİY YKE tarafından yürütülür. Kullanıcı tarafından hiperspektral ve uydu görüntü işleme algoritma süreçlerinin başlatılması, durdurulması ve verilerin iletilmesi GİY YKE'den HTKA YKE'ye verilen servis aracılığı ile gerçekleştirilir. HTKA YKE, anomali tespiti, sınıflandırma, görüntü iyileştirme, NDI hesaplama, uydu görüntü sınıflandırma algoritmaları, NDVI ve LAI hesaplama ile haritalama sürecinde kullanılacak algoritmalar için GİY YKE aracılığı ile servis alır.

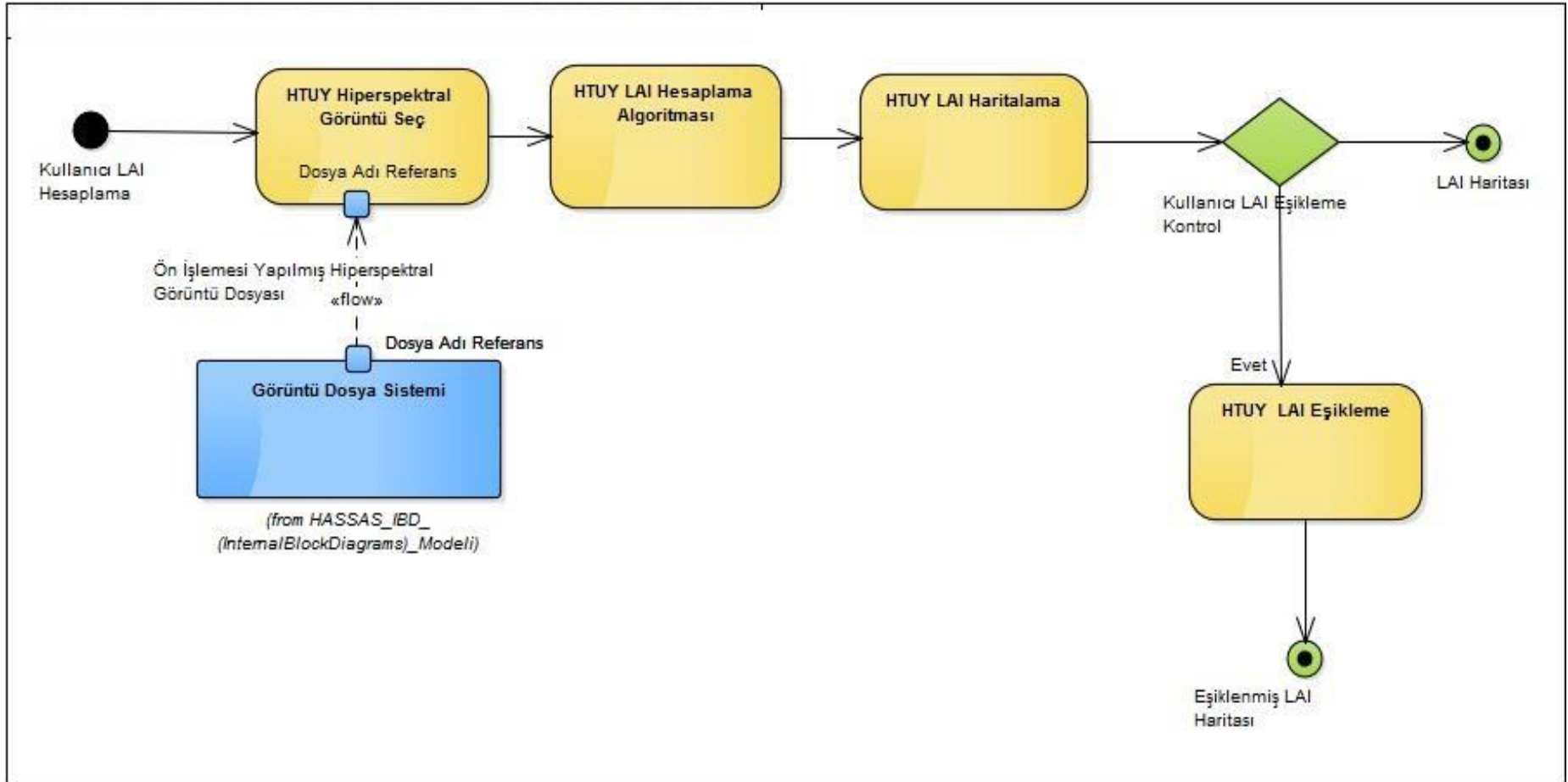
GGİ YKE elde edilen sonuçları, GİY YKE'ye döndürür, HTKA YKE sonuçları görselleştirerek kullanıcıya sunar.

HTKA YKE, görüntü verilerini sistem dosya depolama alanından okur. Görüntüler dosya sistemi üzerinde tutulur.

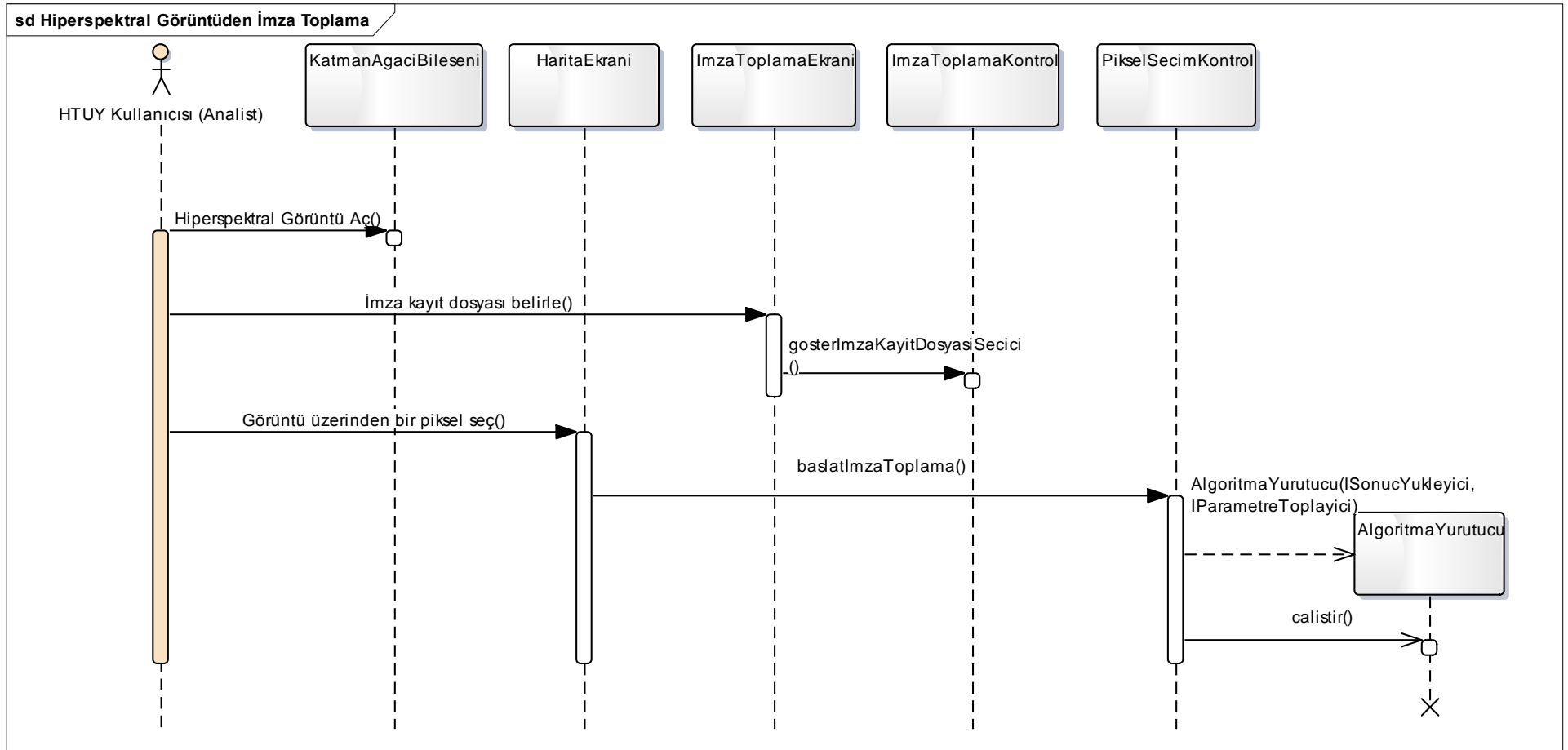
GGİ YKE, GİY YKE'den gelen hiperspektral ve uydu görüntü işleme algoritma servis isteklerini karşılar. Servis istek sonuçlarını ise GİY YKE, HTKA YKE'ye bildirir.

Geliştirme sürecinde HTUY Sistemi'nin tüm fonksiyonları (faaliyeti) için genel yürütme kavramı, örnek işletim senaryolarına ait akış, sekans ve kullanıcı durum diyagramları kullanılarak OMG standardı SysML v1.3 versiyonuna göre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak LAI Hesaplama ve Haritalama Faaliyeti'nin akış diyagramı Şekil 135 ile sunulmuştur.

Yazılım tasarımı tanımlamaları her bir HTUY yazılım bileşeni için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak Hiperspektral Görüntüden İmza Toplama faaliyetinin yazılım tasarımı Şekil 136 ile gösterildiği tanımlanmıştır:



Şekil 135: LAI Hesaplama ve Haritalama Faaliyeti



Şekil 136: Hiperpektral Görüntüden İmza Toplama

Bu sekans diyagramında HTUY kullanıcısının hiperspektral görüntüden imza toplama işlemini başlatması anlatılmaktadır. Kullanıcı katman ağacı üzerinden bir hiperspektral görüntü seçer. Daha sonra ImzaToplamaEkranı üzerinden imza kayıt dosyasını belirler. Kullanıcı seçtiği hiperspektral görüntü üzerinden bir piksel seçer. PikselSecimKontrol sınıfının baslatImzaToplama metodu tetiklenir. ImzaToplama işleminin sürecin yönetecek olan AlgoritmaYurutucu yaratılır ve çalıştırılır.

Hiperspektral Görüntü Aç: Kullanıcı katman ağacından bir hiperspektral görüntü seçer.

İmza kayıt dosyası belirle: Kullanıcı imza toplama işlemi sonucunda imzanın kaydedileceği dosyayı belirler.

gosterImzaKayitDosyasiSecici(): Kullanıcının imza kayıt dosyası belirleyeceği bileşenin kontrolü tetiklenir.

Görüntü üzerinden bir piksel seç: Kullanıcı imza toplama işlemi yapmak için görüntü üzerinden bir piksel seçer.

baslatImzaToplama(): Algoritma başlatma kontrolü tetiklenir.

AlgoritmaYurutucu(ISonucYukleyici, IParametreToplayici): Algoritmayı çalıştırılıp takibini yapacak olan AlgoritmaYurutucu yaratılır.

calistir(): AlgoritmaYurutucu asenkron olarak çalıştırılır.

Yazılım tasarımları tanımlanıp onayladıktan sonra kodlama ve yazılımın hazırlanması aşamasına geçilmiştir. Ön tasarımdan test ve doğrulama aşamalarına kadar HAVELSAN tarafından hazırlanan dokümanlar şu şekilde listelenmektedir:

- Proje Yönetim Planı
- Proje İlerleme Raporları
- Sistem İsterleri Dokümanı
- Test ve Değerlendirme Ana Planı
- Sistem Tasarım Tanımı Dokümanı
- Yazılım Gereksinimleri Tanımlama Dokümanı
- Yazılım Arayüz Gereksinimleri Tanımlama Dokümanı
- Yazılım Tasarım Dokümanı
- Yazılım Arayüz Tasarım Dokümanı
- Arayüz Kontrol Tanımlama Dokümanı
- Kabul Test Prosedürü
- Kabul Test Raporu
- Yazılım Kullanım Kılavuzu

10 ÇİFTÇİ/DANIŞMAN ARAYÜZÜ GELİŞTİRME

10.1 GİRİŞ

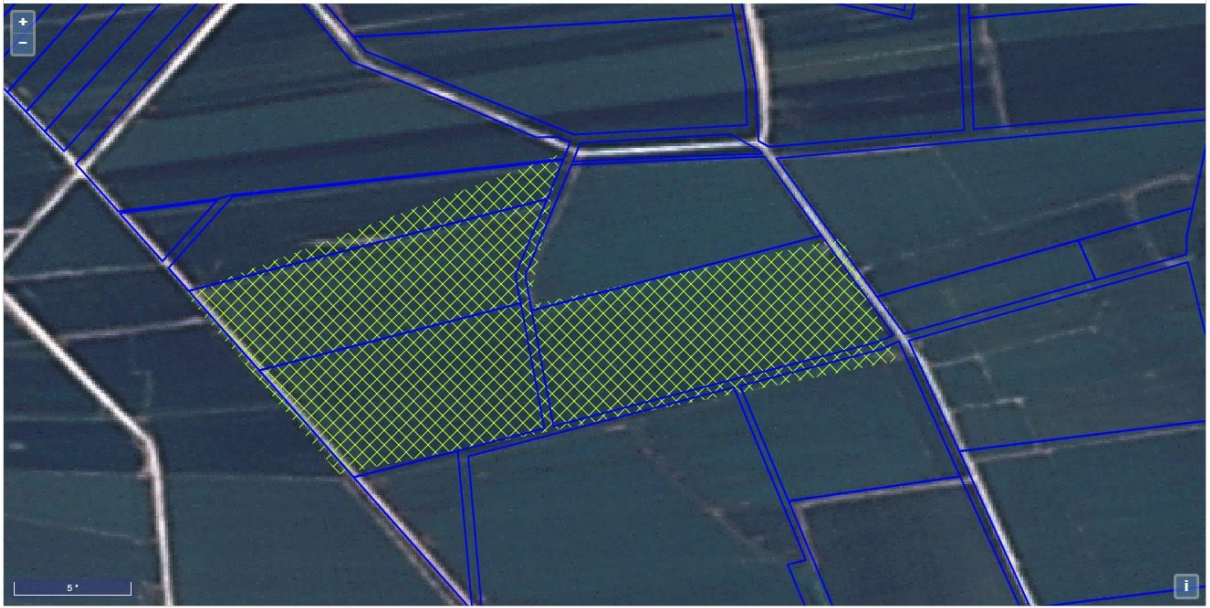
Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında TÜBİTAK UZAY tarafından gerçekleştirilen çiftçi arayüzü geliştirme faaliyetleri anlatılmaktadır. Çiftçi arayüzü yazılımına bölgeyle ilgilenen danışman giriş yaparak kendi bölgesindeki tarlalarla ilgili analizleri görebilecek ve danışman notu bölümüne giriş yapabilecektir.

10.2 ÇİFTÇİ/DANIŞMAN ARAYÜZÜ

Hassas Tarım Uygulama Yazılımı'nda (HTUY) yapılan analizlere Hassas Tarım Danışman Yazılımı aracılığı ile internet tarayıcıları üzerinden web ortamında erişilebilecektir. Danışmanlar tablet, akıllı cep telefonu veya bilgisayar üzerinden sahip oldukları tarım alanları hakkında bilgi alabileceklerdir. Ayrıca HTUY'da analistler tarafından eklenmiş olan notlar danışman tarafından değiştirilebilecektir. Bu sayede HTUY'da analistler tarlalar hakkında danışmanın girmiş olduğu notlara erişebilecektir.

HTUY'da yapılan analizlere Analiz Seçimi menüsündeki listeden veya harita üzerinde yer alan tarlalara tıklayarak tarla ile kesişen Analiz Listesi'nden erişim sağlanacaktır.

Ayrıca harita üzerinde sabit olarak eklenmiş katmanlardan altlık uydu görüntüsü değiştirilebilecek ve Azot, Fosfor, Potasyum, Toprak Etüt katmanları görüntülenebilecektir.



Şekil 137: Örnek Analiz Alanı

Bölgeye ait tarım parselleri uydu görüntüleri ile tarım mevsimi süresince mümkün olan en sık aralıklarla analizleri yapıldıktan sonra Danışman Arayüzü Yazılımı'na yüklenecektir. Analist seçtiği alanla ilgili ilaçlama ihtiyacı, sulama ihtiyacı, gübreleme ihtiyacı bilgilerinin yanında analist notu ve danışman notu alanlarına gerekli gördüğü bilgileri girerek danışmanın erişimine sunacaktır. Bu yazılım ile tespit edilen olumsuzlukların çiftçilere ivedi ile ulaştırılması sonucu erken müdahale sayesinde çiftçilerin olası zararlarının en aza indirilmesi, verimliliğin artırılması, gereksiz sulama, ilaçlama ve gübreleme maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir.

Hassas Danışman Yazılımı Analiz Seçimi Analiz Sonucu Harita		Çıkış
2017-08-14 Tarihli Analiz		
Görüntü Çekim Tarihi	2017-08-11	
İlaçlama İhtiyacı	LAI değerleri düşük seyretmektedir. Seçili bölgede ilaçlama ihtiyacı gözükmemektedir.	
Sulama İhtiyacı	Su miktarı yeterli düzeyde gözükmemektedir.	
Gübreleme İhtiyacı	Azot miktarında bir anomali gözükmemektedir. Gübre eksikliği veya fazlalığı durumu olabilir.	
Analist Notu	Yoktur.	
Danışman Notu	Güncelle İşaretlenen bölgede parsel sahibi tarafından gerekli kontrollerin yapılması ve tedbirlerin alınması gerekmektedir. Kontrol edildi. Uygun uygulama bilgisi verildi.	

Şekil 138: Örnek Analiz Sonucu

Harita üzerinde güncellenen veriler haricinde sabit olarak tanımlanmış katmanlar mevcuttur. Harita panelinin sağ alt köşesinde yer alan butona tıkladığında katman listesine erişim sağlanacaktır. Bu listeden Sentinel-2 uydusunun değişik tarihlerde çekilmiş görüntülerine gerçek renk/sahte renk seçenekleriyle ulaşılabilir. Uydu görüntülerine tıkladığında haritanın altlık kısmı değişmektedir.

Altlık olarak kullanılan uydu görüntülerine ek olarak bilgilendirme amaçlı 4 katman yer almaktadır. Azot Haritası, Fosfor Haritası, Potasyum Haritası tıkladığında harita üzerinde seçilen katmanın haritası gösterilir. Listede en altta yer alan Toprak Etüt Haritasına tıkladığında ilgili katman harita üzerinde gösterilir. Bu katmanla ilgili renk bilgilendirmesi katman listesinin altında gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarla ilgili ekran görüntüleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 139: Örnek Tarla Seçimi



Şekil 140: Örnek Katman Seçimi

11 YAYINLAR

11.1 GİRİŞ

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" (HASSAS) kapsamında gerçekleştirilen yayınlar sunulmaktadır.

11.2 YAYINLAR

2016 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi misafirliğinde düzenlenen 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı'nda TÜBİTAK-UZAY tarafından iki bildiri sunulmuştur. Bu yayınlar "Tarımsal Alanların Çok Zamanlı TerraSAR-X Görüntülerinde Morfolojik Profiller Kullanılarak Sınıflandırılması" ve "Göktürk-2 Zaman Serisi Görüntüleri ile Ürün Sınıflandırma" başlıklarına sahiptir. 2017 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi misafirliğinde düzenlenen 25. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı'nda TÜBİTAK-UZAY tarafından bir bildiri ve HAVELSAN tarafından üç bildiri sunulmuştur. TÜBİTAK-UZAY bildirisi "Genel ve Yerel Bilgiler Tabanlı Doğrusal Ayraç Analizi Kullanarak Bitki Sınıflandırmada SAR Görüntüsü Zaman Serisi Analizi" başlığına sahip olup HAVELSAN bildirileri "Hiperspektral Sınıflandırma için Türev Tabanlı Yeni Bir Yaklaşım", "Hiperspektral Sınıflandırmada Bant Seçiminin Yapay Sinir Ağı Başarısına Etkisi" ve "Kısa Dalga Kızılötesi Hiperspektral Görüntülerde Bitki İndeks Hesaplaması" olarak literatüre geçmiştir. 2017 yılında İstanbul'da düzenlenen uluslararası "8. International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)" konferansında TÜBİTAK-UZAY tarafından "Crop Classification with Morphological Profiles derived from SAR and Electro-Optical Satellite Data" başlıklı bildiri sunulmuştur. Bunlara ek olarak Diyarbakır'da gerçekleşen 29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi'nde HASSAS Projesi hakkında bilgi veren bir bildiri sunulmuştur. İlgili yayınların referansları aşağıda sıralanmaktadır:

Demirkesen, C., Demirpolat, C., & Teke, M. (2016, May). Tarımsal Alanların Çok Zamanlı TerraSAR-X Görüntülerinde Morfolojik Profiller Kullanılarak Sınıflandırılması. 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), Zonguldak, Türkiye, Mayıs 16-19, 2016.

Teke, M., & Yardımcı, Y. (2016, May). Göktürk-2 Zaman Serisi Görüntüleri ile Ürün Sınıflandırma. 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), Zonguldak, Türkiye, Mayıs 16-19, 2016.

U. Sakarya, C. Demirpolat, Genel ve Yerel Bilgiler Tabanlı Doğrusal Ayraç Analizi Kullanarak Bitki Sınıflandırmada SAR Görüntüsü Zaman Serisi Analizi, 25. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), Antalya, Türkiye, Mayıs 15-18, 2017.

Çımtay Y., Esin Y.E. & İlk H.G, (2017, May). Hiperspektral Sınıflandırma için Türev Tabanlı Yeni Bir Yaklaşım, 25. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), Antalya, Türkiye, Mayıs 15-18, 2017.

Karakaya İ. & Çımtay Y., Hiperspektral Sınıflandırmada Bant Seçiminin Yapay Sinir Ağı Başarısına Etkisi, 25. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), Antalya, Türkiye, Mayıs 15-18, 2017.

Özbay B., Çımtay Y. & Kandaz F., Kısa Dalga Kızılötesi Hiperspektral Görüntülerde Bitki İndeks Hesaplaması, 25. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU), Antalya, Türkiye, Mayıs 15-18, 2017.

C. Demirpolat, M. Teke, "Crop Classification with Morphological Profiles Derived from SAR and Electro-Optical Satellite Data", IEEE 8th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), İstanbul, Turkey, June 19-22, 2017.

U. Turker, M. A. Çullu, N. Mutlu, H. Demir, F. Bozgeyik, M. Teke "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" 29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Diyarbakır, 2-5 Eylül 2015.

M. Teke, & Y. Yardımcı, Y. "Classification of crops using multitemporal hyperion images." In *Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics)*, 2015 Fourth International Conference on (pp. 282-287). IEEE. July 2015.

12 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

12.1 PROJENİN ÇIKTILARI

Bu bölümde, "GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi" kapsamında elde edilen çıktılar sunulmaktadır.

Öncelikle proje kapsamında bölgede yetişen Buğday, Mısır ve Pamuk ürünlerine ait farklı evrelerde spektral imzaları toplanmıştır. Bitkilerin gelişim dönemlerinde toplanan bu imzalar imza tabanlı sınıflandırma kullanılmak üzere gerekli olan verilerin oluşmasını sağlamıştır.

Yerden veri toplama faaliyetleri kapsamında uçağa monteli hiperspektral kameralar ile yüksek yersel ve spektral çözünürlükte veriler toplanmıştır. Hiperspektral kamera ile görülebilir ve gözümüzün göremediği dalga boylarında 300+ kadar ayrı renk bilgisi vardır. Elde edilen veriler ile ileri seviye analizler gerçekleştirilmiştir.

Projenin en önemli çıktılarından birisi de farklı kaynaklardan alınan uydu görüntülerinden gerçekleştirilen analizlerdir. Proje kapsamında elektro-optik ve SAR uydularından alınan ücretsiz ve ücretli görüntüler kullanılmıştır. Göktürk-2 (2.5m), SPOT-6/7 (1.5m), RapidEye (5m), TerraSAR-X (2m, SAR), Sentinel-1(10m, SAR), Sentinel-2 (10m), Landsat 8(30m) ve EO-1 Hyperion (30m, hiperspektral) uydu görüntüleri ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntüleri bölgede yetişen bitkilerin fenolojik gelişimlerini temel alan zamansal analizler gerçekleştirilmiştir.

Hiperspektral görüntüler çok yüksek spektral bilgiye sahip olmak ile birlikte yüksek miktarda veri boyutuna sahiptirler. Multispektral uydu görüntüleri NDVI analizi için yeterli bantlara sahip olup geniş alanların görüntülenebilmesini mümkün kılmaktadırlar. Uydu sistemleri aynı alanı uyduya bağlı olarak 3-5 günlük aralıklarda görüntüleyebilmektedirler. İHA ve Drone sistemleri ile sulama birliği seviyesinde daha sık görüntü alınıp analizler gerçekleştirilebilir.

Proje kapsamında yapılan araştırma ve analizler sonucu geliştirilen algoritmaların çalışacağı Uygulama Yazılımı ve analizlerin sistemin kullanıcısı olacak çiftçilere sunulacağı Çiftçi Arayüzü oluşturulmuştur. Uygulama yazılımı Ziraat Mühendisleri gibi alan uzmanları için bir karar destek sistemi olarak sulama, gübreleme ve ilaçlama ihtiyacı gibi kararları vermelerini sağlayacak analizleri yapabilecekleri bir yazılım sistemidir. Analiz sonuçları ise Çiftçi Arayüzünde web ortamında paylaşılmaktadır.

Uygulama yazılımının ihtiyaç duyacağı veriler mevcut Göktürk-1 ve Göktürk-2 ile ileride hayata geçecek milli yer gözlem uyduları ile AB'nin Copernicus kapsamında hayata geçen Sentinel uyduları ve NASA'nın Landsat uyduları tarafından sağlanabilecektir. Ayrıca İHA/Drone sistemlerinin yaygınlaşması ihtiyaç duyulan verileri sağlayabilecektir.

12.2 PROJE KAPSAMINDA ELDE EDİLEN KAZANIMLAR

- Türkiye’de ilk geliştirilen ve kullanıma sunulacak hassas tarım yazılımı geliştirilmiştir.
- Sorunların çiftçi danışmanları aracılığı ile çiftçilere ulaştırılması için Çiftçi Web Arayüzü oluşturulmuştur.
- Gübreleme ve ilaçlama uygulama haritaları üretilmektedir.
- Toprak etüt ve verimlilik haritalarının sisteme entegre edilmesi sağlanmıştır.
- Buğday, Mısır ve Pamuk ürünlerinin farklı zamanlarda elde edilmiş spektral imzaları toplanmıştır.
- Uydu ve Hava görüntülerinden ürün desenleri: Uydu: %99, Hava, %95 doğrulukta tespit edilebilmektedir.
- Bitkilerde gerçekleşen gelişim sorunlarının tespiti yapılabilmektedir.
- Farklı veri türlerinin kullanılabilmesi mümkündür.
- Ücretsiz uydu görüntüleri ile sistemin devamlılığı: 5 günde bir görüntüleme imkânı ile büyük avantaj sağlamaktadır.

12.3 ÖNERİLER

GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması (HASSAS) Projesi ile Harran Ovası’nda hassas tarım konusunda çalışmalara başlanmıştır. Proje kapsamında elde edilen deneyimler sonucu projenin ikinci aşaması için tecrübe edinilmiştir ve aşağıdaki çalışmaların yapılması önerilmektedir:

- Hassas tarımının maliyet olarak en önemli girdisi olan gübrelemenin azaltılması için saha uygulamaları yapılmalıdır,
- Yaygınlaştırma için ücretsiz uydu görüntüleri kullanılmalıdır,
- İHA teknolojileri ve düşük maliyetli elektro-optik görüntüleme sistemleri sisteme entegre edilmelidir.
- Büyük veri (Big Data), nesnelerin interneti (IoT) ve yersel sensörlerin entegrasyonu konularında araştırmalar yapılmalıdır.

13 REFERANSLAR

- [1] U. EROS, «Landsat Spectral Indices Product Guide,» [Çevrimiçi]. Available: http://landsat.usgs.gov/documents/si_product_guide.pdf.
- [2] A. R. Huete, «A soil-adjusted vegetation index (SAVI),» *Remote sensing of environment*, cilt 25, no. 3, pp. 295-309, 1988.
- [3] ReSe, «ATCOR4 Manual,» [Çevrimiçi]. Available: http://www.rese.ch/pdf/atcor4_manual.pdf.
- [4] B. J. Choudhury, N. U. Ahmed, S. B. Idso, R. J. Reginato ve C. S. Daughtry, «Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations,» *Remote sensing of environment*, cilt 50, no. 1, pp. 1-17, 1994.
- [5] A. Huete, K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao and L. G. Ferreira, "Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices," *Remote sensing of environment*, vol. 83, no. 1, pp. 195-213, 2002.
- [6] J. Qi, A. Chehbouni, A. Huete, Y. Kerr and S. Sorooshian, "A modified soil adjusted vegetation index," *Remote Sensing of Environment*, vol. 48, no. 2, pp. 119-126, 1994.
- [7] Blumberg, D. G. (2007, March). High resolution X-band SAR imagery for precise agriculture and crop monitoring. In Proc. 3rd Int. Workshop Sci. Appl. SAR Polarimetry Polarimetric Interferometry.
- [8] Lohmann, P., Soergel, U., Tavakkoli, M., & Farghaly, D. (2009). Multi-temporal Classification for Crop Discrimination using TerraSAR-X Spotlight images. *Proceedings IntArchPhRS*, 38.
- [9] McNairn, H., Shang, J., Champagne, C., & Jiao, X. (2009, July). TerraSAR-X and RADARSAT-2 for crop classification and acreage estimation. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009 (Vol. 2, pp. II-898)*. IEEE.
- [10] Mirzaee, S., Motagh, M., Arefi, H., & Nooryazdan, M. (2014). Classification of agricultural fields using time series of dual polarimetry TerraSAR-X images. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(2), 191.
- [11] Huete, A., et al. "Overview of the Radiometric and Biophysical Performance of the MODIS Vegetation Indices." *Remote Sensing of Environment* 83 (2002):195–213.
- [12] Boegh, E., H. Soegaard, N. Broge, C. Hasager, N. Jensen, K. Schelde, and A. Thomsen. "Airborne Multi-spectral Data for Quantifying Leaf Area Index, Nitrogen Concentration and Photosynthetic Efficiency in Agriculture." *Remote Sensing of Environment* 81, no. 2-3 (2002): 179-193.

- [13] Rouse, J., R. Haas, J. Schell, and D. Deering. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA (1973): 309-317.
- [14] Chang, Chein-I, and Shao-Shan Chiang, 2002. Anomaly detection and classification for hyperspectral imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 6, pp. 1314-1325.
- [15] Kruse, F. A., A. B. Lefkoff, J. B. Boardman, K. B. Heidebrecht, A. T. Shapiro, P. J. Barloon, and A. F. H. Goetz, 1993, "The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data." Remote Sensing of Environment, v. 44, p. 145 - 163.



T.C. KALKINMA BAKANLIĞI
GÜNEYDOĞU ANADOLU PROJESİ BÖLGE KALKINMA İDARESİ BAŞKANLIĞI



Doğukent Mah.
104.Cad. No: 1155/2
Karaköprü / ŞANLIURFA
Tel: (414) 317 20 00
Fax: (414) 317 20 70
www.gap.gov.tr
gap@gap.gov.tr

Üniversiteler Mah.
ODTÜ Yerleşkesi 06800
Çankaya / ANKARA
Tel: (312) 210 13 10
Fax: (312) 210 13 15
www.uzay.tubitak.gov.tr
uzay.bilgi@tubitak.gov.tr

hassas@gap.gov.tr

