İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİLER VE KAMERA FOTOĞRAFLARI İLE PAMUK VE MISIR BİTKİLERİ İÇİN REKOLTE TAHMİN MODELİ TASARIMI: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Uğur ALGANCI

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

AĞUSTOS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİLER VE KAMERA FOTOĞRAFLARI İLE PAMUK VE MISIR BİTKİLERİ İÇİN REKOLTE TAHMİN MODELİ TASARIMI: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Uğur ALGANCI
(501082602)

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ

AĞUSTOS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501082602 numaralı Doktora Öğrencisi **Uğur ALGANCI,** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"Uydu Görüntüleri, Meteorolojik Veriler ve Kamera Fotoğrafları ile Pamuk ve Mısır Bitkileri için Rekolte Tahmin Modeli Tasarımı: Şanlıurfa Örneği"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Elif SERTEL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Mutlu ÖZDOĞAN University of Wisconsin - Madison	.....
	Doç. Dr. Şinasi KAYA İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Müfit ÇETİN Yalova Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **16 Haziran 2014**
Savunma Tarihi : **04 Ağustos 2014**

Aileme ve dostlarıma,

ÖNSÖZ

Ülkemizin verimli ve elverişli topraklarında gerçekleştirilen tarımsal üretim faaliyetlerinin yönetilmesi, izlenmesi ve süreçlerin modellenmesine fayda sağlayacağını düşündüğüm bu çalışmada rekolte tahmin modellemesinde uydu görüntülerinin ve yersel ölçmelerin birlikte kullanımına ilişkin yöntem ve analiz adımları incelenmiştir. Bu çalışma süresince bana destek veren herkese teşekkürü borç bilirim.

Öncelikle tez danışmanım Prof. Dr. Cankut Örmeci'ye çalışma boyunca bana verdiği desteklerden dolayı teşekkür ederim. Doç. Dr. Elif Sertel'e çalışmaya ve yayınlara önerileri ile sağladığı katkı ve bu uzun süreç boyunca gösterdiği anlayış için, Doç. Dr. Mutlu Özdoğan'a birlikte çalışma imkânı sunduğu ve özellikle verim modeli konusunda ufkumu genişlettiği için, Yük. Müh. Murat Aydoğdu'ya arazi çalışmalarımda beni yalnız bırakmadığı, gerektiğinde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaştığı için teşekkür ederim.

Çalıştığım kurum olan İstanbul Teknik Üniversitesi – Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama UYG-Ar Merkezi (UHUZAM)'ne SPOT – 5 uydu görüntülerini araştırmam kapsamında ücretsiz sağladığı için teşekkürlerimi sunarım. Devlet Planlama Teşkilatı tarafından desteklenen "Tarımsal Rekolte Tahmin ve Kuraklık İzleme (TARİT)" projesine yer istasyonlarından elde edilen meteorolojik ölçüm verileri ve dijital kamera görüntülerini sağladıkları için teşekkür ederim. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) - Bilim İnsanı Destekleme (BİDEB) Dairesi Başkanlığı'na, doktora çalışmam süresince sağladığı Yurt İçi Doktora Bursu (2211) ve yurtdışı araştırmalarım sırasında sağladığı Yurt Dışı Araştırma Bursu (2214) için teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak sevgili aileme bu uzun ve zorlu süreç boyunca yanımda oldukları ve bana sabır gösterdikleri için teşekkür ederim. Onlar olmasaydı bu çalışma sonuçlanmazdı.

Haziran 2014

Uğur Algancı
Geomatik Yüksek Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Ekili Ürün Tiplerinin ve Mekansal Dağılımlarının Belirlenmesi 4
1.2 Verim Modeli Tasarımı 7
2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER **13**
2.1 Çalışma Alanı 13
2.2 Kullanılan Veriler 15
3. PAMUK VE MISIR BİTKİLERİNİN YETİŞTİRME KOŞULLARI **17**
3.1 Pamuk Bitkisi Yetiştirme Koşulları ve Ekolojik İstekleri 17
3.1.1 Pamuğun toprak istekleri 17
3.1.2 Pamuğun iklim istekleri 18
3.1.3 Pamuk ekimi 18
3.1.4 Pamuk hasatı 18
3.2 Mısır Bitkisi Yetiştirme Koşulları ve Ekolojik İstekleri 19
3.2.1 Mısırın toprak istekleri 19
3.2.2 Mısırın iklim istekleri 20
3.2.3 Mısır ekimi 20
3.2.4 Mısır hasatı 21
3.3 Pamuk ve Mısır Bitkilerinin Fenolojik Gelişim Süreçleri 22
4. YÖNTEM **25**
4.1 Tarım Alanlarında Ürün Tiplerinin ve Mekânsal Dağılımlarının Tespiti 25
4.1.1 Görüntü Önişleme 25
4.1.2 Sınıflandırma 30
4.1.2.1 Obje Tabanlı Sınıflandırma 30
4.1.2.2 Piksel Tabanlı Sınıflandırma 33
4.1.3 Sınıflandırma sonrası işlemler ve obje çıkarımı 35
4.2 Verim Modelinin Tasarımı 37
4.2.1 Çalışma alanı test parselleri hakkında bilgi 37
4.2.2 Uydu görüntüleri ve görüntü işleme 38
4.2.3 Yer istasyonları ve kamera görüntülerinin işlenmesi 40
4.2.4 Meteorolojik verilerin işlenmesi 42
4.2.5 SVI – CC ilişkilerinin kurulması 42
4.2.6 Agro – meteorolojik verim modelinin noktasal tasarımı 43
4.2.7 Uydu görüntüleri kullanılarak bölgesel verim tahmini 48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **51**

5.1 Tarım Alanlarında Ürün Tiplerinin ve Mekânsal Dağılımlarının Tespiti 51
5.2 Verim Model Sonuçları 57
5.2.1 Noktasal verim modeli sonuçları 57
5.2.2 Bölgesel verim tahmin sonuçları 58
5.2.3 Model kısıtları ve muhtemel hata kaynaklarının değerlendirilmesi 63
5.3 Öneriler 65
KAYNAKLAR 67
EKLER 79
ÖZGEÇMİŞ 87

KISALTMALAR

AL : Kök – Gövde Oranı
CC : Bitki Örtü Oranı
ÇKS : Çiftçi Kayıt Sistemi
DoY : Yıl Günü
EVI : Zenginleştirilmiş Bitki İndisi
Er : Bağıl Hata
fPAR : Fotosentetik Aktif Radyasyon Emilim Katsayısı
GAP : Güneydoğu Anadolu Projesi
GI : Yeşillik İndisi
GPP : Toplam Birincil Üretim
GVI : Yeşil Bitki İndisi
Ha : Hektar
HI : Hasat İndeksi
kPa : Kilo paskal
LAI : Yaprak Alan İndeksi
LEDAPS : Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System
LUE : Işınım Kullanım Başarımı
MC : Nem İçeriği
ML : En Çok Benzerlik
MSAVI : Modifiye Edilmiş Toprak Düzeltmeli Bitki İndisi
NDVI : Normalize Edilmiş Bitki Fark İndisi
NN : En Yakın Komşuluk
NPP : Birincil Net Üretim
OBC : Obje Tabanlı Sınıflandırma
PAR : Fotosentetik Aktif Radyasyon
PVI : Dik Vejetasyon İndisi
RBF : Radyal Temelli Fonksiyon
SAM : Spektral Açı haritalayıcı
SR : Basit Oran
SVI : Spektral Bitki İndisi
SVM : Destek Vektör Makinası
SYM : Sayısal Yükseklik Modeli
TGD : Toplam Büyüme Gün Sayısı
TSAVI : Dönüştürülmüş Toprak Düzeltmeli Bitki İndisi
UNB : University of new Brunswick
VPD : Buhar Basınç Eksikliği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : 2002 – 2006 yılları arasında Urfa ili için farklı ilçelerde dağılmış 15 istasyonda farklı ürün tipleri için fenolojik gözlem tablosu. 23
Çizelge 3.2 : Çizelge 3.1'de sınıflandırılmış 7 fenolojik dönemin ürün bazında gelişim karşılıkları. 23
Çizelge 3.3 : İlk ürün ve ikinci ürün olarak Pamuk bitkisi için fenolojik gelişme dönemleri. 24
Çizelge 4.1 : Farklı mekansal çözünürlükler için uygun ölçek parametre seti. 32
Çizelge 4.2 : Piksel tabanlı sınıflandırma algoritmaları için parametre seti. 35
Çizelge 4.3 : Uydu görüntülerinin algılanma tarihleri. 39
Çizelge 4.4 : Test parsellerinde CC – SVI ilişkilerine ait regresyon denklemleri..... 43
Çizelge 4.5 : Pamuk ve mısır için hasat indeksi parametrelerinin literatür özeti. 44
Çizelge 4.6 : Literatürden derlenen maksimum LUE değerleri. 45
Çizelge 4.7 : Test parselleri için filizlenme – hasat günleri ve TGD. 48
Çizelge 4.8 : Kalibrasyon sonucunda elde edilen sabit parametre seti. 48
Çizelge 4.9 : Bölgeyi temsil eden genelleştirilmiş CC – SVI denklemleri. 49
Çizelge 5.1 : Test alanlarında parsel tanımlama başarımı sonuçları. 53
Çizelge 5.2 : Harran, Şanlıurfa ve Hilvan ilçeleri için sınıflandırma sonuçları doğruluk analizi. 56
Çizelge 5.3 : Harran, Şanlıurfa ve Hilvan ilçeleri için sınıflandırma ile elde edilen alanların ÇKS ile karşılaştırılması. 56
Çizelge 5.4 : Test tarlalarında 3 farklı fPAR yaklaşımı için verim tahmini ve hata metrikleri. 57
Çizelge 5.5 : Test tarlalarında CC yaklaşımlı verim tahmini için ölçüm – tahmin değerleri arasında regresyon katsayıları. 57
Çizelge 5.6 : Farklı atmosferik düzeltme algoritmaları ile üretilmiş ve ham görüntülerden üretilmiş SVI'ler ile kamera görüntülerinden üretilen CC bilgisi arasında regresyon analiz sonuçları.. 58
Çizelge 5.7 : Pamuk ve mısır için 5 farklı fPAR yaklaşımı ve doğrudan GI – GPP yaklaşımı ile hesaplanan verimin 4 ilçede ÇKS istatistikleri ile ilişkilendirilmesinde bağıl hata ve örneklem sayısı metrikleri. 63

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Pamuk bitkisinin iki farklı dönemi için fenolojik gözlem haritaları.. 22
Şekil 4.1 : Çalışma alanının ve test alanlarının konumlarının gösterimi (SPOT 5 – 2,5m K). 27
Şekil 4.2 : Test alanlarının yakın görünümü (SPOT 5 – 2,5m K/YKÖ/Y). 28
Şekil 4.3 : Test alanları ve tüm çalışma alanı için pamuk ve mısır ekili parsel büyüklüklüklerinin grafik karşılaştırması. 29
Şekil 4.4 : Test alanı -1 için 2,5m çözünürlükte renkli görüntü ile oluşturulan segmentler: a) ölçek – 25, b) ölçek – 50, c) ölçek – 100, d) ölçek – 100 ile oluşan görüntü objeleri..... 32
Şekil 4.5 : Test alanı – 3 pamuk sınıf vektörleri için genelleştirme öncesi ve sonrası görünümler (ML sınıflandırma 5m mekansal çözünürlük)..... 37
Şekil 4.6 : Çalışma alanının Spot 5 10 m renkli görüntüsünün (K/YKÖ/Y) ilçe sınırları ve yaklaşık istasyon konumları ile birlikte gösterimi 38
Şekil 4.7 : İstasyon 17'de ekili olan pamuk bitkisinin farklı fenolojik dönemleri için orjinal görüntüler ve bitki oran görüntüleri..... 41
Şekil 4.8 : Sıcaklık stresi katsayılarının pamuk ve mısır için grafik gösterimi. 46
Şekil 4.9 : İstasyon 5 ve İstasyon 17 için bitki gelişim süresi boyunca hesaplanmış günlük bağıl nem grafikleri. 47
Şekil 4.10 : İstasyon 5 ve İstasyon 17 için bitki gelişim süresi boyunca hesaplanmış günlük VPD grafikleri.. 47
Şekil 5.1 : Üç farklı test alanı için SPOT 5 2,5m ve Landsat 5 TM 30m çözünürlüklü verilerin sınıflandırma sonuçları. 52
Şekil 5.2 : Test alanlarında tüm çözünürlük seviyelerinde ve tüm sınıflandırma yöntemleri için alan tespitinde ortaya çıkan bağıl hata grafikleri. 54
Şekil 5.3 : İki farklı örtü tipi için orijinal yansıtım değerleri ve iki farklı atmosferik düzeltme sonucunda elde edilen yüzey reflektans değerleri ile oluşturulan saçılma diyagramları. 58
Şekil 5.4 : Çalışma alanında pamuk ve mısır için verim dağılım grafikleri (Kırmızı çizgi bölge ortalama değerini ifade etmektedir)..... 59
Şekil 5.5 : Çalışma alanı için NDVI – CC yaklaşımı ile hesaplanan verim tahmin haritası ve detaylı gösterimi (t ha^{-1}). 60
Şekil 5.6 : Pamuk ve mısır için 5 farklı fPAR yaklaşımı ve GI –GPP yöntemi ile hesaplanan verimin 4 ilçede ÇKS istatistikleri ile karşılaştırma sonuçları. 61

UYDU GÖRÜNTÜLERİ, METEOROLOJİK VERİLER VE KAMERA FOTOĞRAFLARI İLE PAMUK VE MISIR BİTKİLERİ İÇİN REKOLTE TAHMİN MODELİ TASARIMI: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ

ÖZET

Ekili ürün tiplerinin ve alanlarının uydu görüntüleri ile parsel seviyesinde belirlenmesi, tarımsal politikaların yönetilmesi, çiftçi beyanına dayalı teşvik sisteminin doğrulanması ve hassas tarım uygulamaları gibi konularda önemli katkılar sağlayabilmektedir. Tarımsal faaliyetlerin sera gazı emisyonlarına katkısı da düşünüldüğünde ürün tiplerinin ve mekânsal dağılımlarının belirlenmesinin iklim perspektefinden bakıldığında da büyük önem arzettiği görülmektedir. Bu sebeple birçok Avrupa Birliği üyesi ülke, tarım politikalarının ve teşviklerin yönetilmesinde kullanılmak üzere hava fotoğrafı ve uydu görüntüsünü temel alan Arazi Parsel Tanımlama Sistemi altyapılarını oluşturmuşlardır. Ürün ekim deseninin belirlenmesine ek olarak ürün verimininde zamanında ve doğru şekilde belirlenmesi, bölgesel ya da ülke ölçeğinde düşünüldüğünde sosyal, ekonomik, tarımsal politikaların belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin verimin bölgesel ölçekte tahmini, toplam potansiyel ürün tahminini ortaya koyarak bir sonraki yıl için ürün fiyatlandırma ve stok yönetiminin gerçekleştirilmesinde en önemli veri kaynağını oluşturacaktır. Verim tahmini ayrıca tarım – ekosistem ilişkilerinin karbon döngüsü ve iklim değişikliği perspektifinde modellenmesine de faydalı bir girdi olmaktadır. Ek olarak verim bilgisi, bitki kütlesi – ürün miktarı ilişkileri kullanılarak birincil net üretim (NPP) bilgisinin üretilmesinde ve karbon bütçesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu şekli ile değerlendirildiğinde geniş alanlar için ekili ürün deseninin ve ürün bazında verimin belirlenmesi önemli bir mekânsal problem olarak düşünülmelidir. Bu bilginin bölgesel ya da ülke ölçeğinde ve parsel bazında belirlenmesiklasik yersel yöntemler ile mümkün görünmemektedir. Bu noktada uzaktan algılama sistemleri; geniş alanları görüntüleme kapasiteleri ve farklı mekânsal – zamansal çözünürlükleri ile tarımsal bilginin üretilmesinde önemli bir veri kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Klasik yöntemler ile kıyaslandığında uzaktan algılama yöntemleri hızlı ve ekonomik veri elde etme ve bilgisayar tabanlı hızlı analiz olanakları ile öne çıkmaktadır. Uzaktan algılama ile tarımsal analizler gerçekleştirilirken tarım alanlarının karakteristik özellikleri, ürün tiplerine bağlı olarak ortaya çıkan spektral yansıtım farklılıkları ve şekil, doku gibi yüzey özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu özellikler göz önüne alınarak gerçekleştirilen analiz ile uzaktan algılama verisinden ürün tipi, ürün yoğunluğu ve ürün geometrisine ilişkin ayırt edici bilgiler üretilebilir.

Bu çalışmada Türkiye'nin güneydoğusunda bulunan Şanlıurfa ilinde bulunan Harran Ovası'nda pamuk ve mısır bitkileri için parsel seviyesinde ve bölge ölçeğinde çalışan adaptif verim tahmin modeli tasarımı gerçekleştirilmiştir. İki aşamalı olarak tasarlanan rekolte tahmin modelinde uydu görüntüleri ile ekili alan tespitine yönelik

analiz; uydu görüntüleri, meteorolojik data ve kamera fotoğrafları kullanılarak tasarlanan agro-meteorolojik verim modeli ile entegre edilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmanın ilk bölümünde altı farklı test alanında, farklı mekansal çözünürlükte uydu görüntüleri kulanılarak obje ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin ürün tiplerinin parsel seviyesinde tesbitindeki başarımı değerlendirilmiştir. SPOT 5 uydusundan elde edilen 2,5m, 5m ve 10m mekansal çözünürlüklü görüntüler ve Landsat 5 TM uydusundan elde edilen 30m mekansal görüntüden oluşan veri seti ile gerçekleştirilen çalışmada, çalışmada obje tabanlı "En Yakın Komşuluk - Nearest Neighbour (NN)" algoritması, piksel tabanlı "En Çok Benzerlik – Maximum Likelihood (ML)", "Destek Vektör Makinası – Support Vector Machine (SVM)" ve "Spektral Açı Haritalayıcı – Spectral Angle Mapper (SAM)" algoritmaları kullanılmıştır. Gerekli görülen piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarına tuz-biber etkisi ve parsel içi heterojenliği azaltmak amacı ile sınıflandırma sonrası düzeltme işlemleri uygulanmıştır. Sonuçlara göre obje tabanlı yaklaşım 10m ve daha yüksek çözünürlükteparsel tanımlama ve alan tahmininde en iyi sonuçları vermiştir. SVM algoritması 2,5m ve 5m çözünürlükte obje tabanlı yaklaşıma yakın sonuçlar vermekle birlikte çözünürlük düştükçe doğruluğun hızlı bir şekilde düştüğü gözlemlenmiştir. ML ve SAM algoritmaları 30m çözünürlüğe kadar göreceli olarak en düşük doğruluklu sonuçları üretmişlerdir. Genel olarak değerlendirildiğinde parsel tanımlama başarımı mekânsal çözünürlükle çok güçlü bir krelasyon göstermekte iken alan tahmin başarımında temel faktörün sınıflandırma algoritması olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçları aynı zamanda mekânsal çözünürlük ve sınıflandırma algoritmasından bağımsız olan parsel büyüklüğü, ürün tiplerinin mekânsal dağılımı ve oluşturdukları doku gibi parametrelerin etkilerini de tartışma olanağı vermiştir. Test alanlardaki analiz sonuçlarına göre en iyi parsel tanımlama ve alan tahmini sonuçlarının elde edildiği 2,5 m çözünürlüklü veri - OBC ve SVM algoritması kombinasyonları kullanılarak araştırma ilçe ölçeğinde devam ettirilmiştir. Harran, Şanlıurfa ve Hilvan ilçeleri için gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre OBC algoritması SVM algoritmasına göre hem noktasal hem de alan bazlı doğrulukta daha yüksek başarım göstermiştir. Noktasal doğruluk analizleri sonucunda OBC algoritması ile üretici ve kullanıcı doğrulukları ve kappa değerlerinde SVM algoriğtmasına göre daha yüksek doğruluğa ulaşılmıştır. Ayrıca her iki algoritma için pamuk sınıfında elde edilen doğruluk mısır sınıfına göre daha yüksektir. Bu bulgular hem test alanları hem de ilçe ölçekli analizler için geçerli olup, OBC de alan tahmin doğruluğu her iki ürün için daha yüksek, pamuk ekili alan tahmin doğruluğu da her iki algoritma için mısır ekili alan tahmininden daha yüksek olrak gözlemlenmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında pamuk ve mısır ekili alanlarda verim tahminin gerçekleştirilmesidir. Bu kapsamda çok zamanlı uydu görüntüsü, kamera fotoğrafları ve meteorolojik veriler kullanılarak agro – meteorolojik verim modeli tasarlanmıştır. Kamera görüntülerden elde edilen Bitki Örtü Oranı (CC) ölçmelerinin Fotosentetik Aktif Radyasyon Emilim Katsayısı (fPAR) tahmininde kullanıldığı Işınım Kullanım Başarımı (LUE) temelli model test parselleri üzerinde tasarlanmıştır. Modelin geniş alanlarda çalıştırılabilmesi için CC parametresi ile spektral bitki indeksleri (SVI) regresif bağıntılar tanımlanmış ve elde edilen dönüşüm denklemlerinin çok zamanlı uydu görüntülerine uygulanması ile mekânsal fPAR verisi üretilmiştir.

Uydu görüntülerinden iki farklı SVI - CC yaklaşımı ile üretilen mekânsal fPAR verisi ve bölgesel olrak optimize edilmiş meteorolojik verinin kulanımı ile ilçe ölçeğinde ve parsel seviyesinde verim tahmini gerçekleştirilmişitir. Bunun dışında

LUE modelinin oluşturulması için yeterli verinin bulunamayacağı durumları test etmek için, NDVI'ın fPAR olarak kabul edildiği, GI indeksin Toplam Birincil Üretim (GPP) olarak kabul edildiği, ve NDVI – fPAR, SR – fPAR ilişkilerinin ait bağıntıların deneysel olarak daha önceki çalışmalardan elde edildiği yaklaşımlar da analize dahil edilmiştir. Tüm bu yaklaşımlarla elde edilen verim tahminleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. LUE temelli model tasarımında bitkilerin LUE katsayılarını etkileyen sıcaklık ve Buhar Basınç Eksikliği (VPD) parametreleri modelleme sürecine dahil edilmiştir. Test parsellerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre kamera görüntülerinden elde edilen CC verisi ile oluşturalan fPAR yaklaşımı ile kurulan LUE model verim tahmininde en yüksek başarımı sağlamıştır. Yöntem pamuk ve mısır ekili test parsellerinde %5'ten daha düşük bağıl hata ile verim tahminine olanak vermiştir. CC – SVI arasındaki ilişki, 0,825 – 0,980 R^2 değerleri ile yüksek lineer korelasyon göstermiştir. Bu yüksek korelasyonlu ilişkiden yola çıkılarak oluşturulan ürün tipine özel regresif denklemler kullanılarak verim tahmin modeli dört farklı ilçede ve parsel seviyesinde çalıştırılmıştır. Sonuçlar dört ilçedeki istatistiksel verim sonuçları ile karşılaştırıldığında, kurulan modelin geniş alanlarda da güvenilir sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre uzaktan alıglama verileri ile mekânsallaştırılan modelde verim tahmin sonuçları %10 bağıl hata altında kalmıştır. Ayrıca meteorolojik gözelem ve bitki gelişim özellikleri gibiverilere ulaşılamadığı durumlar için incelenmiş olan GI – GPP yaklaşımının da oldukça yüksek doğruluklu sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir.

Çalışma sonuçları ayrıca bölgeye özel meteorolojik koşulların ve bitki gelişim süresince yürütülen bakım faaliyetlerinin verim üzerindeki etkilerini de gözlemleme olanağı sunmuştur. Ek olarak geçmiş çalışmalardan elde edilmiş genel SVI-fPAR yaklaşımları ile elde verim değerlerindeki yüksek hata değerleri, bu tarz ilişkilerin kurulmasında bölgesel kalibrasyon ve adaptasyonun gerekliliğini ispat etmiştir.

Verim modellemesinde muhtemel hata kaynakları değerlendirildiğinde ilk olarak verim modellinde gözardı edilen iki temel unsur su ve nitrojen stresidir. Bu stres faktörlerinin modele dâhil edilmeyişinin ilk sebebi test alanlarının ve Harran Ovası'nın bitki gelişim dönemi boyunca düzenli olarak sulanması ve gübrelenmesine bağlı olarak su ve nitrojen stresinin çalışma alanında belirgin bir etki göstermeyeceğinin düşünülmesidir. Çalışmada muhtemel hata kaynaklarının ikincisi, olgunluk döneminin başından itibaren sararmaya bağlı olarak, yeşil kanopiye duyarlı olan CC değerlerindeki düşüşün fPAR tahmininini ne kadar etkilediğinin bilinmemesidir. Bu durum özellikle püsküllenmenme evresinden sonra hızlıca sararan mısır bitkisi için etkili olabilir. Yine de elde edilen fPAR tahmin grafikleri önceki yersel gözlemler ile oluşturulmuş grafiklere benzeşim göstermiş ve sadece son 10 günlük periyotta fPAR değerlerinde daha hızlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Üçüncü olarak, bölgenin detaylı toprak türü haritasına ulaşılamadığından, toprak türünün verim üzerindeki etkisi modellenememiştir. Toprağın tuzluluk, doku ve su tutma kapasitesi özelliklerinin verime etkisi muhtemel olmakla birlikte; bu farklılaşmaların modelde kullanılan SVI'ler aracılığı ile dolaylı olarak modellendiği düşünülmektedir. Son olarak, bu çalışmada yer istasyonlarından elde edilen meteorolojik verilerin alana yayılmasında ortalama değer yöntemi kullanılmıştır. Toplam alanın küçüklüğü ve istasyon dağılımının alt iklim kuşaklarını temsil eder nitelikteki konumları düşünüldüğünde bu yöntem çalışma için yeterli görülmekle birlikte; bölge ya da ülke ölçeğinde gerçekleştirilecek çalışmalarda, co – kriging ya da Inverse Distance Weighting (IDW) gibi daha kapsamlı mekânsal veri interpolasyon yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir.

CROP YIELD ESTIMATION MODEL DESIGN FOR COTTON AND MAIZE CROPS USING SATELLITE IMAGERY, METEOROLOGICAL DATA AND CAMERA PHOTOGRAPHS: SANLIURFA CASE STUDY

SUMMARY

Accurate identification of crop types and estimates of their area at agricultural parcel level from satellite sensor data can provide important information to support agricultural policies, verify claims by farmers who apply for public subsidies and assist in the practice of precision agriculture. Since agricultural practices contribute to greenhouse gas emissions, identification of crop types and their spatial distribution assumes importance from a climate perspective as well. Several countries in the European Union have developed their Land Parcel Identification Systems (LPIS) based on satellite sensor or aerial images to support area-based subsidies and agricultural policies. In addition to identification of crop types and their spatial distribution, timely and accurate estimation of crop yield at local to regional scales is of paramount importance for societal, economic, agricultural, and policy considerations. For example, regional-scale yield estimation enables estimation of potential agricultural production capacity so that food pricing and stock management can be performed for the forthcoming year. Yield estimates also add valuable data to modeling of agriculture – ecosystem relationships in terms of carbon cycling and climate change. Using allometric relationships, crop yields can be converted to terrestrial net primary productivity (NPP) to be used for carbon budget determination.

Determination of the crop cultivations and their yield information is an important task from this perspective and should be considered as a spatial problem. Gathering this information in regional or country scale and in parcel basis seems nearly impoossible with classical terrestrial meyhods. At this point, remote sensing systems with their synoptic viewing capability and variety of temporal and spatial resolution are important data source to derive agricultural information. Remote sensing methods are superior to conventional methods since fast and economic data acquisition and fast processing of data using computer based analyses are possible in remote sensing. Characteristics of agricultural field, difference of spectral reflectance of different crop types and differences in feature characteristics such as shape and texture are important parameters that should be considered while working agricultural areas with remote sensing. Remotely sensed data provide identifiable signatures for crop type, crop density, crop geometry etc, in order to perform agricultural survey and analysis.

This study aimed to perform a two step analysis of cultivated areas of Harran Plain at Sanliurfa Province in Southeastern region of Turkey in order to develop an adaptive yield model for cotton and maize crops at parcel level and regional scale. An agro-meteorological model with multi sensor and multi temporal satellite images, digital photos and meteorological measurements were combined with cultivated area detection analyisis in order to achieve the model construction.

First part of the study investigates the accuracy of pixel- and object-based classification techniques across varying spatial resolutions to identify crop types at parcel level and estimate the area of six test sites to find the optimum data source for the identification of crop parcels. Multi sensor data with spatial resolutions of 2.5m, 5m and 10m from SPOT-5 and 30 m from Landsat 5 TM were used. Maximum Likelihood (ML), Spectral Angle Mapper (SAM) and Support Vector Machines (SVM) were used as pixel-based methods in addition to object-based image classification (OBC). Post-classification methods were applied to the output of pixel-based classification to minimize the noise effects and heterogeneity within the agricultural parcels. OBC results provided comparatively the best performance for both parcel identification and area estimation at 10m and finer spatial resolution levels. SVM followed OBC at 2.5m and 5m resolutions but accuracies decreased dramatically with coarser resolutions. ML and SAM results were worse up to 30m resolution for both crop type identification and area estimation. In general, parcel identification efficiency was strongly correlated with spatial resolution while the classification algorithm was a more effective factor than spatial resolution for area estimation accuracy. Results also provided an opportunity to discuss the effects of image resolution and the classification algorithm independent factors such as parcel size, spatial distribution of crop types and crop patterns. Acoording to the regional scale analysis performed in Harran, Sanliurfa and Hilvan districts, OBC produced more accurate results than SVM classification for both point- and area-based accuracy assessments. Producers and users accuracy and the kappa coefficient for both of crops, as well as the overall accuracy of the OBC results were higher than those with SVM. Moreover, cotton class accuracy was higher than corn for both algorithms. These characteristics were repeated for area-based analysis, and provided greater area estimation accuracy for OBC for both crop types. Similarly, cotton area estimation was more successful than corn area by both classification algorithms.

Second part of this study focuses on yield estimates of planted areas of cotton and maize in southeastern Turkey. The purpose of the research reported here was to construct an agro-meteorological yield model with the use of digital camera images, multi-temporal satellite data and meteorological measurements in cotton and maize planted areas. More specifically, we investigated the utility of digital camera-based crop cover fraction (CC) measurements in lieu of photosynthetically active radiation (fPAR) and developed a light use efficiency (LUE) based yield model over test parcels. We also defined a regression-based relationship between CC and spectral vegetation index (SVI) values derived from multitemporal satellite images to obtain spatial fPAR information. We then extended our findings to regional yield estimation at the parcel level with the use of multitemporal satellite images coupled with locally optimized meteorological measurements. Finally, we tested the use of greenness index (GI) as an approximation of Gross Primary Production (GPP) and generic SVI – fPAR equation in addition to our SVI – CC approach and compared yield estimation results across these different approaches. Meteorological parameters limiting the LUE of crops, such as temperature and vapor pressure deficit, were also calculated and incorporated into the yield estimation process. Results showed that the use of digital photo-based CC rather than the fraction of fPAR in the LUE model provided the most accurate yield estimates. It produced less than 5 percent relative error in cotton and maize test parcels. In general, the CC – SVI relationship showed high linear correlation, with a range of 0,825 – 0,980 R^2 in all test parcels. Crop specific regression equations derived from these relationships enabled yield estimates at the parcel level across the study area. When compared to statistical yield

information at four districts, the remote sensing based method proved to be reliable, with relative errors below 10 percent in most cases. Moreover, GI was also used in GPP approximation, and yield estimates using this method also provided reasonable accuracy.

Results also provided valuable information about the effects of region-specific meteorological conditions and crop management activities on yields. Finally, the higher yield estimation errors that result from the use of generic SVI – fPARequations in the literature indicate the need for local calibration of this relationship.

When the possible error sources of yield estimation model developed in this study are interpreted, the effects of water and nitrogen stress were not modeled, as the test sites were well irrigated and fertilized. The whole study segment had also similar irrigation conditions with a complete irrigation network and assumed to have no significant effect on the results. Secondly, the CC based fPAR approach may have potential bias by being insensitive to productivity increases following the onset of the maturity. CC based fPAR estimates were reduced due to a large reduction in green biomass with the start of senescence in maize and the effects of green biomass reduction over productivity at this stage was not previously known. Yet, the CC graphs for maize were very similar to fPAR graphs from previous studies and only showed a sharper reduction in the last 10-day period. Thirdly, soil type and related effects on yield did not consider in this study due lacking of detailed soil map of the area. While salinity, textural properties, and water holding capacity of the soil may affect NPP (or its yield equivalent), these site conditions would have been captured by vegetation indices, making the LUE approach particularly attractive. Finally, a simple mean value calculation was performed for generalizing station-level meteorological data to the entire study area. While a more sophisticated interpolation methods could be useful for further analysis on larger areas, considering the small extent of the total area and the number of stations (even though some were clustered in the north and south) may make our generalization attempts acceptable.

1. GİRİŞ

Küresel nüfus artışı ve buna bağlı olarak besin ihtiyacındaki artış; tarıma elverişli alanların azalması, tarım alanlarının verimlilik ve üretkenlik parametrelerinin bozulmasında etkili olan erozyonla aşınıp taşınma, çoraklaşma, drenaj yetersizlikleri, kirlenme ve tarımsal amaç dışı kullanım gibi sorunlar ile birlikte değerlendirildiğinde önümüzdeki yıllarda büyük bir besin yoksunluğunun dünyanın çeşitli bölgelerinde görülmesi söz konusudur.

Bu süreç göz önünde bulundurulduğunda tarımsal rekolteye ve ürünlerin bölgesel dağılımına ilişkin doğru ve zamanında elde edilen bilgi ekonomik, çevresel ve yönetimsel anlamda büyük önem taşımaktadır. Rekolte tahmini ekonomik anlamda ülkesel veya küresel ölçekte ürün fiyatlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Kuraklık yaşayan bölgelere besin yardımının sağlanması ve bölgeler arası besin dengesinin sağlanması için bu bilgiler karar vericiler tarafından kullanılabilmektedir. Ayrıca tarımsal rekolte belirleme adına ürün gelişim sürecinde yapılan gözlemler; kuraklık, don gibi çevresel etkenlerin belirlenmesine ve bu etkenlere karşı erken müdahaleye olanak sağlayarak, hassas tarım uygulamalarına katkıda bulunmaktadır (Beach ve diğ, 2008; Peña-Barragán ve diğ, 2011).

Bu noktada uzaktan algılama sistemleri, sinoptik görüş kabiliyetleri ve çeşitli mekansal ve zamansal çözünürlükleri ile tarımsal bilginin elde edilmesinde önemli veri kaynaklarıdır (Ozdogan, 2010) . Klasik yöntemler ile kıyaslandığında, uzaktan algılama metotları, hızlı ve ekonomik veri elde etme ve bilgisayar tabanlı hızlı analiz olanakları gibi üstünlüklere sahiptir. Uydu görüntüleri ile gerçekleştirilecek tarımsal çalışmalarda, farklı bitki türleri için farklı spektral yansıtım özellikleri, bitki türlerine göre değişkenlik gösteren şekil ve doku farklılıkları önemli parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu parametreler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen analizler sonucunda uydu görüntüleri, ürün tipi, ürün yoğunluğu, ürün gelişkinliği ve ürün geometrisine ilişkin ayırt edilebilir işaretler sunabilmektedir (Ormeci ve diğ, 2010; Türker ve diğ, 2005).

Uydu verileri ile tarımsal bitki tür farklılıklarının ayrımı ve bitki gelişim süreçlerinin izlenmesi sırasında ilk işlem adımı arazi örtüsünün tanımlanması ve belirlenen tarım alanlarının bitki türü ve mekânsal dağılımının tespit edilmesidir (Omkar ve diğ, 2008; Ozdogan, 2010). Bu aşamada arazi örtüsünün tarım arazisi niteliğinde olup olmadığı belirlenir. İkinci aşamada, belirlenen tarım arazisi üzerindeki ürün tipinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu ilk iki aşamada uydu verisinin mekânsal çözünürlüğü ve spektral duyarlılığı büyük önem taşımaktadır.

Rekolte tahmininin ikinci temel öğesi olan verim modeli oluşturma noktasında, birçok farklı parametrenin bir arada analizi söz konusudur. Bu noktada verimi etkileyen ve belirleyen meteorolojik parametrelerin ve toprak koşullarının bitki gelişim dönemi süresince izlenmesi gerekmektedir (Soltani ve diğ, 2005; Bazgeer ve diğ, 2007). Bu parametreler dışında uydu görüntülerinin analizi sonucu elde edilen ve bitki yoğunluğu ve sağlığı hakkında önemli bilgiler veren; Normalize Edilmiş Bitki Fark İndisi (NDVI), Modifiye Edilmiş Toprak Düzeltmeli Bitki İndisi (MSAVI) ve Zenginleştirilmiş Bitki İndisi (EVI) gibi bitki indeks verileri verim modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır (Prasad ve diğ, 2006; Hadjimitsis ve diğ, 2010). Bu aşamada bir bölge içerisinde farklı tarım bitkilerinin ekileceği ve bu bitkilerin gelişme hızlarının ve sürelerinin farklığı göz önünde bulundurularak, fenolojik takvime uygun uydu gözlemleri sağlanmalıdır. Bu uygunluk belirlenirken aynı veya yakın tarihli ekimi gerçekleştirilen iki tür arasında gelişme korelasyonu gözetilerek en uygun ayrışımı sağlayacak dönem seçilmelidir.

Bu teorik çerçeveden de anlaşılacağı gibi rekolte tahmin sürecinin, fenolojik dönem belirleme ile başlayan, ürün tipi ve mekânsal dağılımının tespit edilmesi ve verimin parametrik modeller ile belirlenmesi süreçlerini içeren kapsamlı ve sistematik modelleme yapısına sahip olması gereklidir. Önemli bir tarım ülkesi olan Türkiye'de tarif edilen şekilde modelleme ve analiz eksikliği göz ardı edilemez boyuttadır. Tarım alanlarının ve ürün tiplerinin belirlenmesinde lokal çalışmalar bulunmakla birlikte, fenolojik takip ve verim hususunda çiftçi beyanına dayanan istatistiki veri ve güncelleme problemi bulunan gözlem raporları kullanılmaktadır.

Günümüze kadar gelen literatür incelendiğinde, tarım rekolte tahmini ve bitki gelişim sürecinin uydu verileri ile takip edildiği çalışmalarda izlenilen yol genel olarak, geçmiş yıllara ait bölgesel fenolojik bilginin çeşitli gözlemler ve çiftçi beyanlarına dayalı olarak elde edilmesi, bu fenolojik bilgiler ışığında belirlenen periyotlarda uydu

verisinin temini, bu veriler üzerinde yukarıda bahsi geçen analiz tekniklerinin uygulanması ve sınırlı sayıdaki kontrol noktası yardımı ile doğruluk analizi gerçekleştirilerek elde edilen arazi örtüsü ve verim bilgisinin tüm bölgeyi temsil ettiğinin kabul edilmesi şeklindedir.

Bu tahmin ve analiz prosedürünün bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlardan ilki, elde edilen fenolojik takvimin, güncel sezon ilerleyişine uygunluğundaki sınırlamadır. Bu fenolojik takvim, güncel sezonda meydana gelebilecek bitkisel hastalık, kuraklık, don gibi bitki büyüme hızını ve verimini etkileyebilecek faktörlerin varlığına ve etkilerine duyarlı olamamaktadır. Ayrıca, her bir gelişim döneminde alınan uydu verilerinin analiz sonuçları eş zamanlı yersel doğrulama ile kontrol edilememektedir. Bu da kurulan tahmin modeli ve verimlilik analizinde, modelin ya hiç kalibre edilememesi ya da çok kısıtlı veri ile kalibre edilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca bu modellerde kullanılan meteorolojik ve atmosferik veriler tüm çalışma alanını temsil eden veriler olup, özellikle geniş bölgelerde mikro iklim değişikliklerine duyarlı değildir. Yine bu veriler çoğunlukla sezon içi farklı periyodlarda algılanan uydu verileri ile eş zamanlı olamamaktadır.

Literatürde fenolojik sürecin belirlenmesi için diğer bir yaklaşım olarak belirli sıklıkta elde edilmiş uydu görüntüleri kullanılarak NDVI analizleri gerçekleştirilmiş ve bu veriler ile zaman serileri oluşturularak, NDVI değerlerinde eşik değer analizi ve buna bağlı standart sapmalar ile fenolojik bilgi üretilmiştir (Duchemin ve diğ, 2003; Lee ve diğ, 2000; Quarmby ve diğ, 1993; Upadhyay ve diğ, 2006). Bu çalışmalar genellikle düşük ve orta çözünürlüklü uydu görüntüleri ile gerçekleştirilmiş olup Upadhyay ve diğ., üretilen fenolojik bilginin doğruluğunun ve tür ayrımının başarımının artırılması için yüksek mekansal ve zamansal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin kullanılması gerekliliği sonucuna varmışlardır. Duchemin ve diğ., analiz sonuçlarının doğruluğunun artırılması için bu analize ek olarak meteorolojik parametrelerin kullanılması gerekliliğini ortaya koymuş, çalışmasında meteorolojik veriyi bölgesel bir meteorolojik istasyondan sağlamıştır.

Güncel çalışmalarda kullanılan bu yersel veri eksikliği veya kısıtı göz önünde bulundurularak, gerçekleştirilecek çalışmada yersel veri elde etmek adına daha farklı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşımın ürünü olarak, çalışma alanında yeterli sayıda ve her biri en az iki en fazla dört tarım alanını izleyebilecek akıllı yer gözlem istasyonu kurulması hedeflenmiştir. Bu istasyonlar her bir tarım alanını farklı

çözünürlükte izleyebilecek yüksek çözünürlüklü kameralara, hava basıncı, rüzgar yönü ve hızı, sıcaklık, güneş radyasyon şiddeti, yağış miktarı, toprak sıcaklığı, toprak nemi gibi parametrelerin ölçülmesini sağlayan duyargalara ve tüm bu verinin bir merkeze aktarımını sağlayan veri iletim sistemlerine sahiptir.

Gerçekleştirilen çalışma, Şanlıurfa ili Harran Ovası'nda pamuk ve mısır ürünleri için bu iki temel rekolte analiz adımını referans alarak, uydu görüntüleri, meteorolojik veriler ve kamera fotoğraflarının birlikte kullanıldığı, parsel seviyesinde rekolte tahmin modelinin oluşturulmasını içermektedir.

1.1 Ekili Ürün Tiplerinin ve Mekansal Dağılımlarının Belirlenmesi

Farklı çalışmaların sonuçları göstermektedir ki, gelişme süreçlerinde farklı bitki türlerinin ayırt edilmesi, rastgele seçilmiş tek tarihli uydu görüntüleri ile genellikle mümkün olmamaktadır. Bitki gelişim süreçlerinin ve spektral karakteristiklerinin yersel çalışmalar ile desteklenmediği durumlarda tek tarihli görüntülerin tür ayrıştırması için gerekli spektral farklılıkları ortaya koyamadığı gözlemlenmemiştir. Buna karşın, bir gelişim sezonu boyunca türlerin fenolojik gelişme süreçlerine uygun olarak elde edilen çoklu uydu görüntüleri ile yapılan analizler başarılı sonuçlar vermektedir (Idso ve diğ, 1978; Philipson ve Teng, 1988; Wiegand ve diğ, 1989; Murthy ve diğ, 2003; Blaes ve diğ, 2005). Bu noktada önemli husus; aynı tarım bölgesinde ekimi yapılmış olan farklı türlerin gelişme süreçlerinin ve hızlarının yüksek doğruluklu olarak tayini ve uydu görüntü alım tarihlerinin bu bilgiye göre en yüksek spektral ve doku ayrımsallığını sağlayacak şekilde belirlenmesidir. Bu gereklilik göz önünde bulundurulduğunda, uydu verilerinin mekânsal ve spektral çözünürlük kapasitelerinin dışında zamansal çözünürlükleri de en önemli parametrelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat parsel seviyesinde analiz gerektiğinde yüksek mekânsal çözünürlük ihtiyacının ortaya çıkması, yeterli zamansal çözünürlükte veri alımını güçleştirmektedir.

Avrupa Birliği'ne bağlı birçok ülke tarımsal politikalarını yönetmek ve alan bazlı desteklerini yönetmek amacı ile uydu görüntüsü ya da hava fotoğrafı destekli Arazi Parsel Tanımlama Sistemi altyapılarını geliştirmişlerdir. Bu tarz çalışmalarda uydu görüntü kaynağı, mekânsal çözünürlüğü ve tarım parsellerinin belirlenmesinde kullanılacak görüntü işleme yöntemleri çok büyük önem arz etmekle beraber birçok ülkede yeterli araştırma yapılmamıştır.

Uydu görüntüleri ile ürün tiplerinin belirlenmesinde ve haritalanmasında temel problem, sensör tarafından kaydedilen yansıtım ile mekânsal dağılım ilişkisinin değişik büyüklük, şekil ve doku özellikleri gösteren tarım alanlarında tanımlanmasıdır (Ozdogan ve Woodcock, 2006). Çalışma alanı için en uygun mekânsal ve spektral çözünürlüğün belirlenmesi çok önemli olmakla birlikte bu parametreler algılayıcı tasarımı sırasında sınırlanmakta ve "ideal" çözünürlüğün belirlenmesini zorlaştırmaktadır (Johansen ve diğ, 2009).

Uzaktan algılama ile tarım parsellerinin ve ürün tiplerinin belirlenmesine yönelik zengin bir araştırma geçmişi bulunmaktadır. Örneğin, Pax-Lenney ve Woodcock (1997) bölgesel ya da global ölçekli tarımsal çalışmalarda zamansal çözünürlüğün fazla olması ve veri boyutlarının yönetilebilir olması nedeni ile düşük mekânsal çözünürlüklü verilerin kullanılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Çalışmalarında 30m mekânsal çözünürlüklü Landsat TM görüntülerinin kırmızı ve yakın kızılötesi kanallarından kümeleme ile 120 m, 240 m, 480 m ve 960 m mekânsal çözünürlüklü sentetik veri üretmişlerdir. Bu verilerden ürettikleri NDVI görüntüleri üzerinde gerçekleştirdikleri eşik değer analizi sonucunda ekili alanların tespitinde farklı çözünürlükler için yüksek çözünürlükten düşük çözünürlüğe doğru %4,3 - %9,4 aralığında düşük tahmin sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmacılar temel hedeflerinin tarımsal olarak aktif olan alnaların diğer alanlardan ayrıştırılması olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ürün ekim deseninin belirlenmesine yönelik bir analiz bulunmamakta olup, yöntem olarak NDVI temelli eşiklendirmenin kullanılması sebebi ile mekânsal çözünürlüğün sınıflandırma üzerindeki etkisi doğrudan ölçülememektedir.

Ozdogan ve Woodcock (2006) gerçekleştirdikleri çalışmada altı farklı test bölgesi için parsel büyüklüğü, ürün mekânsal dağılımı ve sınıf tanım eşik değerleri ile görüntü mekânsal çözünürlüğü arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada temel görüntü verileri 1m mekânsal çözünürlüklü IKONOS görüntüsü olup, bu görüntüden 30m ve 250m mekânsal çözünürlüklü verinin sentetik olarak üretilmesi için kümeleme yöntemi kullanmışlardır. Yöntemleri, farklı çözünürlükteki verilerden hesapladıkları variogramlar yardımı ile alt pikseller için beta dağılımını belirlemek üzerine kurulmuştur. Elde ettikleri sonuçlara göre alan tahmin doğruluğu, bölgedeki parsel büyüklüğü ve görüntü mekânsal çözünürlüğü arasındaki uyum ile doğru orantılıdır. Ayrıca sınıf tanımlamalarındaki alt-piksel oran eşiğinin doğru

belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada bölgedeki ekili alanın toplam alana oranı sınıf eşik değerlerinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Duveiller ve Defourny (2010) ürün alan tahminin ve gelişim sürecinin izlenmesinde kullanıcı tanımlı kısıtlamaları dikkate alan bir konsept sunmaktadırlar. Çalışmada kullanılan yöntemin temelinde ürün ile kaplı bir tarım arazisinin değişen mekânsal çözünürlüğe bağlı olarak gösterdiği yansıtım karakteristiklerinin modellenmesi yatmaktadır. Çalışmada 10 km x 10 km büyüklüğünde altı test alanı için 10 m mekânsal çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüleri ve bu görüntülerden kümeleme ile türetilmiş düşük mekânsal çözünürlüklü sentetik veriler kullanılmıştır. İlk aşamada test alanları için orijinal SPOT 5 görüntülerinden segmentasyon ve kontrollü sınıflandırma işlemleri ile ürün deseni tanımlanmış olup, sonrasında ekili alanlar için maskeleme işlemi ile sınır tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada ise ürün tipleri için üretilen sınır maskeleri altında kalan alanlar için farklı mekânsal çözünürlüklü verilerde piksel saflık değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre yüksek doğruluklu alan tahmini için, mekânsal çözünürlükteki azalmaya karşılık olarak piksel saflık derecesinin artışı gerekmektedir. Hedef ürün tipleri için yakın kızılötesi ve kırmızı kanalların kullanımı ile gerçekleştirilen uygulama sonuçlarına göre, Chinese, Fakara, Hesbaye, Flevoland ve Picardie bölgelerinde kabul edilebilir en düşük mekânsal çözünürlük sırası ile 30m, 78m, 90m, 117m ve 148m olarak tespit edilmiştir.

Pena-Baragan ve diğ., (2011) yaptıkları araştırmada farklı ürün tiplerinin sezona bağlı tespitine ve haritalanmasına yönelik obje tabanlı görüntü analizi ve karar ağacı algoritmasını temel alan bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmalarında ASTER uydu görüntülerinden elde ettikleri bitki indeksi ve doku özellik bilgilerini kullanmışlardır. Temel ürün tiplerinin gruplandırılmasında NDVI verilerini kullanan araştırmacılar, fotosentetik olarak aktif olmayan bitki örtüsü, nemli toprak ve boş arazi gibi yüzey örtü tiplerinin ayrıştırılmasında SWIR bandını temel alan indisler kullanmışlardır. Araştırmacılar, bitki türlerinin farklı gelişim dönemlerinde algılanan görüntü zaman serisi kullanımının ürün haritalama başarımını artırdığını belirtmişlerdir.

Bu geniş literatür geçmişi değerlendirildiğinde, çalışmaların çoğunlukla tek bir ürün tipinin belirlenmesine yönelik olduğu gözlemlenmektedir. Çalışmalarda genellikle sabit mekânsal çözünürlükte görüntüler üzerinde farklı sınıflandırma yöntemleri uygulanmış ya da farklı mekânsal çözünürlükteki görüntülerin ekili alan

tahminindeki başarımı tek bir analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu durum göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen uygulamada, Şanlıurfa ilinde pamuk ve mısır ekili parsellerin belirlenmesinde farklı mekânsal çözünürlükteki görüntülere uygulanan sınıflandırma yöntemlerinin başarımı incelenmiştir. Pax-Lenney ve Woodcock (1997), kümeleme ile elde edilen düşük çözünürlüklü veride spektral farklılaşma – çözünürlük ilişkisi bakımından negatif etkiler ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Bu sebeple uygulamada, daha önce yapılan çalışmalarda gerçekleştirilen bir görüntüden kümeleme yolu ile düşük mekânsal çözünürlükte veri türetme işlemi yerine, farklı mekânsal çözünürlükte algılama yapan SPOT 5 ve LANDSAT 5 TM uydularından elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Bunun dışında bu çalışmada aynı sezonda ekilmiş olan iki farklı ürün tipinin belirlenmesinde tek tarihli uydu görüntüsü kullanımı olanakları araştırılmıştır. Parsel ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü veri kullanımı gerekliliği tek tarihli görüntüye dayalı analiz metodu geliştirilmesinde temel etken olmuştur. Tek tarihli analiz için ürün tiplerinin spektral ve zamansal anlamda farklılaştığı görüntü çekim aralığının belirlenmesinde gözlem istasyonlarından elde edilen yüksek çözünürlüklü kamera fotoğrafları kullanılmıştır.

Spesifik olarak bu çalışmada aşağıdaki temel soruların çözümleri aranmıştır:

- Farklı mekânsal çözünürlükteki uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen ürün tipi belirleme ve parsel alan tahmini süreçlerinde parsellerin büyüklüğü, ürüne bağlı olarak oluşan dokusu ve farklı ürün içeren parsellerin mekânsal dağılımı gibi etkenler doğruluğa nasıl etki etmektedir?

- Tematik doğruluk ve işlem zamanı göz önünde bulundurulduğunda hangi sınıflandırma yöntemi göreceli olarak en iyi performansı sunmaktadır?

1.2 Verim Modeli Tasarımı

Tarım ürünlerinde verimin doğru ve zamanında lokal ya da bölgesel ölçekte tahmini sosyo – ekonomik durum analizi, tarımsal yönetim ve bilişim açısından büyük önem arz etmektedir (Lobell ve diğ, 2003; Fang ve diğ, 2011). Örneğin bölgesel ölçekte verim tahmini tarımsal üretim kapasitesini belirlemekte, böylece sonraki yıllar için ürün fiyat ve stok yönetimi gerçekleştirilebilmektedir. Verim tahmin sonuçları ayrıca tarım – ekosistem ilişkilerinin modellenmesinde karbon döngüsü ve iklim değişikliği

temelinde bilgi sağlayabilmektedir (Cassman ve Wood, 2005). Bitki kütlesi ve ürün arasında alometrik ilişkiler kullanılarak verim bilgisinden birincil net üretim (NPP) verisi üretilebilmekte ve bu veri karbon bütçesi belirlenmesinde kullanılabilmektedir (Reeves ve diğ, 2004; Ozdogan, 2011).

Agro – meteorolojik verim modellerinden biride Monteith (1972) tarafından sunulan ve Işınım Kullanım Başarımı (LUE) ile kütle üretim kapasitesi arasındaki ilişki ile tanımlanan modeldir. Bu yaklaşım bitkinin fenolojik gelişim evrelerinde ölçülen Fotosentetik Aktif Radyasyon Emilim Katsayısı (fPAR) değeri kullanılarak bitki tarafından emilen enerji miktarından türe özgü kütle üretiminin hesaplanmasına dayanır. LUE yaklaşımı ayrıca uydu tabanlı NPP (ya da verim) tahmin sürecine uygundur. Bunun sebebi bitki ışınım emiliminin net karbon üretimini tetikleyen ana unsur oluşu ve uzaktan algılama ile geniş alanlar için doğrudan ölçülebilmesidir (Field ve diğ, 1995).

Uydu görüntüleri geniş alanlar için tekrarlı veri elde edebilme kapasiteleri ile dünyanın çeşitli bölgelerinde bitki veriminin belirlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmıştır (Baez-Gonzalez ve diğ, 2002; Bastiaanssen ve Ali, 2003; Doraiswamy ve diğ, 2003; Gitelson ve diğ, 2012). Bitkilerin spektral yansıtım özellikleri ile vejetasyonun durumu arasında gözlemlenen yüksek korelasyon, çalışmalarda spektral bitki indeksleri (SVI) ve verim arasında belirgin ilişkilerin ortaya konmasını sağlamıştır (Wiegand ve diğ, 1991; Groten,1993). Özellikle, daha önceki çalışma sonuçları, SVI'nin bitki gelişim dönemi boyunca meydana gelen değişimlere duyarlı olduklarını ortaya koymakta ve SVI'leri Bitki Örtü Oranı (CC), Yaprak Alan İndeksi (LAI) ve fPAR tahmininde olarak kullanmaktadır (Asrar ve diğ, 1984; Myneni ve diğ, 1995; Wang ve diğ, 2001; Liu ve diğ, 2012). En yaygın kullanıma sahip SVI ler bitki biofiziksel özellikleri ile değişik seviyelerde korelasyon gösteren NDVI ve Basit Oran (SR) indeksleridir (Gallao ve diğ, 1993; Elmore ve diğ, 2000; Serrano ve diğ, 2000). Wiegand ve diğ (1991) SVI – fPAR ilişkilerini; NDVI, SR, Dik Vejetasyon İndeksi (PVI) ve Dönüştürülmüş Toprak Düzeltmeli Bitki İndeksi (TSAVI) indeksleri kullanarak incelemiş ve sonuç olarak tüm indeks yaklaşımlarının verim tahmininde benzer ve anlamlı sonuç ürettiğini bulmuşlardır. Diğer taraftan, Gitelson ve diğ (2003) mısır ekili alanlarda LAI tahmininde kullanılmak üzere bir Yeşillik İndeksi (GI) önermiş ve analizler sonucunda GI yönteminin kırmızı dalga boyunda algılanmış veri kullanan klasik SVI'lere üstünlük sağladığını belirtmişlerdir.

Önerilen indeksin üstünlüğü özelikle mısırın püsküllenme dönemi başlangıcından itibaren LAI ölçümleri ile uyum sağlamasıdır. Bu dönemde klasik SVI'lerinde kırmızı dalga boyunda ışınımdaki yüksek soğurmaya bağlı olarak düşüşler gözlemlenmiştir.

Uydu görüntülerinin geniş alanlarda mekânsal veri sağlama avantajına rağmen, günümüzde parsel ölçeğinde analiz için yeterli mekânsal çözünürlüğe sahip veri sağlayan uydular günlük veri ihtiyacını karşılayacak zamansal çözünürlüğe sahip değildir. Örneğin, Lobell ve diğ (2003) yaptıkları çalışmada SVI – fPAR ilişkilerinin kalibrasyonu için yersel çalışmalar ile önceden tanımlanmış fPAR zaman profiline ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada belirli günlerde gerçekleştirdikleri kanopi ölçümleri ile eş zamanlı SR ve NDVI görüntülerini Sellers ve diğ. (1996) ve Los ve diğ. (2000) tarafından tanımlanan lineer bağıntıları kullanarak ilişkilendirmişlerdir. Sonrasında, lineer enterpolasyon yöntemini kullanarak kanopi ölçümlerini günlük veri olarak genişletmiş ve tek tarihli görüntü ile elde edilmiş SVI verisi ile mekânsal verim tahmini gerçekleştirmişlerdir. Orta mekânsal çözünürlüklü (10 – 100m) uydu verilerinin zamansal çözünürlük kısıtı, SVI – bitki biyofiziksel özellik ilişkilerinin kalibrasyon ve doğrulama sürecinde yersel gözlemlere olan ihtiyacı işaret etmektedir. Fakat çoğunlukla noktasal olarak gerçekleştirilen yersel ölçmeler verim analizinin geniş alanlarda uygulanması için yetersiz kalmaktadır (Menzel 2002). Ayrıca, agro – meteorolojik verim modellerinin bitki fiziksel gelişimi hakkında günlük veriye ihtiyaç duyması, klasik yersel biyofiziksel ölçmelerin zor ve maliyetli olmasına sebep olmaktadır (Graham ve diğ, 2009).

Bitki gelişiminin gözlemlenmesi noktasında zahmetli arazi ölçmelerini bütünlemenin bir yolu da yersel dijital kamera kullanımıdır. Örneğin, Graham ve diğ (2009) yaptıkları çalışmada bitki fenolojisinin gözlemlenmesinde dijital kameraların kullanımının uygunluğunu araştırmışlardır. Bu çalışmada yaprak döken fundalıkların yaprak gelişim dönemlerinin belirlenmesinde kamera görüntülerinin renksel eşiklendirme yöntemi ile analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ayrıca kamera görüntülerinin uydu görüntüsü analizlerine iyi bir referans veri olma potansiyelini ortaya koymuştur. Bir başka çalışmada Laliberte ve diğ (2007) karışık çim alanlarında vejetasyon örtüsünün belirlenmesi amacı ile kamera görüntüleri üzerinde nesne tabanlı segmentasyon analizi gerçekleştirmiş ve analiz sonuçları tahmin

sonuçları ile gerçek vejetasyon örtüsü arasında yüksek korelasyonla sonuçlanmıştır. Li ve diğ (2010) yaptıkları çalışmada dijital kamera görüntülerinin farklı bölgelerde buğday ekili alanlarda CC belirlenmesinde kullanımına ilişkin yöntem araştırması gerçekleştirmişlerdir. Gitelson ve diğ (2002) tarafından önerilen yeşil vejetasyon indeksi'nin toprak düzeltmeli versiyonunun kullanıldığı çalışmada sonuçlar kamera bazlı CC ile LAI, yüzey bitki kütlesi, Greenseeker sensöründen elde edilen NDVI indeksi ve Nitrojen içeriği parametrelerinin yüksek korelasyon sağladığını ortaya koymuştur. Ek olarak, Pan ve diğ (2007) çeşitli buğday ekili alanlarda CC tahmini için kamera görüntüsü kullanmış ve kamera tabanlı CC tahminlerinin dört farklı gelişim döneminde LAI ölçümleri ile uyuşum gösterdiğini bildirmişlerdir. Daha yakın tarihte Sakamoto ve diğ (2012) bitki gelişimini görünür bölge ve kızılötesi görüntüleme özelliklerine sahip kameralar ile detaylı bir şekilde incelemişlerdir. Araştırmacılar, dijital kameralardan elde ettikleri SVI değerleri ile SKYE sensörü ve MODIS uydu görüntülerini mısır ve fasulye bitkilerinin gelişim süresi boyunca karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda bu alanlarda Kamera–SKYE, Kamera–MODIS and SKYE–MODIS SVI veri setleri için 0,80 den daha yüksek R^2 değerleri ile yüksek lineer korelasyon ilişkisi saptamışlardır.

Bu literatür geçmişinden yola çıkılarak gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesinde pamuk ve mısır ekili alanlarda ürün verimini tahmin edebilmek için dijital kamera görüntüleri, meteorolojik veriler ve uydu görüntüleri kullanarak agro-meteorolojik verim modeli tasarlamaktır. Çalışmada ilk aşamada dijital kamera tabanlı CC ölçmeleri ile fPAR tahmini gerçekleştirilmiş ve LUE tabanlı verim modeli kurularak test parsellerinde kalibrasyon ve doğrulama süreci tamamlanmıştır. Ayrıca fPAR parametresinin mekânsal dağılımını belirlemek için, çoklu zamansal çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak SVI –CC ilişkileri lineer regresyon analizleri yardımı ile tanımlanmıştır. Kurulan model lokal olarak optimize edilmiş meteorolojik parametre seti ve farklı tarihli uydu veri seti kullanılarak bölge kapsamında ve parsel ölçeğinde çalıştırılmıştır. Çalışmada oluşturulan SVI – CC yaklaşımına ek olarak genel SVI – fPAR denklemleri de teste tabi tutulmuş, bu farklı yaklaşımlarla elde edilmiş verim tahmin sonuçları, çalışma alanı içinde kalan dört ilçede Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) istatistikleri ile karşılaştırılmıştır.

Ekili ürün tiplerinin ve mekânsal dağılımlarının belirlenmesi ve sonrasında tasarlanan verim tahmin modeli ile ürün bazında ve parsel ölçeğinde rekolte tahmininin gerçekleştirilmesini temel alan bu araştırmanın hedefleri şu şekilde sıralanabilir;

- Güneydoğu Anadolu bölgesinin en önemli ve en büyük tarım arazilerine sahip olması, bir yıl içerisinde farklı ürün ekimlerinin bir arada gerçekleştiği iki tarımsal dönemin mevcut olması gibi nedenler ile pilot çalışma alanı olarak seçilen Şanlıurfa ilinde; uydu görüntüleri ve meteorolojik veriler kullanılarak tarımsal rekolte tahminine yönelik adaptif bir modelin geliştirilmesi.
- Çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanımı ile tarım arazileri belirlenecek ve bitki indeksi, sınıflandırma gibi analizler ile tarım arazilerinde desen tanımlama ve tür ayrıştırma gerçekleştirilecek, ürün bazında coğrafi konum, alansal büyüklük vb. mekânsal veri üretimi sağlanması.
- Sürekli gözlem istasyonları ile elde edilen meteorolojik veriler, toprak parametreleri ve kamera fotoğrafı temelli biometrik ölçümler, uydu görüntüsü analizleri ile birleştirilerek gelişim ve verimliliğin saptanması.
- Noktasal ölçümler düzeyinde sağlanan bu verim parametrelerinden, mekânsal dağılımlı verilerin üretilmesinde kullanılacak geo-istatistiksel yöntem için yöntem tasarımının gerçekleştirilmesi.
- Bu parametrelere bağlı olarak kurulan tahmin modeli ile rekolte tahmini gerçekleştirilerek ve model çıktıları ile yersel rekolte değerleri test alanlarında kıyaslanması ve kıyaslama sonucunda yer doğruluklu rekolte değerinden sapmaların belirlenip kurulan modelin doğruluğunun irdelenmesi.

Araştırmanın sonucunda; hassas tarım uygulamalarına altlık oluşturacak mekânsal ve semantik veri altyapısının tasarımını ortaya koymak, tarımsal rekoltenin izlenmesi için analiz ve yöntemler bütünü geliştirmek ve tarımsal politikaların yönetiminde karar vericilerin kullanabileceği bilgi üretimini sağlamak ve önerilen konu ile ilgili temel kaynak olabilecek bir çalışma gerçekleştirmek hedeflerine ulaşıldığı düşünülmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

2.1 Çalışma Alanı

Tez çalışmasına konu olan Şanlıurfa ili, yaklaşık 1.613.737 nüfusa sahip olup Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. İl toprakları 36° 40' ve 38° 02' kuzey enlemleriyle 37° 50' ve 40° 12' doğu boylamları arasında kalır. Ortalama yükseltisi 518 metre olan Şanlıurfa, 18.584 kilometrekare yüzölçümü ile Türkiye'nin yedinci büyük ilidir (TUİK, 2009). İdari olarak 11 ilçeye ayrılmış olan il, aynı zamanda bölgede tarımsal verimliliğin ve çeşitliliğin geliştirilmesi amacı ile gerçekleştirilmiş olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)' inde en çok önem verilen illerin başında gelmektedir.

İl genelinde karasal iklim hakimdir. Kışları çok soğuk olmayan Şanlıurfa ilinde yazın yüksek sıcak görülmektedir. Gece ile gündüz ve yaz ile kış ortalama sıcaklıkları arasında büyük farklar vardır. Yıllık sıcaklık farkı bazen 40 dereceyi aşar. 15 yıllık ölçümlere göre Şanlıurfa'da yıllık yağış ortalaması 482,4 mm olarak hesaplanmıştır.

Jeolojik yapı olarak Şanlıurfa üçüncü jeolojik zamanın son katı olan Poliosen bölümünün karakterini göstermektedir. Üçüncü zamanın sonu ve dördüncü zamanın başlangıcında gerçekleşen yan basınçlar ve patlamalardan fazla etkilenmeyen Şanlıurfa, üzerinde bulunduğu sert kütle üzerinde biraz yükselmiş ve yer yer kıvrılmalara uğramıştır. Şanlıurfa ilinin kuzeydoğu bölgesinde bulunan Siverek, Hilvan ve Viranşehir ilçeleri Karacadağ'dan fışkırmış bazalt yoğunluklu lavların sertleşmesi ile oluşmuştur. İlin bir kısmı ise kalker formasyonu ile kaplıdır (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1990).

Şanlıurfa yapı itibariyle düz bir arazi üzerine kurulmuş olup, il birçok ovaya sahiptir. Bunlardan başlıcaları şunlardır (Kendirci ve diğ., 2010):

- **Harran Ovası**: Ortalama yüksekliği 375m olup ilin en düşük yükseklikli ovasıdır. Doğusunda Viranşehir Ovası, batısında Suruç ovası yer alır. Toprakları yoğun demiroksit içeriği nedeni ile kırmızı renktedir. Toprak

derinliği oldukça fazla olup ovanın 155.291hektarlık kısmında toprak derinliği 150 cm veya daha fazla, 27.325 hektarlık kısmında ise 60-150 cm arasındadır (Sevgilioğlu, 1986). GAP Projesi'nin önemli parçalarından olan Atatürk Barajı'nın inşaatının tamamlanması sonrasında kurulan kanallar ile bölgede ilk düzenli sulama ağına kavuşan ovadır.

- **Suruç Ovası**: Yüzölçümü yaklaşık 700 km^2 olan ova toprak bakımından alüvyon karakteri gösterir. Tıpkı Harran ovası gibi rengi kırmızıdır. Toprak tabakasının kalınlığı 50 – 100cm arasında değişen ova oldukça verimlidir.. Verimli ovalardan biridir.
- **Viranşehir Ovası**: 1200 km^2 yüzölçümlü bu ova topografik olarak engebeli bir yapı gösterir. Jeolojik temelinde kalker vardır.
- **Halfeti Ovası**: Fırat nehri kenarında olan Halfeti ovası yer yer tepelerle çevrilidir. Bu ovaların dışında Şanlıurfa il sınırlarında kalan Bozova ve Hilvan ovaları da önemlidir.

Çalışma alanı olarak Şanlıurfa ilinin seçilmesinin sebepleri;

- Türkiye içerisinde bulutsuz havada görüntü alınabilen, dolayısı ile bitkisel gelişimin en sık örneklenebileceği yer Şanlıurfa ilidir.
- Şanlıurfa'da yıl içinde ortalama iki dönem hasat yapılabilmekte bu da tahmin açısından kısa sürede daha çok veri elde edilebilmesini sağlamaktadır.
- Türkiye tarımsal üretiminde toplamda Şanlıurfa en yüksek paya sahip illerinden biridir. Örneğin Türkiye pamuk üretiminin %35'i, buğday üretiminin %8'i, fıstık üretiminin %55'i Urfa'da gerçekleşmektedir. Bunların yanı sıra sıralı ekim çerçevesinde mısır, mercimek, arpa, elma ve nohut ülke ölçeğinde önemli miktarlarda Şanlıurfa'da yetiştirilmektedir. Ayrıca gelişim fazında badem, üzüm ve nar gibi talep doğrultusunda üretim miktarı artan bitkiler bulunmaktadır.
- Şanlıurfa'da Tarım Bakanlığı'na bağlı birimlerin denetiminde ülkemizin en geniş tarım alanları (Ceylanpınar, Akçakale, Koruklu vb…) bulunmaktadır.

2.2 Kullanılan Veriler

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, meteorolojik veriler, kamera foroğrafları ve yersel ölçüm verileri aşağıdaki gibidir:

- SPOT 5 Uydu Görüntüleri (Her yıl için farklı fenolojik dönemlerde algılanmış, multispektral + pankromatik veri setleri şeklinde)
- Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM Uydu görüntüleri
- Aster GDEM Sayısal Yükseklik Modeli
- Meteorolojik veriler (Sürekli gözlem istasyonlarından elde edilen; yağış, dış sıcaklık, hava basıncı, dış bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü, güneş radyasyon şiddeti parametrelerini içermektedir)
- Kamera Fotoğrafları (Sürekli gözlem istasyonları üzerindeki yüksek çözünürlüklü HD kameralar ile algılanmış fotoğraflar)
- Ağırlık Ölçüm Verileri (Test alanları için hasat miktarının elektronik tartı ile elde edilen verileri)

SPOT 5 (Satellite Pour l'Observation de la Terre) uydusu 2002 yılında fırlatılmış olup Fransız Spot Image firması tarafından tönetilmektedir. 8 bit radyometrik çözünürlükte algılama yapan uydunun yörünge yüksekliği ekvatora göre 822km'dir. Yakın kutupsal yörüngede hareket eden uydunun yörünge döngüsü 26 gün olup aynı bölgeden tekrarlı geçiş süresi enleme bağlı olarak 2-3 gündür (± 31,06 algılama açısı ile). Uydu üzerinde yüksek çözünürlükte algılama yapabilen iki adet HRG sensörü mevcuttur. Bu sensörler 60km segment genişliği ile pankromatik algılama modunda 2,5 metre ile 5 metre, multispektral algılama modunda yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi kanallar için 10 metre çözünürlüklü kısadalga kızılötesi kanalda 20m çözünürlükte veri temin edebilmektedir. Yer kontrol noktası kullanılmadan yörünge parametreleri ile elde edilebilen konmsal doğruluk $\leq$ 50 metre'dir. Ayrıca, uydu üzerinde pankromatik modda algılama yapabilen HRS sensörü bulunmaktadır. HRS ile ileri ve geri bakışlar sayesinde yüzey rölyefini tanımlayabilecek stereo görüntü çiftleri elde edilebilmektedir. Stereo görüntü çiftlerinden yeryüzüne ait yükseklik bilgisini veren Sayısal Yükseklik Modelleri oluşturulmaktadır (Astrium, 2010).

Çalışmada kullanılan diğer uydu görüntülerini sağlayan Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM uyduları ikinci nesil Landsat uyduları olarak bilinmekte olup, sırası ile 1984 ve

1999 yıllarında ABD Ulasal Havacılık ve Uzay Dairesi tarafından fırlatılmışlardır. Uyduların yönetimi ve arşivlenmesinden ABD Yer Bilimleri Araştırma Merkezi sorumludur. Ekvatordan 705km yüksekte yakın kutupsal yörünged hareket eden Landsat 5 uydusu, 30 metre mekânsal çözünürlükte 6 adet optik kanala ve 120 metre mekânsal çözünürlükte 1 adet termal kanala sahiptir. Aynı bölgeden tekrarlı geçiş periyodu 16 gün olan uydunun tek bir çerçeve için kapsama alanı 185 km x 170 km'dir. Özellkleri landsat 5 TM uydusu ile büyük benzerlikler gösteren Landsat 7 ETM uydusunda en önemli farklılıklar 60 metre mekânsal çözünürlükteki termal kanal ve 7 banda ek olarak 15 metre mekânsal çözünürlüklü pankromatik kanaldır. Landsat 7 ETM uydusunun tarayıcı ayna düzeneğinde 2003 yılında meydana gelen mekanik arıza sonrasında tarama şerit doğrultularında problem meydana gelmiş ve bu hata sonucunda uydu tarafından algılanan görüntülerde %22'ye varan veri kayıpları ortya çıkmıştır (Url-1).

Çalışmada ortorektifiyasyon işleminde kullanılan yükseklik bilgisi, ASTER GDEMv2 verisinden sağlanmıştır. Bu veri 30m mekânsal çözünürlüğe sahip olup validasyon raporlarına göre konum doğruluğu yatayda ve düşeyde ± 20m'dir.

Çalışmada kullanılan yersel ölçme verilerini sağlayan yer istasyonları, her biri en az iki en fazla dört tarım parselini gözlemleyecek şekilde kurulmuştur. Bu istasyonlar her bir tarım alanının farklı yakınlaşma seviyesinde bir saat aralıkla fotoğraflayan yüksek çözünürlüklü RGB kameralara; hava basıncı, rüzgar yönü ve hızı, sıcaklık, güneş radyasyon şiddeti, yağış miktarı, toprak sıcaklığı, toprak nemi gibi parametrelerin 15 dakika aralıklarla ölçülmesini sağlayan duyargalara ve tüm bu verilerin merkeze aktarımını sağlayan veri iletim sistemlerine sahiptir.

3. PAMUK VE MISIR BİTKİLERİNİN YETİŞTİRME KOŞULLARI

Şanlıurfa ilinde temel olarak iki dönemde üretim yapılmakta olup her bir üretim döneminde yetiştirilen ürünler farklılık göstermektedir.

Birinci dönem ekim olarak Mart ayında başlayıp yetiştirilen ürünlerin hasatı Mayıs ayı sonunda gerçekleştirilmektedir. Bu dönemde ilde genel olarak buğday, arpa ve mercimek yoğun olarak yetiştirilmektedir.

İkinci dönemde ise ekim Mayıs sonu – Haziran başı periyodunda başlayıp, hasat Ağustos ayı sonu- Eylül sonu aralığında gerçekleştirilmektedir. Bu dönemde ise çoğunlukla Pamuk; beraberinde mısır üretimi yapılmaktadır.

Aşağıda bu ürünlere ait temel bilgiler yer almaktadır.

3.1 Pamuk Bitkisi Yetiştirme Koşulları ve Ekolojik İstekleri

Pamuk, Malvales takımından, Malvaceae familyasından, Gossypium cinsinden bir bitkidir. Kültür pamukları Herbacea ve Hirsuta olmak üzere iki grup altında incelenir.

Eski dünya pamukları adı verilen, Herbacea grubunda G. Arboreum L. ve G. Herbaceum L. olmak üzere iki tür bulunmaktadır. Bunların kozaları kapalı, lifleri kısa verimleri düşüktür Yeni dünya pamukları adı verilen Hirsuta grubunda ise G. Hirsutum L., G. Barbadense L. ve G. Tomentosum L. türleri bulunur. Bunlarınverimelri yüksek, vejetasyonları orta-uzun ve çırçır randımanları yüksektir. Yeni dünya pamukları üretimin %95'lik kısmını oluşturmaktadır (Gencer, 1993; Gürel ve diğ. 2000).

Pamuğun anavatanı konusunda tam bir kesinlik bulunmamakla birlikte Asya, Amerika ve Afrika'nın sıcak bölgelerinden Dünyaya yayıldığı tahmin edilmektedir.

3.1.1 Pamuğun toprak istekleri

Pamuk bitkisi her türlü toprakta yetişebilen bir bitki olmakla birlikte, yüksek verim ve kaliteye ulaşabilmek için toprağın derin profilli ve alüviyal olması gerekir. Derin,

kumlu - killi su tutma yeteneği yüksek geçirgenliği, işlenmesi ve sulanması kolay topraklar pamuk tarımı için ideal topraklardır (Gencer, 1993).

3.1.2 Pamuğun iklim istekleri

Pamuk tarımında en önemli iklim faktörlerinin başında sıcaklık, gün ışığı, yağış ve bağıl nem gelmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığın 19^0C, yaz ayları sıcaklığı ise 25^0C olması gerekir. Sıcaklık tarak oluşmasından önce 20^0C, çiçeklenme döneminde 25^0C, kozaların gelişme döneminde ise 30-32^0C olmalıdır. Hasat döneminde (Eylül – Ekim) kozaların iyi açılabilmesi için sıcaklığın azalması (15^0C'ye kadar) istenir (Gencer, 1993).

3.1.3 Pamuk ekimi

Yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için genetik saflığı yüksek tohum kullanımı çok önemlidir. Pamuğun ekim zamanı iklim koşullarına göre belirlenir. Ekim için toprak sıcaklığının 15^0C'nin üstünde olması gereklidir. Bölgelere göre ve yıldan yıla ekim zamanı değişiklik göstermekle birlikte, Çukurova Bölgesinde 25 Mart - 30 Nisan, Ege Bölgesinde Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ve Antalya yöresinde 15 Nisan - 15 Mayıs tarihleri genellikle en uygun ekim zamanıdır(Gencer, 1993, Gürel ve diğ. 2000).

Ekim işlemi elle serpme şeklinde ya da mibzerle sıraya yapılır. Dekar başına 2-3kg tohum atılması uygundur. Ekim derinliği toprak koşullarına bağlı olmakla birlikte genellikle 3-4cm'dir. Tohumun çimlenmesi normal koşullarda 5 ila 10 gün içinde gerçekleşir. Erken çimlenme sağlamak için tohum ekimden birkaç saat önce ıslatılmalıdır. Yetersiz çimlenme görülmesi durumunda hemen ikinci bir ekim yapılması önerilir.

3.1.4 Pamuk hasatı

Kozaların olgunlaşması ile birlikte pamuk hasadına başlanır. Hasadın başlama tarihi, yörenin iklim koşullarına, ekim tarihine ve sulama koşullarına göre değişir. Hasat, Ege, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Antalya bölgelerinde genellikle 15 Eylülden itibaren başlayıp Kasım sonu veya Aralık ortasına kadar sürer. Çukurova bölgesinde Ağustos sonlarında başlayıp Kasım başına dek devam eder (Gencer, 1993).

Pamuk hasatı ülkemizde genellikle elle toplanarak yapılır. Birinci elde toplanan pamuk iyi kalite özelliklerine sahiptir. Son yıllarda makine ile hasata da rastlanmaktadır. Makine ile pamuk hasatı iş gücü ücretinin pahalı olduğu ülkelerde (bölgelerde) tercih edilen bir yöntemdir (Gürel ve diğ. 2000).

3.2 Mısır Bitkisi Yetiştirme Koşulları ve Ekolojik İstekleri

Mısır bitkisinin ortaya konmuş yabani formu bulunmadığından orijini henüz tam olarak saptanamamıştır. Mısırın orijini konusunda çeşitli teoriler ileri sürülmekle birlikte bu teorilerin hiç biri tam olarak kabul görmemiştir.

Günümüzde üretimi yapılan hibrit çeşitler ilk olarak Amerika'da yapılan ıslah çalışmaları sonucunda elde edilmiş ve 1800'lü yıllarda Avrupa'ya, Güney Amerika'ya, Afrika'ya ve Avustralya'ya götürülmüştür.

Ülkemizde 1984 yılında tohumluk üretiminde özel sektör kuruluşlarının faaliyetine izin verilmesi ve 1987 yılında tohumluk dağıtımında devlet tekelinin kaldırılması ile tohumculuk teknolojisinde hızlı bir gelişme gözlenmiştir. Günümüzde yerli ve yabancı çok sayıdaki firma tarafından yüzlerce hibrit mısır çeşidi üretilerek piyasaya sunulmaktadır. Çeşit sayısının çokluğu mısır üreticilerine seçim zorluğu yaratmaktadır. Farklı bölgelerdeki tüm üreticiler için en uygun olarak tanımlanabilecek tek bir çeşit söz konusu olamaz. Her üretici kendi koşullarına uyan en iyi çeşidi seçmek durumundadır. Çeşit seçiminde olgunlaşma süresi, koçan özelliği, yatmaya hastalık ve zararlılara, soğuk ve sıcağa dayanıklılık, ekim sıklığına tepki ve verim gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

3.2.1 Mısırın toprak istekleri

Mısır tarımı için en uygun toprak tipi, su tutma kapasitesi, besin maddesi depolaması, işlenme kolaylığı, iyi drenaj ve havalanma özelliği dolayısıyla siltli-killi topraklardır. Bunun yanında sahip olduğu dezavantajları en aza indirmek, avantajları iyi değerlendirmek ve gerekli iyileştirme uygulamalarını yapmak koşuluyla diğer toprak tiplerinde de mısır tarımı yapılabilir (Kırtok, 1998).

3.2.2 Mısırın iklim istekleri

Mısır ılıman ve tropik bölgelerde tarımı yapılan bir bitkidir. Farklı iklim koşullarına adapte olmuş ticari üretimi yapılan pek çok mısır tipleri mevcuttur. Mısırın yayılma alanı Kuzey yarım kürede, Kanada'da 58^{o} kuzey enlemlerinden, Güney Afrika'da 35-40^{o} güney enlemlerine kadar uzanır. Diğer yandan deniz seviyesinden daha alçak yerlerde ve dört bin metre yüksekliklere kadar olan yerlerde mısır tarımı yapılabilmektedir.

Mısır bitkisinin en iyi geliştiği bölgeler en az 120 donsuz güne ve ortalama 2100-2200 Günlük Gelişme Derecesine sahip yörelerdir. Suyun bol ve sıcaklığın ılıman olduğu orman-mera iklimlerinde en yüksek verim düzeylerine ulaşılır Mısırın uygun yetişme sıcaklığı 24 -32^{0}C arslığı olupnemin %60'ın altına düşmemesi istenir (Arıoğlu, 2010).

Mısır bitkisi 10-11^{0}C 'de çimlenmeye başlayabilir. Toprak sıcaklığı 5-10cm derinlikte 15^{0}C'ye ulaştığı zaman çimlenme hızlanır. Mısır bir sıcak iklim bitkisi olmasına rağmen aşırı sıcaklık isteyen bitki değildir. 38 ^{0}C'nin üzerinde bir kaç gün devam eden sıcaklıklar bitkiye zarar verir. Mısır bitkisinin sıcak gecelerde iyi geliştiği sanılmakla birlikte, sıcak ve rutubetli gecelerde iyi bir gelişme görülmez. Genel olarak mısır için en uygun koşulların soğuk geceler, güneşli günler ve orta sıcaklık olduğu söylenebilir. Sık sık bulutlu havaların oluşması ve düşük ışıktan dolayı fotosentezin azalması nedeniyle tropik iklimde mısır verimi subtropik iklimdekine göre daha düşük gerçekleşir. Bitkinin gelişmesi için optimum ve minimum bağıl nem değerleri sıcaklık ve alınabilen su miktarına bağlı olmakla birlikte genel olarak %50 ve altına inen bağıl nem koşullarında bitki olumsuz etkilenir. Özellikle tozlanma döneminde ortaya çıkan düşük hava nemi tane bağlamayı aksatır ve su kayıplarını arttırır. Ülkemizin iklim verileri dikkate alındığında düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nem koşullarının hakim olduğu yöreler dışında kalan bölgelerde uygun çeşit ve sulamayla rahatlıkla mısır üretimi yapılabilir (Kırtok, 1998).

3.2.3 Mısır ekimi

Mısır ekiminde önemli konular ekim zamanı, ekim derinliği ve ekim sıklığıdır. Genel olarak ekim zamanı yetiştiricilik yapılacak yörenin yükseltisine göre değişmektedir. Ülkemizde alçak yörelerde (örneğin Çukurova) en uygun ekim

zamanı Nisan ayı başlarıdır. Orta ve Doğu Anadolu gibi yüksek bölgelerde ise daha geç tarihlerdeki ekim genellikle iyi sonuç verir. Erken ekimin verim arttırıcı etkisi bulunmakla birlikte, erken ekim yaparken bazı önlemlerinde birlikte uygulanması gereklidir. Aksi takdirde erken ekim fayda yerine zarar getirebilir.

Mısırda ekim derinliği iklim ve toprak koşullarına göre değişir. Mısır genellikle 2 ile 7,5cm derinliğe ekilir. Toprak yüzeyinin kuru ve sıcak olması durumunda ekim derinliği arttırılabilir. Örneğin kuru topraklarda, tohumu daha nemli bir ortama bırakmak için killi topraklarda 7,5 - 8,5cm, siltli topraklarda 10 - 11,5cm ve kumlu topraklarda 12,5cm derinliğe ekim yapılabilir. Toprak rutubeti ve sıcaklığının yeterli olduğu topraklarda ve uygun ekim zamanında ideal ekim derinliği 5cm'dir.

Mısır ekiminde serpme, ocak usulü ve sıraya ekim yöntemleri kullanılır. Serpme ekim yöntemi genellikle dağlık kesimlerde ve küçük arazilere uygulanır ve dekara 10 - 11kg gibi çok yüksek miktarda tohumluk kullanılır. Ocak usulü ekimde çıkış daha düzenli olur. Sıraya ekim ise elle veya ekim makineleri ile yapılabilir. En uygun ekim yöntemi ekim makineleri ile sıraya yapılan ekimdir (Kırtok, 1998).

3.2.4 Mısır hasatı

Mısırda hasat olgunluğu tanelerdeki nem oranı ölçülerek tayin edilir. Nem ölçme olanağının olmadığı durumlarda olgunluk tanedeki değişim gözlenerek anlaşılmaya çalışılır. Fizyolojik olgunluğa ulaşan mısır taneleri yaklaşık %35 oranında nem içerir. Oran %30-32 düzeyine gerilediğinde mısır olgunlaşmış sayılır. En uygun hasat zamanı tanedeki nem oranının %25 civarında olduğu dönemdir.

Erken hasat genellikle tercih edilen bir durumdur. Böylece sap çürümesi ve rüzgardan dolayı yatma riski azalır, sonbahar yağışlarına yakalanma ihtimali azalır ve hasat kayıpları en aza indirilmiş olur. Erken hasadın en önemli dezavantajı ise, kurutma için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmasıdır. Hasadın gecikmesi ürün kaybının artmasına ve kalitenin düşmesine neden olur.

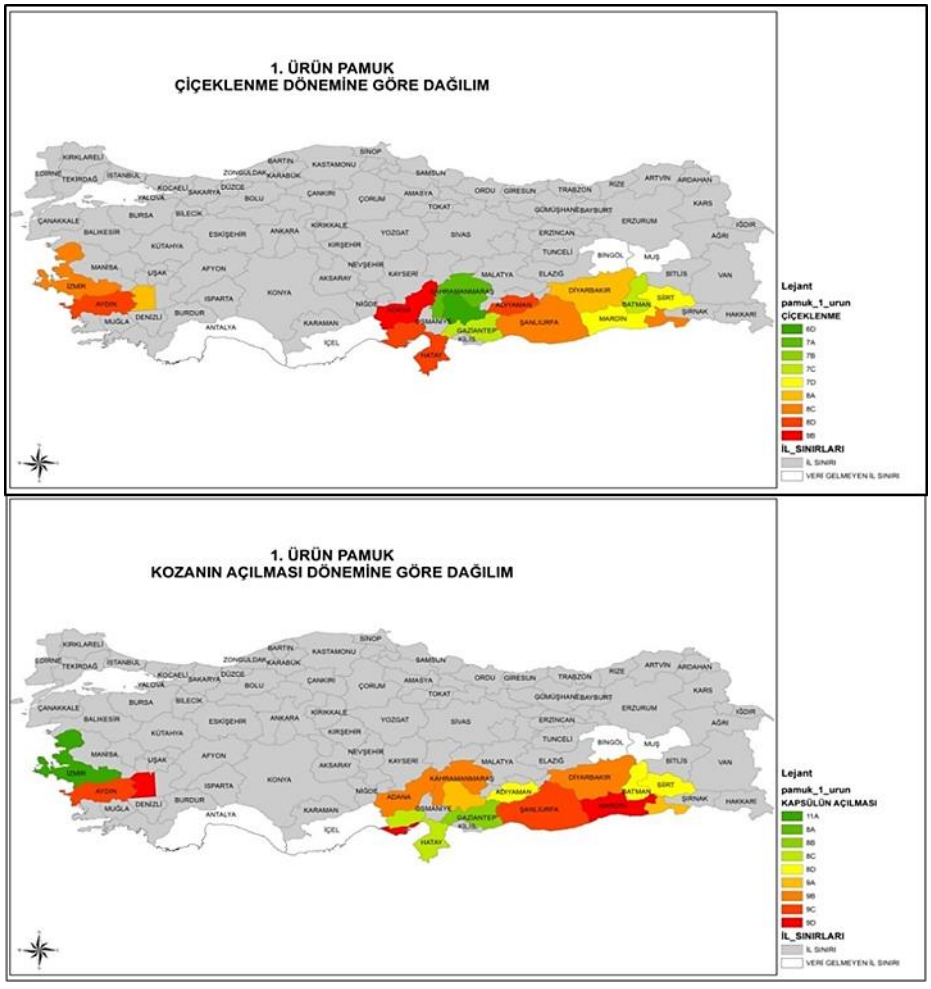
Hasat işlemi elle veya bu iş için geliştirilmiş hasat makineleriyle yapılır. Çeşitli hasat makineleri içinde en çok biçerdöver ve koçan toplayıcı hasat makineleri kullanılır. Makineli hasatta makine ayarlarının ve çalışma hızının doğru belirlenmesi, hasat kayıplarının azaltılması bakımından büyük önem taşımaktadır (Kırtok, 1998).

3.3 Pamuk ve Mısır Bitkilerinin Fenolojik Gelişim Süreçleri

Şanlıurfa ili genelinde iki tarımsal dönem mevcuttur. Bu dönemlerde yetişen ürünlerin fenolojik süreçleri hakkında bilgi sahibi olmak, uydu görüntüleri kullanılarak bir dönem içerisinde birden fazla ürün tipini tespit etmek için uygun gözlem zamanı belirlemede en temel parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında kamera tabanlı fenolojik gözlem için istasyonların topladığı veri yeterli miktarda olmadığından fenolojik gözlem raporları kullanılmıştır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu Urfa İli fenolojik gözlem raporu (Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2) kullanılan verilerden birisidir.

Ayrıca Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na bağlı il birimlerinden gelen ürün gelişim dönemi raporları ile oluşturulan fenolojik gelişim haritaları uydu planlamanın ilk aşamasında kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Pamuk bitkisinin iki farklı dönemi için fenolojik gözlem haritaları.

Çizelge 3.1 : 2002 – 2006 yılları arasında Urfa İli için farklı ilçelerde dağılmış 15 istasyonda farklı ürün tipleri için fenolojik gözlem tablosu.

İstasyon	Bitki	0	1	2	3	4	5	6	7
Akçakale	Pamuk	25.04.2006	15.05.2006	15.06.2006	03.07.2006	20.07.2006	10.08.2006	25.08.2006	05.09.2006
Birecik	Pamuk	29.04.2003	08.05.2003	25.05.2003	20.06.2003	20.07.2003	25.08.2003	18.09.2003	
Birecik	Pamuk	25.04.2004	10.05.2004	27.05.2004	18.06.2004	25.07.2004	22.08.2004	20.09.2004	
Birecik	Pamuk	26.04.2002	07.05.2002	23.05.2002	12.06.2002	15.07.2002	22.08.2002	25.09.2002	
Birecik	Pamuk	26.04.2006	10.05.2006	23.05.2006	12.06.2006	18.07.2006	07.08.2006	21.08.2006	10.09.2006
Bozova	Pamuk	01.05.2006		30.06.2006		25.07.2006	15.08.2006	05.09.2006	20.09.2006
Ceylanpınar	Mısır	03.07.2006	20.07.2006	05.08.2006	15.08.2006	20.08.2006	06.09.2006	26.09.2006	23.11.2006
Hilvan	Pamuk	15.04.2006	10.05.2006	01.06.2006	30.06.2006	15.07.2006	30.08.2006	01.09.2006	15.09.2006
Siverek	Pamuk	05.05.2002	26.05.2002	15.06.2002	05.07.2002	27.07.2002	20.08.2002	10.09.2002	
Siverek	Pamuk	25.04.2003	18.05.2003	20.06.2003	10.07.2003	15.08.2003	20.08.2003	30.09.2003	
Siverek	Pamuk	25.04.2004	28.05.2004	20.06.2004	15.07.2004	15.08.2004	10.09.2004	15.10.2004	
Siverek	Pamuk	10.05.2006	28.06.2006	10.07.2006	28.07.2006	15.08.2006	30.08.2006	12.09.2006	02.10.2006
Şanlıurfa	Pamuk	24.04.2003	27.05.2003	25.06.2003	04.07.2003	31.07.2003	22.08.2003	15.09.2003	
Şanlıurfa	Pamuk	27.04.2004	21.05.2004	22.06.2004	02.07.2004	27.07.2004	27.07.2004	31.08.2004	25.09.2004
Şanlıurfa	Pamuk	16.04.2006	02.05.2006	28.05.2006	05.06.2006	29.06.2006	10.08.2006	10.09.2006	22.09.2006

Çizelge 3.2 : Çizelge 3.1'de sınıflandırılmış 7 fenolojik dönemin ürün bazında gelişim karşılıkları.

Ürünler ve gelişim dönemleri	0	1	2	3	4	5	6	7
Mısır	Toprak Hazırlık	ekim	çimlenme	ilk gerçek yaprak cinsi	5.yaprak	yumru teşekkülü	yüzeyde maks.yaprak	hasat olgunluğu
Pamuk	Toprak Hazırlık	ekim	çimlenme	3.gerçek yaprak	Tomurcuk Oluşumu	çiçeklenme	kapsulun açılması	tohumların olgunlaşması

Bu gözlem verileri dışında Şanlıurfa İl Tarım Müdürlüğü'nden Şanlıurfa ilinde pamuk bitkisi için fenolojik gözlem raporları temin edilmiştir. Bu veriler tablolar halinde aşağıda sunulmaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3: İlk ürün ve ikinci ürün olarak Pamuk bitkisi için fenolojik gelişme dönemleri.

PAMUK	**Fenolojik Dönem**	**Ürün Boyu**
Ekim*	15 Nisan - 15 Mayıs	0cm
Taraklanma Baş.	15 Haziran	10-15cm
Çiçeklenme Baş.	7 Temmuz	25-30cm
Koza Açma Bas	1 Eylül	60-120cm
2. ÜRÜN	**Fenolojik Dönem**	**Ürün Boyu**
Ekim*	30 Mayıs - 20 Haziran	0cm
Taraklanma Bas	15 Temmuz	10-15cm
Çiçeklenme Baş.	15 Ağustos	25-30cm
Koza Açma Baş.	15 Ekim	60-120cm

*İlk ürün olarak pamuk ekim tarihi 1 Mayıs, ikinci ürün olarak ekim tarihi ise 30 Mayıs olarak alınmıştır.

Mart 2010 tarihinden itibaren ilde farklı konumlarda yerleştirilmiş 25 adet yer gözlem istasyonundan günlük olarak elde edilen kamera görüntüleri ve meteorolojik veriler kullanılarak bu fenolojik bilgiler güncellenmiş ve yeni dönem uydu programlaması bu güncellenmiş fenolojik takvime göre gerçekleştirilmiştir.

4. YÖNTEM

4.1 Tarım Alanlarında Ürün Tiplerinin ve Mekânsal Dağılımlarının Tespiti

4.1.1 Görüntü Önişleme

Bu çalışma için pilot il olan Şanlıurfa'da 2010 yılında pamuk ve mısır yoğunluklu ekimin gerçekleştiği ikinci tarım sezonu için analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında bölgede kurulu 25 adet yer gözlem istasyonundan elde edilen kamera görüntüleri ile pamuk ve mısır ekili alanların günlük değişimleri izlenerek, ürün tiplerinin spektral ve doku özellikleri bakımından ayırt edilebildikleri dönemler belirlenmiş ve bu dönemlere ait uydu görüntüsü programlaması gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda 21-22 Ağustos 2010 tarihinde Şanlıurfa ilini kapsayan 10 çerçeve SPOT-5 uydu görüntü seti çekilmiştir. Ayrıca 20 Ağustos 2010 tarihli Landsat 5 TM görüntüsü ABD Yer Bilimleri Araştırma Merkezi arşivinden temin edilmiştir.

Orijinal uydu görüntüleri, genelde sistematik veya sistematik olmayan geometrik distorsiyonları içerdiğinden haritalama amaçlı kullanılmazlar. Bu distorsiyonlar yükseklikteki, konumdaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimlerden, yeryüzü eğriliği ve atmosferik kırılma gibi birçok etkenden kaynaklanmaktadır. Ortorektifikasyonun amacı, bu faktörlerle oluşan distorsiyonları gidererek, düzeltilmiş dijital görüntünün yeryüzünün geometrik yapısına ve tanımlanmış koordinat sistemine uygun 2 boyutlu düzlemle ilişkilendirilmesini sağlamaktır (Algancı ve diğ, 2011). Uydu görüntüsüsnün algılama prensibine ve özelliklerine, çalışma alanının topografik özelliklerine, yer kontrol noktalarının, haritaların ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) bulunabilirliğine bağlı olarak ortorektifikasyon için uygun fiziksel model seçilir. Geometrik olrak düzeltilmiş görüntüler üst seviyede konum doğruluğu gerektiren uygulamalarda, uydu görüntülerinin başkaca mekânsal veri ile birlikte değerlendirileceği CBS analizlerinde, çok zamanlı uydu görüntüleri ile gerçekleştiren değişim analizlerinde ya da bu çalışmada olduğu gibi farklı

sensörlerden elde edilen görüntülerin birlikte değerlendirildiği çalışmalarda kullanılabilir (Sertel ve diğ, 2007).

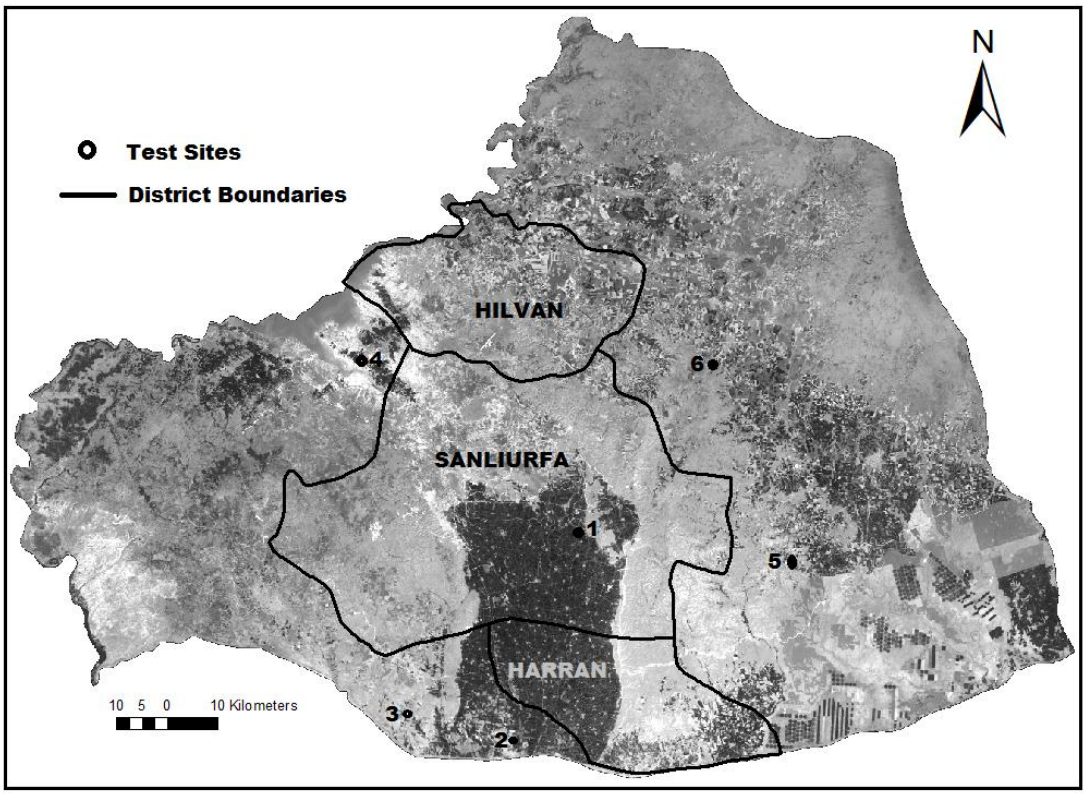
İlk aşamada Level 1A işleme seviyesinde elde edilmiş olan SPOT 5 uydu görüntülerinin ortorektifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde yer kontrol noklaları 2006 tarihli 1m mekânsal çözünürlüklü IKONOS görüntüsünden elde edilmiştir. Bahsi geçen görüntünün ortorektifikasyonu GPS ölçüleriyle elde edilen noktalar kullanılarak Tarım Bakanlığı tarafından gerçekleştirilmiş olup konum doğruluğu ± 1m dir. Ortorektifikasyon işleminde sayısal yükseklik bigisi ASTER GDEMv2 verisinden sağlanmıştır. Bu veri 30m mekânsal çözünürlüğe sahip olup konum doğruluğu ± 20m'dir. Landsat 5 TM uydu görüntüsü hâlihazırda topografik düzeltmeyi içeren Level 1T veri işleme seviyesinde elde edildiğinden bu veri için 1. Dereceden polinomsal dönüşüm ile ilişkilendirme işlemi uygulanmıştır. Tüm veri setleri için geometrik dönüşüm doğruluğu ± 0,5 piksel hata sınırı içinde olup, görüntülerin konumsal doğruluğu IKONOS görüntüsü üzerinde görsel olarak test edilmiştir.

Sonraki adımda SPOT 5 görüntü setinden 10m çözünürlüklü multispektral veri, 5m ve 2,5m çözünürlüklü pankromatik veriler ile sırası ile veri kaynaştırma işlemine tabi tutularak 5m ve 2,5m çözünürlüklü renkli görüntüler elde edilmiştir. Bu işlemde, sonuç görüntülerde multispektral verinin spektral karakteristiklerini koruyan "University of New Brunswick (UNB) algoritması" (Zhang ve diğ, 2004) kullanılmıştır. SPOT 5 görüntüleri için son aşama olarak mozaikleme işlemi gerçekleştirilmiş ve Şanlıurfa ilini kapsayan 10m, 5m ve 2,5m çözünürlüklü renkli görüntüler elde edilmiştir.

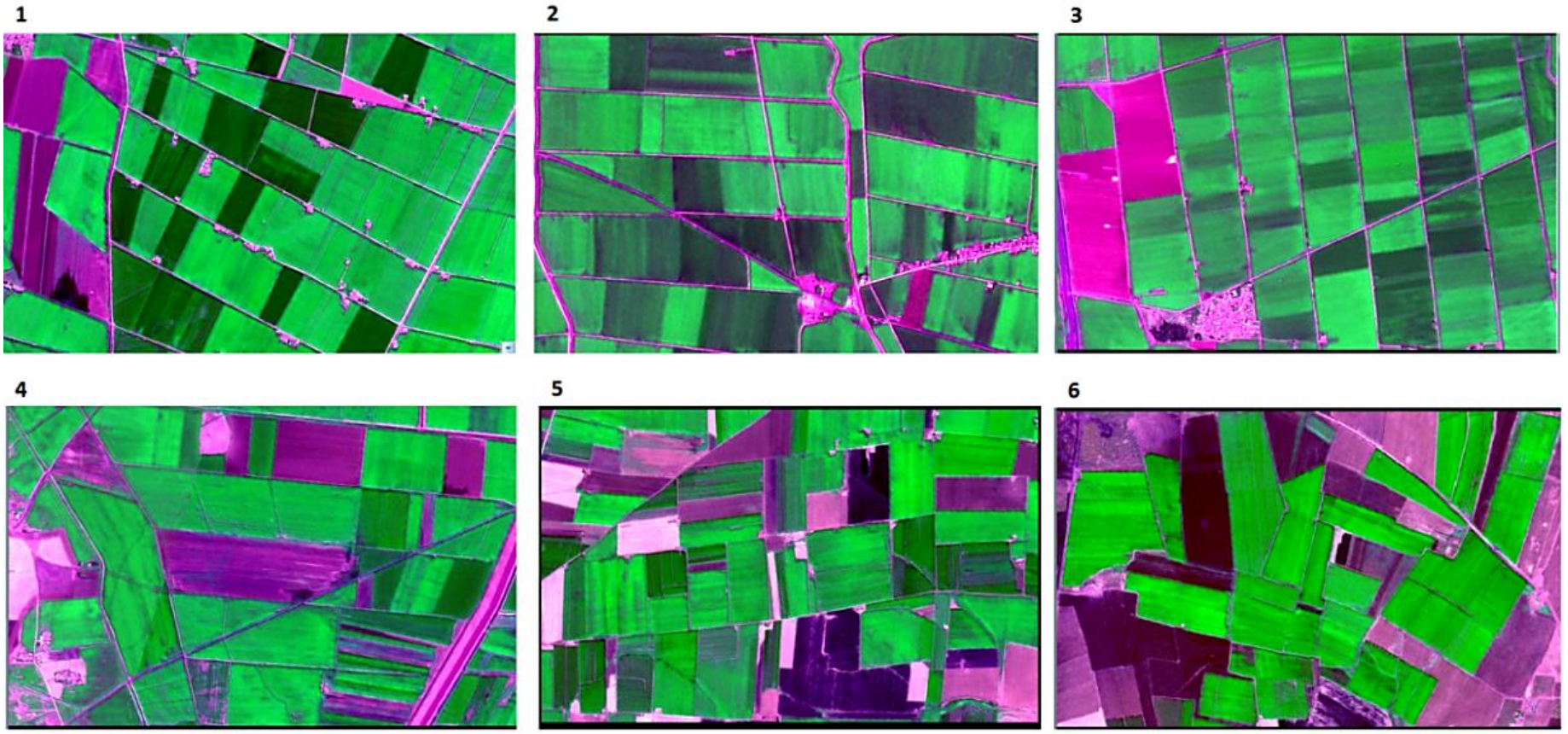
Farklı sınıflandırma algoritmalarının ve mekânsal çözünürlüğün ürün tiplerinin ve mekânsal dağılımlarının belirlenmesine etkisinin belirlenmesi için yapılan uygulamada ilk aşamada 2km x 3km alana sahip altı adet test bölgesi seçilmiştir. Test alanlarının seçiminde göz önünde bulundurulan unsurlar; alanların farklı parsel büyüklüğüne sahip tarlalardan oluşması, ürün ekim desenine göre komşu tarlalarda aynı ürün bulunma oranı, alanların Şanlıurfa için kuzey ve güney alt iklim kuşağında ve bu iklim kuşaklarının geçiş bölgesinde bulunması, son olarak sınıflandırma sonuçlarının kıyaslanacağı 2006 tarihli IKONOS görüntüsünden elde edilmiş parsellerle uyumlu olması şeklindedir. İkinci aşamada ise ilk aşamada belirlenen test alanları için elde edilecek sonuçların geniş alanda testini gerçekleştirebilmek adına,

ÇKS verilerine göre ekim alan bilgileri mevcut olan Hilvan, Şanlıurfa ve Harran ilçeleri çalışma alanı olarak seçilmiştir. Şekil 4.1 çalışma alanını ve test alanlarını, Şekil 4.2 ise test alanlarının yakın görünümünü vermektedir.

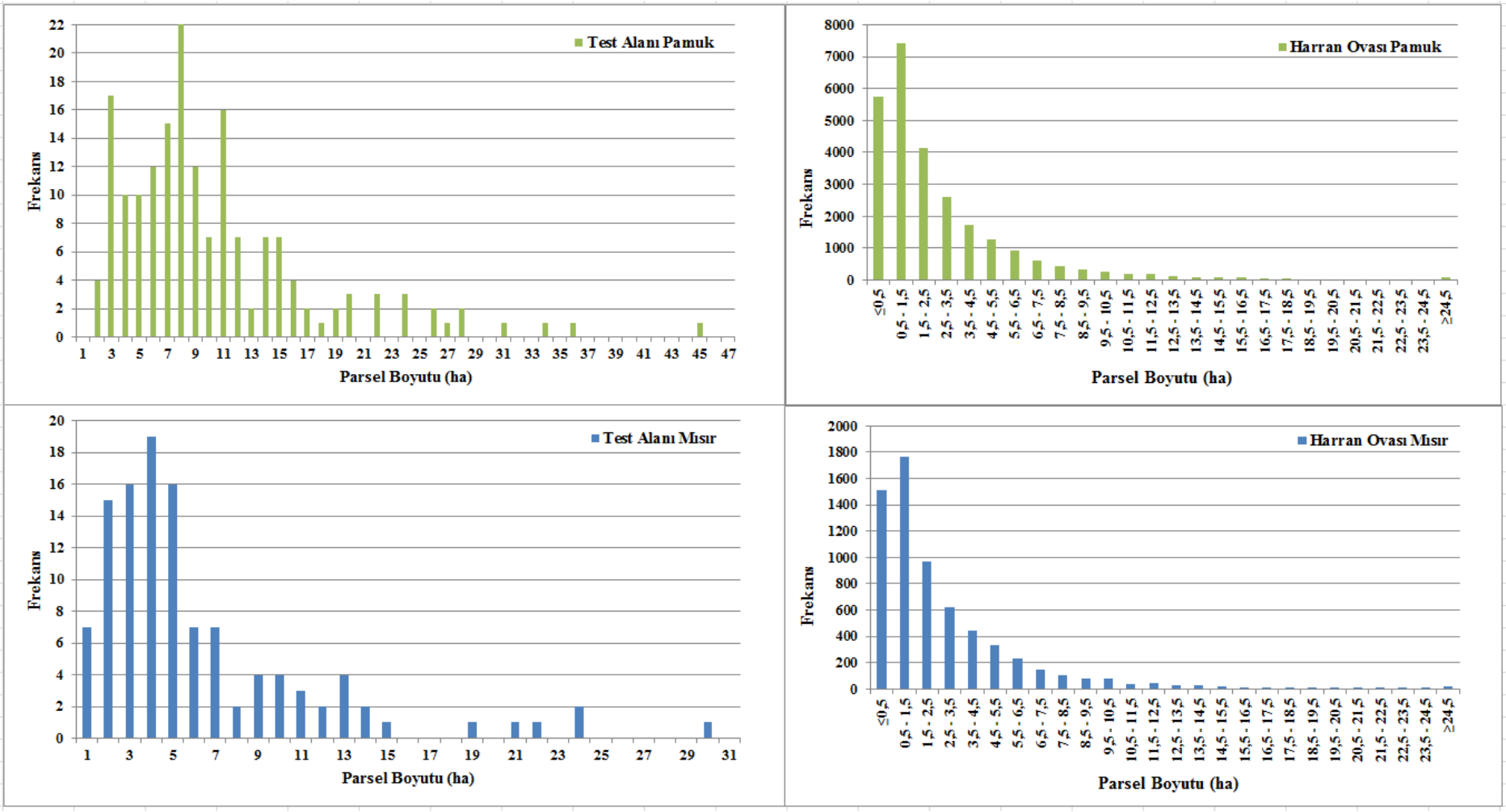
Test alanlarının hem ekim deseni hem de parsel geometrisi ve parsel büyüklüğü bakımından çalışma alanını temsil etmesi beklenir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü sayesinde çalışmada test alanlarının bu açıdan uygunluğu görsel yorumlama ile değerlendirilmiştir. Fakat bu uygunluğun istatistiki açıdan da kontrolü açısından sınıflandırma sonrası test alanlarında belirlenen parsel alan dağılımları ile Harran Ovası sınıflandırma sonucu elde edilen parsellerin alan dağılımları pamuk ve mısır bitkileri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma grafiklerinin verildiği Şekil 4.3 incelendiğinde test alanlarında parsel büyüklüğüne göre parsel sayısı dağılımının Harran Ovası geneli ile oldukça büyük bir örtüşüm gösterdiği göülmektedir.



Şekil 4.1 : Çalışma alanının ve test alanlarının konumlarının gösterimi (SPOT 5 – 2,5m K).



Şekil 4.2 : Test alanlarının yakın görünümü (SPOT 5 – 2,5m K/YKÖ/Y).



Şekil 4.3 : Test alanları ve tüm çalışma alanı için pamuk ve mısır ekili parsel büyüklüklüklerinin grafik karşılaştırması.

4.1.2 Sınıflandırma

Bu çalışmada obje tabanlı "En Yakın Komşuluk - Nearest Neighbour (NN)" algoritması, piksel tabanlı "En Çok Benzerlik – Maximum Likelihood (ML)", "Destek Vektör Makinası – Support Vector Machine (SVM)" ve "Spektral Açı Haritalayıcı – Spectral Angle Mapper (SAM)" algoritmaları test alanlarında tüm çözünürlük seviyelerinde uygulanmıştır.

4.1.2.1 Obje Tabanlı Sınıflandırma

Yüksek ve çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanılmaya başlaması, bu görüntülerin sahip olduğu yüksek detay seviyesi nedeni ile piksel tabanlı sınıflandırma algoritmaları kullanılarak bilgi çıkarımında problemlere neden olmuştur (van der Sande ve diğ, 2003). Yüksek çözünürlüklü görüntüler, orta ve düşük çözünürlüklü görüntülerde görülen karışık piksel problemini azaltmakla beraber; bir yüzey objesinin çok sayıda pikselle temsil edilmesine bağlı olarak obje heterojenliği problemini ortaya çıkarmıştır (Duvellier ve Defourny, 2010; Kim ve diğ. 2011; Li ve diğ. 2010; Zhou ve Troy, 2008). Radyometrik çözünürlükteki artış ve piksellerin sahip olduğu yansıtım değerlerindeki farklılıkların artması, piksel tabanlı sınıflandırma algoritmalarının obje şekil ve doku yapısını belirlemede başarımını önemli ölçüde düşürmektedir (Tansey ve diğ. 2009; Zhang, 2001). Bu noktada obje tabanlı sınıflandırma (OBC) teknikleri başarılı sonuçlar elde etmektedir (Kim ve diğ. 2009). OBC yönteminin temelinde renk, şekil ve doku bilgisinden yaralanarak segmentasyon işlemi ile piksellerden görüntü objelerinin oluşturulması, sonrasında objeler için hiyerarşik ve/veya komşuluk ilişkilerine dayalı kural setleri ile sınıflandırmanın gerçekleştirilmesidir (Bhaskaran ve diğ. 2010; Herold ve diğ. 2002).

Bu çalışmada, Definiens eCognition yazılımı kullanılarak multiresolution segmentasyon yöntemi ile segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu algoritma farklı ölçek seviyelerinde temel olarak renk bilgisini kullanarak ve tamamlayıcı unsur olarak şekilsel özellikleri tanımlamaya çalışarak yeryüzündeki nesnelere uygun obje segmentleri oluşturmaktadır. Burada şekil özellikleri kompaktlık ve düzgünlük parametreleri ile tarif edilmektedir. Renk ve şekil parametreleri biri diğerini 1 değerine tamalayacak şekilde, şekil içerisindeki kompaktlık ve düzgünlükte yine birbirlerini 1'e tamamlayacak şekilde ağırlıklandırılır. Bu çalışmaya konu olan ekili

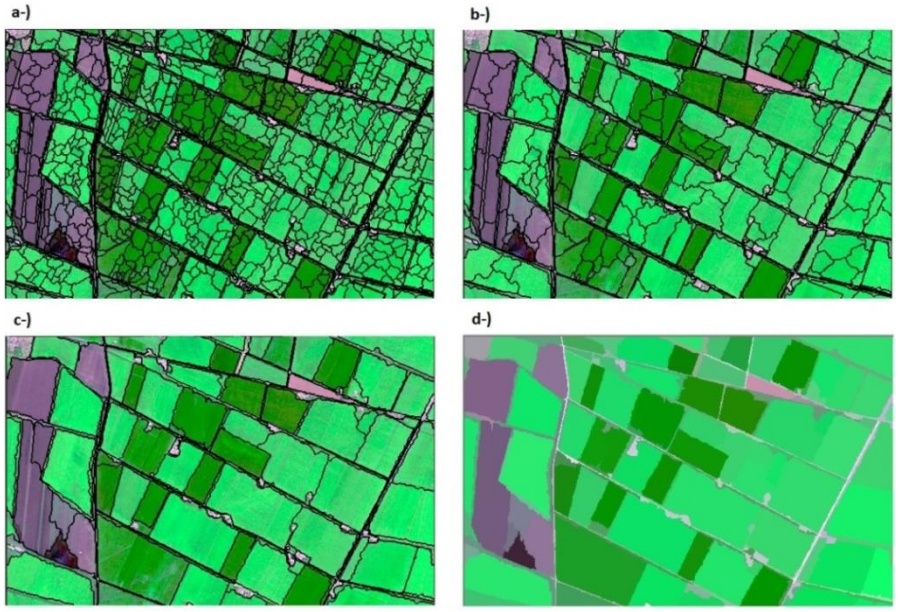
tarım parsellerinin segmentasyonu düşünüldüğünde, tarla şekilleri birbirine benzer dörtgen yapıda olduklarından şekil parametresi etkin ayırt edici unsur değildir. Buna karşın farklı ürün ekilmiş parsellerde spektral farklılıklar ürün desenini ve dolayısı ile parselleri tanımladığından, segmentasyon işlemine daha büyük ağırlıkla dahil edilmesi uygun olacaktır. Şekil parametresinin alt bileşeni olan kompaktlık obje homojenliğini optimize etmektedir. Hedef objelerin homojen olduğu (obje dahilinde spektral yansıtım değişiminin az olduğu), buna karşın homojen objeler ile homojen olmayan objeler arasındaki spektral farklılığın az olduğu durumlarda kompaktlık parametresine ağırlık verilmesi ayrıştırmayı güçlendirmektedir. Düzgünlük ise obje sınırlarının tanımlanmasında karmaşık poligon yapılara ne kadar izin verileceğinin bir ölçütü olup, yüksek tutulan düzgünlük parametresi daha basit ve sınırları daha düzgün objeler yaratır.

Uygulanan segmentasyon işleminde SPOT 5 görüntülerinin tüm kanalları, Landsat 5 TM görüntüsünün ise karşılık gelen kanalları kullanılmıştır. İşleme başlamadan önce görüntü kanalları standart sapma değerleri ile doğru orantılı olarak ağırlıklandırılmıştır. Standart sapma değeri bir kanal içerisinde yansıtım değerlerinin ortalama değerden farklılıklarını ifade ettiği için bir ayrımsallık parametresi olarak kullanılabilir.

Çizelge 4.1 farklı mekânsal çözünürlükteki görüntülere uygulanan segmentasyon parametrelerini, Şekil 4.4 ise Test Alanı -1 için 2,5 m çözünürlükte farklı ölçek katsayıları ile elde edilen segment yapılarını göstermektedir. İncelenen birçok çalışmada sabit mekânsal çözünürlük için ölçek faktörünün objelerin homojenliği ve coğrafi büyüklükleri ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir (Benz ve diğ. 2004; Frauman ve diğ. 2005). Buna karşın tablodan açıkça görüldüğü üzere objeyi oluşturan piksel sayısı - diğer bir deyişle mekânsal çözünürlük - ile ölçek faktörü arasındaki ilişki, objenin homojenliği ve coğrafi büyüklüğü ile olan ilişkiden daha güçlü ve daha belirleyicidir. Tabloda tek bir çözünürlük seviyesi için ölçek faktöründe oluşan küçük farklar obje büyüklüğüne bağlı iken çözünürlük değiştikçe ölçek faktöründe oldukça büyük değişiklikler gözlemlenmektedir. Bu bulgular, Blaschke (2010) çalışmasında belirttiği üzere ölçek parametresinin 2 farklı boyutta değerlendirilmesi gerekliliği ile örtüşmektedir. İlgili çalışmada eğer ölçek parametresi obje büyüklüğü ile ilişkilendiriliyorsa *mutlak ölçek*, veri çözünürlüğü ile ilişkilendiriliyorsa *bağıl ölçek* olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1 : Farklı mekansal çözünürlükler için uygun ölçek parametre seti.

Çözünürlük	Görüntü Kan.	Ölçek	Homojenlik Kriterleri			
			Renk	Şekil	Şekil Par.	
					Kompaktlık	Düzgünlük
2,5m (S5)	Y,K,YKÖ,KDKÖ	90-100	0,8	0,2	0,6	0,4
5m (S5)	Y,K,YKÖ,KDKÖ	50-60	0,8	0,2	0,6	0,4
10m (S5)	Y,K,YKÖ,KDKÖ	25-30	0,8	0,2	0,6	0,4
30m (L5)	Y,K,YKÖ,KDKÖ	10	0,8	0,2	0,6	0,4



Şekil 4.4 : Test alanı -1 için 2,5m çözünürlükte renkli görüntü ile oluşturulan segmentler: a) ölçek – 25, b) ölçek – 50, c) ölçek – 100, d) ölçek – 100 ile oluşan görüntü objeleri.

Segmentasyon işleminden sonra görüntü objelerinden örneklemler toplanarak dört temel sınıf için (mısır, pamuk, boş tarla ve boş alan), görüntü kanallarının yansıtım değerleri üzerinden en yakın komşuluk (NN) algoritması ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu algoritma ile önceden tanımlanan sınıflar için görüntüden seçilen öznitelikler dahilinde segment ölçeğinde veri örneklemi toplanması mümkün olmaktadır. Örneğin sınıf tanımlaması için göz önünde bulunduralacak öznitelik, görüntünün tüm kanallarına ait yansıtım değerleri olarak seçilir ise, seçilen örneklem segmentleri için segment altında kalan piksellerin n kanallı görüntünün her kanalındaki yansıtım değerleri ortalaması kaydedilerek n boyutlu örneklem uzayı oluşturulur. Görüntü editörü sayesinde farklı sınıflar için alınan örneklemlerin aynı öznitelik için karışmaya sebep olup olmayacağı örneklem histogramları yardımı ile incelenerek örneklemlerin uygunluğu test edilebilir.

4.1.2.2 Piksel Tabanlı Sınıflandırma

Bu çalışmada piksel tabanlı sınıflandırma algoritmalarının ekili alanların ve ürün tiplerinin belirlenmesindeki başarımını test etmek amacı ile ML, SAM ve SVM algoritmaları kullanılmıştır.

ML yöntemi literatürde en sık kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemi olması nedeni ile çalışmaya dâhil edilmiştir. Algoritma bir sınıfı temsil eden piksellerin, n bantlı görüntünün her kanalında normal dağılıma uygun spektral yansıtım istatistiklerine sahip olduğunu kabul etmektedir. Yöntem, görüntü uzayındaki her bir pikselin, örneklemler ile oluşturulmuş sınıf aday kümelerine ait olma olasılığını hesaplar (Bhaskaran ve diğ, 2010; Paola ve Schowengert, 1995).

SAM yöntemi, görüntü pikselleri ile referans spektrum arasındaki benzerliği en kısa mesafe parametresine göre hesaplayan bir algoritma yapısına sahiptir (Vyas ve diğ, 2011). Her bir piksel ve referans spektrumu boyutları görüntü kanal sayısına eşit bir uzayda vektörler olarak tanımlanır. Sonrasında piksellere ait spektral açılar ile referans spektrum açıları arasında karşılaştırma yapılarak piksel spektral açı farkı en küçük olan spektruma atanır. Bu noktada, spektral açı farkının radyan cinsinden kosinüsü spektral mesafeyi ifade etmektedir (Sohn ve Rebello, 2002). Algoritmanın mimarisinden de anlaşılacağı üzere vektör tanımlamasındaki doğruluk, sınıflandırma performansını doğrudan etkilemektedir. Vektör tanımlama doğruluğu görüntü kanal sayısı ile doğru orantılı olduğundan literatürde büyük çoğunlukla hiperspektral görüntü sınıflandırmasında kullanılmıştır (Clark ve diğ, 2005; Christian ve Krishnayya, 2009). SAM yöntemi bu çalışmaya, yöntemin multispektral görüntüler kullanılarak tarım alanlarının izlenmesinde sağlayacağı başarımın test edilmesi amacı ile dahil edilmiştir. Literatürde yöntemin multispektral veriler ile tarımsal analizlerde kullanımına ilişkin az sayıda örnek olamakla birlikte (Clark ve diğ, 2005; Christian ve Krishnayya, 2009), farklı mekânsal çözünürlüklü veri setleri ile değerlendirmelere rastlanmamıştır.

SVM yöntemi esas olarak birden çok makine öğrenmesi (machine learning) algoritmasının kombinasyonu olup, sınıflar arasındaki sınırları örneklemler ile oluşturulan destek vektörleri (support vector) kullanarak optimize etme temeline dayanır (Huang ve diğ, 2002). Yöntemin temelinde, sınıfların ayırt edilebilir olduğu hiper yüzeylerin (hyperplane) kernel fonksiyonlar ile oluşturulması yatar (Mercier ve

Lenon, 2003). Yöntemin önemli avantajları az sayıda örnekleme ihtiyaç duyması ve örneklemlerin spektral ayrımsallığında ortaya çıkan linearite probleminin hiper yüzey tanımlamaları ile çözülmesi sayesinde heterojen alanlarda kullanılabilmesidir (Melgani ve Bruzzone, 2004). SVM yöntemi literatürde multispektral ve hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında sıkça kullanılmıştır (Huang ve diğ, 2002; Mitra ve diğ, 2004; Bazi ve Melgani, 2006; Dixon ve Candade, 2008). Yöntemde kullanılan kernel fonksiyonu hiper yüzeylerin oluşturulmasındaki başarımı doğrudan etkilemektedir (Mercier ve Lenon, 2003). Su ve diğ. 2007'ye göre Radial Basis Function (RBF) kernel efektiftir, yazarlara göre örneklem alanları ile tüm veri setleri arasındaki ilişkinin linneer olmadığı durumlarda (örn, uydu görüntü sınıflandırması), RBF kernel başarılı sonuçlar vermiştir. Ayrıca bu kernel fonksiyonu daha az hesaplama gücü gerektirmektedir. Literatürdeki çeşitli çalışmaların deneysel sonuçları RBF kernel fonksiyonunun diğer kernel fonkyonlara kıyasla başarımını teyit etmektedir (Chapelle ve diğ, 2002; Huang ve diğ, 2004; Mitra ve diğ, 2004).

Bahsi geçen üç sınıflandırma yöntemi test alanlarında ENVI yazılımı kullanılarak uygulanmıştır. Sınıf adayları için görüntü üzerinde toplanan örneklemeler kaydedilip yöntemlerin tamamında aynı örneklem alanları kullanılmıştır.

Luc ve diğ. 1995'te belirtildiği üzere SAM yönteminin başarımı seçilen örnekleme alanlarının homojenliğine bağlıdır. Bu sebeple örnekleme alanları görüntü üzerinde homojen yapıdaki alanlardan seçilmiştir. 6 test alanı için gerçekleştirilen 96 adet sınıflandırma işleminde (tüm çözünürlüklerde ve tüm yöntemlerle), toplam örnekleme alanının görüntü alanına oranı minimum %12, maksimum %18 ve ortalama %15 olarak hesaplanmıştır. Huang ve diğ.'nin 2002 yılında gerçekleştirdikleri çalışma sonuçlarına göre, %6 değerinin altında kalan örneklem alanları 3-7 parametrenin (sınıfın) analizinde SVM algoritması için yetersiz kalmaktadır. %6 - %20 aralığında güvenilir sonuçlar elde edilirken %20 üstü oranlarda kayda değer bir gelişime rastlanmamıştır. Çalışmada kullanılan oranlar SVM için uygundur. Çizelge 4.2 üç farklı sınıflandırma yöntemi için deneysel olarak belirlenen parametreleri vermektedir.

Çizelge 4.2 : Piksel tabanlı sınıflandırma algoritmaları için parametre seti.

Maximum Likelihood	**Parametre Değeri**
Ölçek Faktörü	1,00
Olasılık Eşik Değeri	0,10
Spectral Angle Mapper	**Parametre Değeri**
Maksimum Açı (radyan)	0,26
Support Vector Machine (RBF)	**Parametre Değeri**
Kernel Fonkisyonu - Gamma	0,25
Olasılık Alt Sınır Değeri	90,00
Piramit Seviyesi	1,00
Piramit Tekrarlı Sınıflandırma eşiği	0,90
Sınıflandırma Olasılık Eşiği	0,10

4.1.3 Sınıflandırma sonrası işlemler ve obje çıkarımı

Sınıflandırma işlemi sonucunda üretilen görüntülerin ilgili sınıflar hakkında doğru tematik bilgi üretmesi beklenir. Buna karşın, sonuçlar arazi örtü tiplerinin sahip olduğu spektral farklılıklara bağlı olarak gürültü etkisini maruz kalabilir (Guo ve Moore, 1991). Uydu teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak mekânsal çözünürlüğün artması, bir yeryüzü objesini temsil eden piksel sayısının ve buna bağlı olarak özellikle piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarında gürültü etkisinin artmasına sebep olmuştur. Bahsi geçen problem tanımlanması gereken objenin mekânsal sürekliliğinin bozulmasına ve böylece gösterim doğruluğunda azalmaya sebep olmaktadır (Caprioli ve Tarantino, 2001). Bu durumdan farklı olarak düşük mekânsal çözünürlükte ise piksel heterojenliği nedeni ile ortaya çıkan obje sınır tanımlamalarında parçalanmalar ve yanlış tanımlamalar, gürültü etkisine ek olarak tematik doğruluğu etkilemektedir (Qian ve diğ, 2005).

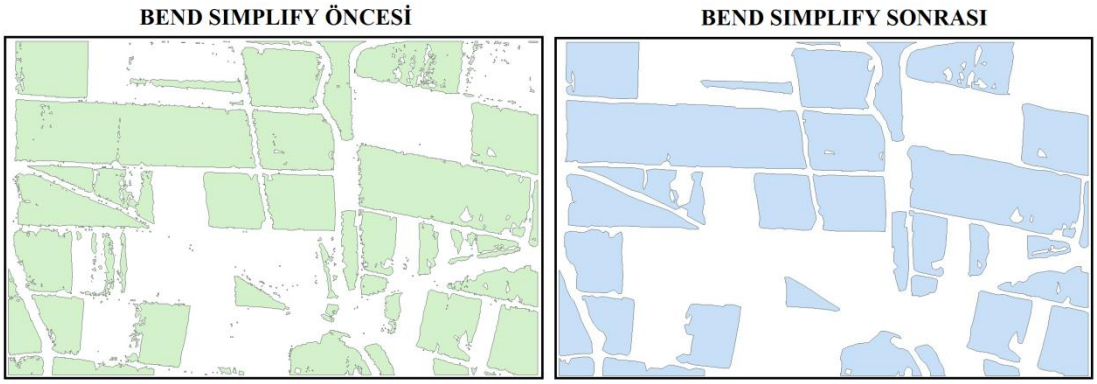
Bahsi geçen problemlerin modellenebilir standart bir yapısı yoktur. Bu hatalar mekânsal çözünürlükle beraber tanımlanacak obje türünün büyüklüğüne, şekline, dokusuna, spektral yapısına ve ilgi alanındaki mekansal dağılımına bağlıdır (Qian ve Zhang, 2004).

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde ML ve SAM sınıflandırma sonuçları her çözünürlük seviyesinde gürültü etkisine maruz kalmıştır. SVM sınıflandırma sonuçları için 5m ve daha düşük çözünürlük seviyesinde gürültü etkisine rastlanmıştır. OBC sınıflandırma sonuçların da gürültü etkisi gözlemlenmemektedir. Piksel heterojenliğine bağlı sınır parçalanma problemleri 5m ve daha düşük çözünürlük seviyelerinde tüm sınıflandırma yöntemlerinde görülmekle beraber OBC

yönteminde 5m seviyesi için hata göz ardı edilebilir boyutlardadır. Sınır tanımlama hatası ise test alanlarının çoğunda 10m ve 30m çözünürlükte ortaya çıkmıştır. Bu hatanın yoğunlukla belirginleştiği alanlar aynı ürün tipi ekili olan komşu parseller arasındaki sınırlardır.

Sınıflandırma sonrası işlemler ve genelleştirme uygulamaları iki adımda uygulanmıştır. İlk adımda sınıflandırma sonuç görüntülerinde gözlemlenen gürültü etkisini minimize etmek amacı ile görüntülere 3x3 majority filtre uygulanmıştır (Johansen ve diğ. 2010). Filtreleme işlemi ML ve SAM sınıflandırma sonuçlarına tüm çözünürlük seviyelerinde, SVM sınıflandırma sonuçlarına ise 5m, 10m ve 30m çözünürlük seviyelerinde uygulanmıştır. OBC sınıflandırma sonuçlarında ve 2.5m çözünürlüklü SVM sınıflandırma sonuçlarında gürültü etkisi mevcut olmadığından filtreleme uygulanmamıştır.

İlk işlem adımından sonra sınıflandırma sonuç görüntülerinden vektör verilerin üretildiği obje çıkarımı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için GIS yazılımının raster – vektör dönüşüm aracı kullanılmıştır. Genelleştirme işlemi, üretilen vektör veri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada kartografik genelleştirme yöntemlerinden basitleştirme yöntemleri arasında değerlendirme yapılmış ve "Düğüm Basitleştirme (Bend Simplification)" algoritmasında karar kılınmıştır. Bahsi geçen algoritma, çizgisel objelerdeki kırılma noktalarını tanımladıktan sonra orijinal şekli koruyarak verilen konum öteleme sınır değeri dahilinde çizgi genelleştirmesi gerçekleştirmektedir (Lee, 1999). Genelleştirme algoritması 5m ve daha düşük çözünürlük seviyelerinde, hem obje tabanlı hem de piksel tabanlı sınıflandırma sonuç vektörleri için uygulanmıştır. Konum öteleme sınır değeri olarak çözünürlük değerinin iki katı seçilmiştir. Algoritmanın yer aldığı modül içerisinde tümleşik olan "mininmum area treshold" uygulaması da kullanılarak kernel filtre ile yok edilemeyen gürültü etkileri ortadan kaldırılmıştır. Şekil 4.5'te, 5m çözünürlüklü görüntünün ML sınıflandırması sonrasında elde edilen pamuk sınıfına ait vektör veri için uygulanan genelleştirme sonuçları verilmiştir.



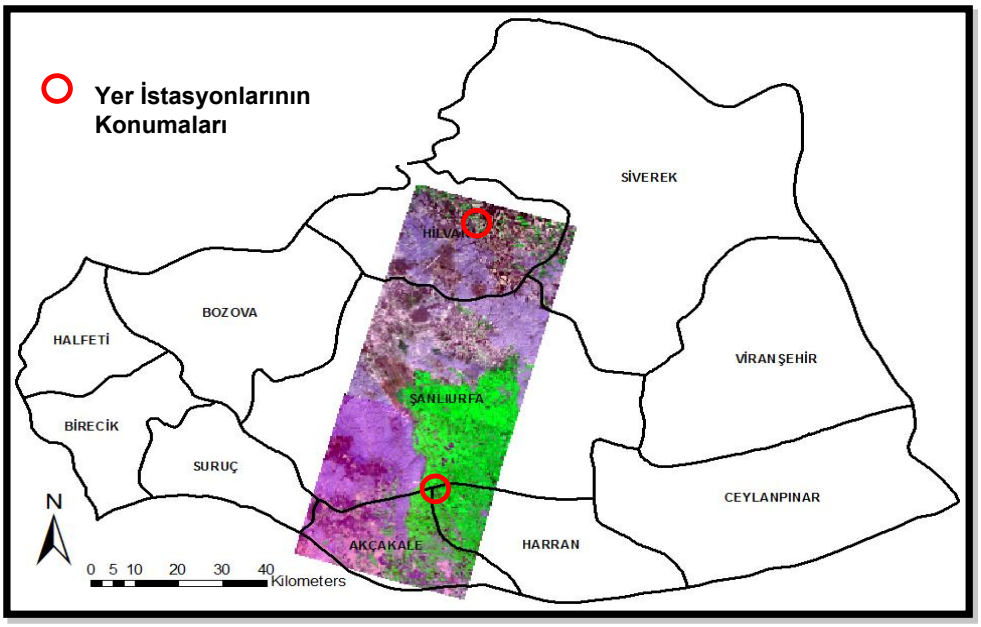
Şekil 4.5 : Test alanı – 3 pamuk sınıf vektörleri için genelleştirme öncesi ve sonrası görünümler (ML sınıflandırma 5m mekansal çözünürlük).

Genelleştirme sonrası alansal karşılaştırma işlemlerinin kolaylıkla yürütülebilmesi için oluşan bir poligonun tüm sınıflandırma yöntemleri ve çözünürlük seviyeleri için aynı kimlik numarasına (ID) sahip olması gereklidir. Üretilen vektör verilerde ID'ler rastgele oluşmuştur. Problemin çözümü poligonların mekânsal konumlarına göre düzenli ID üretimidir. Bu işlemi gerçekleştirecek modül yazılım içinde mevcut olmadığından ArcGIS Kullanıcıları web sitesinden elde edilen 2 farklı Python kodu birleştirilmiş ve yeniden derlenmiştir. İlk kod nokta dosyalarının koordinatlarına göre sıralı ID üreten bir koddur. Fakat uygulamada üretilmiş olan veri kapalı poligon yapısındadır. Bu noktada ikinci kodun kapalı poligonun merkez koordinatını hesaplaması problemin çözülmesini sağlamıştır. Böylece ilk aşamada ikinci kod ile her bir poligonun merkez koordinatları hesaplanmakta, hesaplanan merkez noktaları ilk kod ile mekânsal konuma göre sıralanarak ID üretilmektedir. Ek A'da iki kodun birleştirilmiş ve yeniden derlenmiş hali bulunmaktadır.

4.2 Verim Modelinin Tasarımı

4.2.1 Çalışma alanı test parselleri hakkında bilgi

Çalışma alanı Şanlıurfa ili içerisinde kalan 60 km x 120 km'lik bir şeritten oluşmaktadır (Şekil 4.6). Bölgede pamuk ekimi Mayıs ayı başında başlamakta ve hasat genel olarak geç Eylül – orta Ekim periyodunda tamamlanmaktadır. Mısır için ideal ekim dönemi geç Nisan – orta Mayıs arasında olmakla beraber, ikinci ürün olarak ekimde dönem Haziran sonuna kadar uzayabilmektedir. Hasat genellikle Ekim sonunda gerçekleştirmekte olup, ekim tarihine göre 10 ila 15 günlük sapmalar gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.6 : Çalışma alanının Spot 5 10 m renkli görüntüsünün (K/YKÖ/Y) ilçe sınırları ve yaklaşık istasyon konumları ile birlikte gösterimi.

Verim modellerinin tasarlandığı test parsellerinde pamuk ekimi mibzerle yapılmış olup, ekim aralığı 70-80 cm, ekim derinliği 15-20 cm ve ortalama ekim miktarı 15-25 kg/ha dır. Yoğunlukla kullanılan tohum çeşitleri Stoneville-453, Suregrow-125, BA-119, Carmen, DPL-388, ve DPL-511 dir. Bu tohumların ortak özellikleri; erkenci – orta olgunlaşma karakterleri, orta bitki boyu ve benzer tohum – koza ağırlıklarıdır.

Dane mısırda ekim yine mibzerle gerçekleştirilmiş olup ekim aralığı 70 cm, ekim derinliği 25 cm ve ortalama ekim miktarı 20-30 kg/ha dır. Eğer ekim birinci ürün olarak gerçekleştirilecek ise FAO 700 ve 800 grubuna ait hibrit tohum türleri geç olgunlaşma özellikleri ile tercih edilmekte, eğer ekim ikinci ürün olarak yapılacak ise orta – geçci olgunlaşma özellikleri ile FAO 600 grubu tohumlar tercih edilmektedir.

Pamuk için nitrojen – fosfor bileşimli taban gübresi 300 kg/ha ve amonyum nitrat özellikli üst gübre 300 kg/ha olarak uygulanmaktadır. Oranlar mısır için 250 kg/ha dır. Test alanların sulama yöntemi salma sulama olup pamuk ekili parsellerde 7 gün, mısır ekili parsellerde 10 gün olarak uygulanmıştır.

4.2.2 Uydu görüntüleri ve görüntü işleme

Farklı tarihlerde elde edilen uydu görüntüsü veri seti altı adet Landsat TM (30m mekânsal çözünürlük), yedi adet Landsat 7 ETM+ (30m mekânsal çözünürlük) ve beş adet SPOT 5 (10m mekânsal çözünürlük) görüntüsünden oluşmaktadır (Çizelge 4.3). Ek olarak, 2006 tarihli ve 1m mekânsal çözünürlüklü ortorektifiye IKONOS

görüntü mozaiği ve bu mozaikten üretilen parsel verisi, görüntü rektifikasyonunda ve parsel ölçekli analizde referans olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.3 : Uydu görüntülerinin algılanma tarihleri.

SPOT 5	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 7 ETM
19.05.2011	06.06.2011	01.08.2011
20.06.2011	22.06.2011	17.08.2011
21.07.2011	08.07.2011	02.09.2011
21.08.2011	24.07.2011	18.09.2011
21.09.2011	25.08.2011	04.10.2011
	10.09.2011	20.10.2011
		21.11.2011

Çalışmada kullanılacak uydu görüntü seti, IKONOS uydu görüntüsü referans olmak üzere 1. dereceden polinomsal dönüşüm ile geometrik dönüşüm işlemine tabi tutulmuştur. Tüm görüntüler için dönüşüm ± 0,5 piksel hata sınırının altında gerçekleştirilmiştir. Verim analizi aşamasında SPOT 5 görüntüleri LANDSAT görüntülerinin mekânsal çözünürlüğü ile uyuşum için 30m'ye örneklenmiştir.

Çalışmada kullanılan NDVI ve GI indeks görüntüleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (4.1, 4.2):

$$NDVI = (Rnir - Rred) / (Rnir + Rred) \quad \textbf{(4.1)}$$

$$GI = (Rnir / Rgreen) - 1 \quad \textbf{(4.2)}$$

Rnir, Rgreen ve Rred sırası ile yakın kızılötesi, yeşil ve kırmızı dalga boylarında algılanmış yansıtım değerlerini temsil etmektedir.

Çalışmanın önemli aşamalarından biri uydu görüntülerinden elde edilen SVI'lerin yersel CC gözlemleri ile ilişkilendirilmesidir. Bu aşamada, farklı uydulardan ve farklı tarihlerde elde edilen görüntülerden üretilen SVI'lerde atmosferik distorsiyon etkisinin minimize edilmesi gerekmektedir. Örneğin, Song ve diğ (2001) bitki indeks analizi gibi radyometrik ölçekleme işlemlerinde atmosferik distorsiyonların oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak Hadjimitsis ve diğ (2010) çeşitli bitki indeksleri için gerçekleştirdikleri araştırmada atmosferik düzeltme uygulanan uydu görüntülerinin spektro-radyometrik ölçmeler ile daha uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu bulgular ışığında uydu görüntüleri üzerinde atmosferik düzeltme işlemi iki farklı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. İlk olarak görüntülerde mutlak atmosferik düzeltme işlemi ATCOR2 algoritması ile gerçekleştirilmiş (Richter, 2011), ikinci yöntemde ise sadece Landsat görüntüleri üzerinde "Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS)" algoritması (Masek ve diğ, 2006) uygulanmıştır. Landsat için iki farklı yöntemle düzeltilmiş ve orijinal (ham) görüntülerden üretilen SVI'ler ile kamera temelli CC verileri arasında ilişkiler incelenerek atmosferik düzeltme başarımı irdelenmiştir.

4.2.3 Yer istasyonları ve kamera görüntülerinin işlenmesi

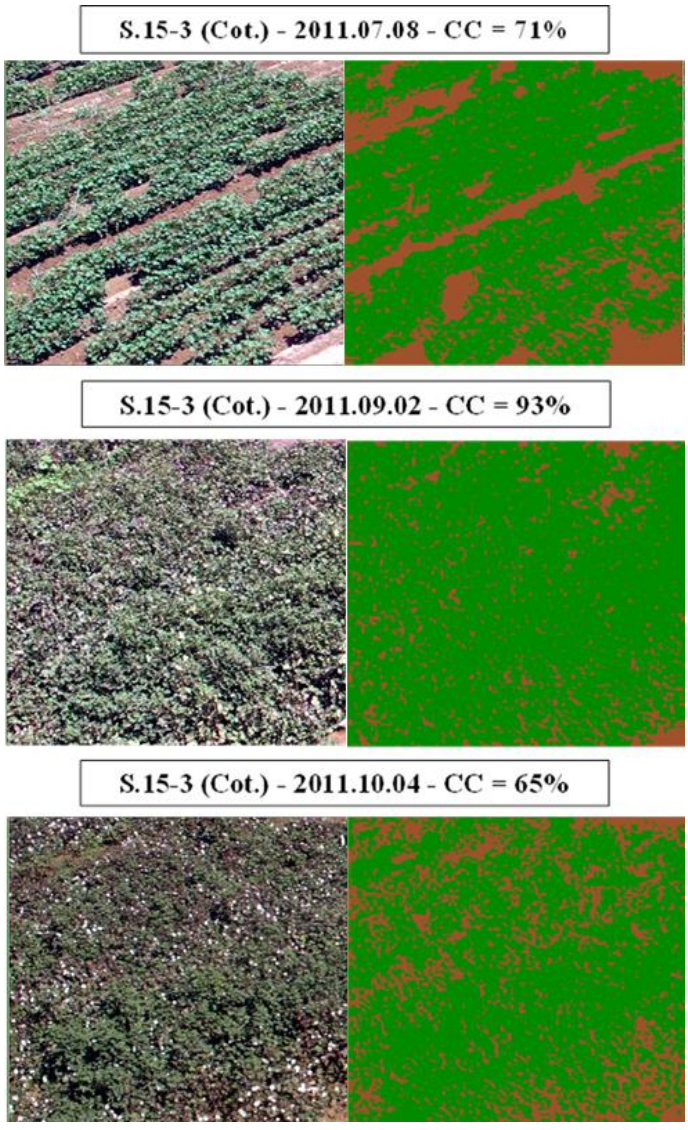
Bu çalışmanın temelinde sekiz ekili tarım parselini gözlemleyen birden çok kameraya sahip altı adet yer gözlem istasyonu yer almaktadır. Bu istasyonlar üçerli gruplar halinde bölgenin kuzeyinde ve güneyinde yerleştirilmiş olup, her bir gruptaki kameraların birbirine olan uzaklığı ortalama 1,5 km'dir. Şekil 1'deki kırmızı daireler istasyon gruplarının yaklaşık konumlarını göstermektedir. Her istasyon bünyesinde meteorolojik sensörler, yüksek çözünürlüklü (HD) dijital kameralar, kontrol ünitesi, solar panel ve iletişim anteni barındırmaktadır.

HD kamera görüntülerinin temel kullanım amacı pamuk ve mısır ekili parsellerde CC bilgisinin gelişim dönemi boyunca düzenli olarak elde edilmesini sağlamaktır. Kameralar her gün saatlik veri sağlamakla beraber, bu çalışmada sadece güneş ışınlarının en dik açıyla geldiği saat aralığında (12:00 – 13:00) alınan görüntüler ekim - hasat dönemi için analize tabi tutulmuştur. Her bir istasyon için seçilen günlük kamera veri seti üzerinde görüntü işleme teknikleri kullanılarak ekili test parsellerinde CC bilgisi üretilmiştir.

Dijital kamera görüntüleri pamuk ve mısır için daha önceden belirlenen uygun eşik değer tanımlamaları kullanılarak yarı otomatik olarak işlenmiştir. İlk aşamada görüntüler, kamera konumuna yakın bölgelerden kesilerek açılı bakışa bağlı distorsiyon etkileri minimize edilmiştir. Sonrasında görüntülere başarımı karşılaştırmalı olarak Gitelson ve diğ (2002) tarafından test edilmiş olan Yeşil Bitki İndeksi (GVI) uygulanmıştır (4.3):

$$GVI = (Rgreen - Rred) / (Rgreen + Rred) \quad \textbf{(4.3)}$$

CC verisinin üretilmesi amacı ile GVI görüntülerine eşik değer temelli yoğunluk dilimleme işlemi uygulanmıştır. Bitkiye ait olan ve ait olmayan piksellerin ayrıştırılmasında kullanılan eşik değerler manuel olarak belirlenmekle birlikte, bu eşik değerler ürün bazında ve belirli dönemlerde sabit kalmışlardır. Bu dönemler sırası ile vejetasyon oranının düşük olduğu, vejetasyon oranının yüksek olduğu (full vejetasyon dâhil) ve vejetasyonun olgunluğa eriştiği ve saramaya başladığı zaman aralıklarıdır. Son olarak CC değeri bitkiye ait piksel sayısının toplam piksel sayısına oranı ile elde edilmiştir. Şekil 4.7, pamuk ekili test parsellerinden birinde değişik fenolojik dönemlerde elde edilmiş orijinal kamera görüntülerini ve bu görüntülerden üretilen CC görüntülerini göstermektedir.



Şekil 4.7 : İstasyon 17'de ekili olan pamuk bitkisinin farklı fenolojik dönemleri için orjinal görüntüler ve bitki oran görüntüleri.

4.2.4 Meteorolojik verilerin işlenmesi

2011 yılı için saatlik olarak ölçülen verilerden ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık, bağıl nem, solar radyasyon, rüzgâr hızı ve yağış verileri günlük olarak üretilmiştir. Minimum ve maksimum sıcaklık değerleri ve bağıl nem verileri kullanılarak Buhar Basınç Eksikliği (VPD) parametresi aşağıda verilen FAO – Penman denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (Shi ve diğ., 2007):

$$VPD = e_s - e_a \quad \textbf{(4.4)}$$

$$e_0(T) = 0.618 \text{ x } \exp((17.27xT) / (T+237,3)) \quad \textbf{(4.5)}$$

$$e_s = (e_0(T_{max}) + e_0(T_{min})) / 2 \quad \textbf{(4.6)}$$

$$e_a = RH_{mean} \text{ x } e_s \quad \textbf{(4.7)}$$

$e_0(T)$ T sıcaklığı için doymuş buhar basıncını (kPa), e_s günlük doymuş buhar basıncını (kPa), e_a günlük gerçek buhar basıncını (kPa), RH_{mean} günlük ortalama bağıl nemi (%),T_{max} ve T_{min} ise maksimum ve minimum sıcaklık (^{0}C) değerlerini ifade etmektedir.

4.2.5 SVI – CC ilişkilerinin kurulması

Analizler kuzeyde ve güneyde bulunan dörder parsel için 18 adet uydu görüntüsü ve karşılık gelen kamera görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir parsel için ortalama SVI değerleri 18 farklı tarihte hesaplanmış ve sonrasında karşılık gelen CC değerleri ile birlikte regresyon analizine tabi tutulmuştur. Uydu görüntülerinin zamansal frekansı fenolojik dönem boyunca CC değişimine bağlı SVI değişimlerinin tespit edilmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca bu analiz CC ve SVI arasında kabul edilebilir lineer ilişkiyi NDVI için daha yüksek korelasyonlu olmak üzere üretmiştir.

NDVI – CC ilişkisini tanımlayan lineer regresyon analiz sonuçları 0,888 – 0,981 R^2 aralığında iken GI – CC ilişkisi için R^2 aralığı 0,825 – 0,957'dir. CC – NDVI ve CC – GI ilişkileri için regresyon denklemleri ve standart hatalar Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4.4 : Test parsellerinde CC – SVI ilişkilerine ait regresyon denklemleri.

İst. & Ürün Tip.	Lineer Regresyon Denklemleri	
N.4-1 (M)	CC = 1,4835 x NDVI - 0,1877	CC = 0,3871 x GI - 0,1181
N.5-1 (M)	CC = 1,5394 x NDVI - 0,1191	CC = 0,3676 x GI - 0,1680
N.5-2 (P)	CC = 1,2395 x NDVI + 0,0568	CC = 0,2979 x GI + 0,0478
N.8-1 (P)	CC = 1,3871 x NDVI - 0,0543	CC = 0,2874 x GI + 0,0247
S.15-2 (M)	CC = 1,2785 x NDVI + 0,0139	CC = 0,2402 x GI + 0,1022
S.15-3 (P)	CC = 1,2121 x NDVI + 0,0449	CC = 0,2354 x GI + 0,0752
S.16-1 (M)	CC = 1,2543 x NDVI - 0,0566	CC = 0,2649 x GI - 0,0186
S.17-1 (P)	CC = 1,3555 x NDVI - 0,1032	CC = 0,2206 x GI - 0,0592

4.2.6 Agro – meteorolojik verim modelinin noktasal tasarımı

Agro meteorolojik verim modelleri incelendiğinde modellerin genel olarak ürünlerin net birincil üretimini (NPP) hesaplama temelinde çalıştığı gözlemlenmektedir, Bu işlem ise bitkinin filizlenmesinden hasatına kadar geçen dönemde günlük veri ihtiyacına neden olmaktadır. Temelleri Monteith'in 1972 tarihli yayınına dayanan bu modelleme sürecinde verim, üç parametrenin birleşimi şeklinde tariflenir:

1) APAR (Absorbed Photosynthetically Active Radiaton) parametresi olup gelen solar radyasyonun %45 – % 50 'lik kısmının (PAR) bitkinin fotosentetik enerji soğurma oranı ile (fPAR) çarpımı ile elde edilir.

2) LUE (Light Use Efficiency) parametresi bitkinin gelen enerjiyi kütleye dönüştürme başarımı olarak tanımlanmaktadır. Burada bahsi geçen en uygun koşullarda bitki türüne göre maksimum değer sabiti olan Ɛ değerinin yetişme koşullarına bağlı olarak sıcaklık stresi, su stresi, buhar basınç stresi ve nitrojen stresi ile limitlendirilmesi ile elde edilir.

3) Hasat indeksi – Harvest index (HI) ise bitkinin geliştirdiği kütlenin ne kadarının ürüne dönüştüğünü ifade eder, Her bitki türü için deneysel çalışmalarla elde edilir ve kök – gövde oranı (allocation (AL)) ve ürün nem içeriği (moisture content (MC)) ile kesinleştirilir.

Bu parametrelere göre verim modelinin matematiksel tanımı aşağıdaki formül ile ifade edilebilir (4.8):

$$\text{Verim} = HI \times AL \times (1\text{-}MC) \times \sum (fPAR \times PAR \times LUE)\, dt \qquad \textbf{(4.8)}$$

Bu parametre seti göz önüne alındığında önemli iki temel unsur; sıcaklık, yağış, bağıl nem, solar radyasyon, toprak nemi gibi meteorolojik parametrelerin sürekli gözlemlenmesi ve bitki kütlesindeki artışın takip edilmesidir.

Bitkinin kapladığı alan arttıkça soğurduğu enerji miktarı artacaktır. Bitki kütlesindeki artışın belirlenmesinde yersel ölçme yöntemleri ele alındığında yaprak alan indeksi (LAI) ölçümleri ya da doğrudan fPAR ölçme sistemleri ön plana çıkmaktadır. Bu ölçme yöntemleri oldukça zahmetli olup fazla sayıda noktada ve sürekli ölçüm yapmak maliyet ve zaman ölçütleri bakımından yeterince etkin değildir. Uydu görüntüleri ile parsel bazında günlük fPAR bilgisi üretme noktasındaki kısıtlamalar bu çalışmada fPAR tahmininin iki aşamada gerçekleştirilmesini gerektirmiştir. İlk aşamada kamera görüntülerinden elde edilen CC bilgisinden fPAR bilgisi üretilmiştir. Sonrasında NDVI ve GI verileri ile CC ilişkileri belirlenmiş ve bu indekslerden tahmin edilen CC değerleri fPAR değeri olarak kullanılmıştır.

Bu aşamadan sonra LUE ve hasat indeksi parametrelerinin tanımlanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Hasat indeksi parametreleri olan HI, AL ve MC esasında detaylı yersel ölçmeler ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler ile tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada yersel ölçme verisi mevcut olmadığından literatürde benzer iklim koşulları için elde edilen deneysel analizler incelenerek belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : Pamuk ve mısır için hasat indeksi parametrelerin literatür özeti.

Par / Ürün	Pamuk	Referans	Mısır	Referans
HI (%)	6 - 12	FAO, 1979 Bastiaanssen & Ali, 2003 Sys ve diğ, 1991	44 - 52	Dwyer ve diğ, 1994 Prihar & Steaward, 1990 Wiegand ve diğ, 1991
AL (%)	86	Kimball & Mauney, 1993 McMichael & Quisenberry, 1991	82	Anderson, 1988
MC (%)	1.0 -3.0 1.8 -8.8	Bastiaanssen & Ali, 2003 Byler, 2006	21 - 22	Hellevang & Wilcke,1996 Langham & Mutti, 1961

LUE parametresi Monteith (1972) tarafından bir birim APAR karşılığında üretilen kütle olarak tanımlanmış ve düzenli sulama koşullarında büyüme dönemi boyunca göreceli olarak sabit kabul edilmiştir. Buna karşın literatürdeki birçok çalışma spesifik C3 ve C4 grubu bitki türleri için geniş LUE aralıklarına işaret etmekte ve LUE değerinin iyi yönetilen tarım alanlarında yükseldiğini bildirmektedirler. Bu

çalışmada LUE parametresi yine literatürde C3 ve C4 tipi bitkiler için tanımlanmış değer aralıkları (Çizelge 4.6) içerisinden gerçek verim ile uyuşum kalibrasyonu ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 : Literatürden derlenen maksimum LUE değerleri.

Ürün	LUE (gMJ^{-1})	Referans	Bölge - Koşul
Pamuk	1,66	Rosenthal & Gerik (1991)	Texas, USA -sulama
Pamuk	2,55	Howell & Musick (1985)	California, USA - sulama
Pamuk	2,50	Bastiaanssen & Ali (2003)	Punjab, Pakistan - sulama
Pamuk	2,06	Gonias ve diğ, (2012)	Arkansas, USA - sulama
Pamuk	1,52	Gonias ve diğ, (2012)	California, USA - sulama
Mısır	2,70	Westgate ve diğ, (1997)	Minessota, USA - sulama
Mısır	3,00	Tollenaar & Aguilera (1997)	Ontario, CAN – dane doldurma
Mısır	3,50	Kriniy ve diğ, (1998)	California, USA – dane doldurma
Mısır	2,25	Tohidi ve diğ, (2012)	Iran - 200 kg ha^{-1} nitrojen kullanımı ve sulama
Mısır	2,48	Tohidi ve diğ, (2012)	Iran - 280 kg ha^{-1} nitrojen kullanımı ve sulama

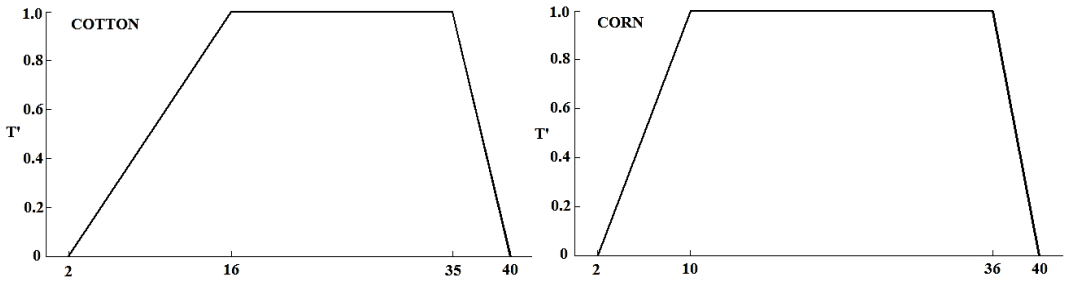
Bu değerler maksimum LUE (Ɛ) değerlerini temsil etmekle beraber, bu değerleri kısıtlayan sıcaklık, su, VPD ve nitrojen stresleri göz önünde bulundurulmalıdır. Verimi düşüren stres etkilerinin belirlenmesi kapsamında, sıcaklık stresi ve VPD parametreleri incelenmiştir. Deneme tarlalarında periyodik sulama ve amonyum nitrat temelli alt ve üst gübreleme yapıldığından su stresi ve nitrojen stresi değerlendirmeye alınmamıştır. Buna göre limitlendirilmiş LUE değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir (4.9):

$$LUE = Ɛ \times T' \times V' \qquad \textbf{(4.9)}$$

Ɛ maksimum LUE değerini, T' sıcaklık limit faktörünü ve V' VPD limit faktörünü temsil etmektedir.

Sıcaklığın bahsi geçen ürün tiplerinde üretime etkisi hakkında detaylı literatür taramasına gidilmiştir (Cerit ve diğ, 2001; Chen ve diğ, 2005; Lindquist ve diğ, 2005; Lomas ve diğ, 1977; Reddy ve diğ, 1991, 1992a, and 1992b; Sinsawat ve diğ, 2004). Özellikle benzer iklim özelliklerine sahip alanlarda yapılan deneysel çalışmaların sonuçları dikkate alındığında pamuk bitkisi için 16^0C den düşük sıcaklıkların özellikle filizlenme döneminde gelişimi etkilediği, 35^0C den yüksek sıcaklıklarda ise bitkinin üretim faaliyetinde azalma gözlemlendiği belirlenmiştir. Mısır bitkisinde ise 10^0C altındaki ve 36^0C üstündeki sıcaklıklarda gelişme ve üretim

kapasitesinde düşme gözlemlenmiştir. 2^0C ve 40^0C her iki bitki türü içinde stomatal faaliyetin tamamen durduğu limit sıcaklık değerleridir. Bu değerler göz önünde bulundurularak LUE parametresi için sıcaklık etki katsayısı T' Şekil 4.8'deki grafik gösterime uygun şekilde günlük olarak hesaplanmıştır.

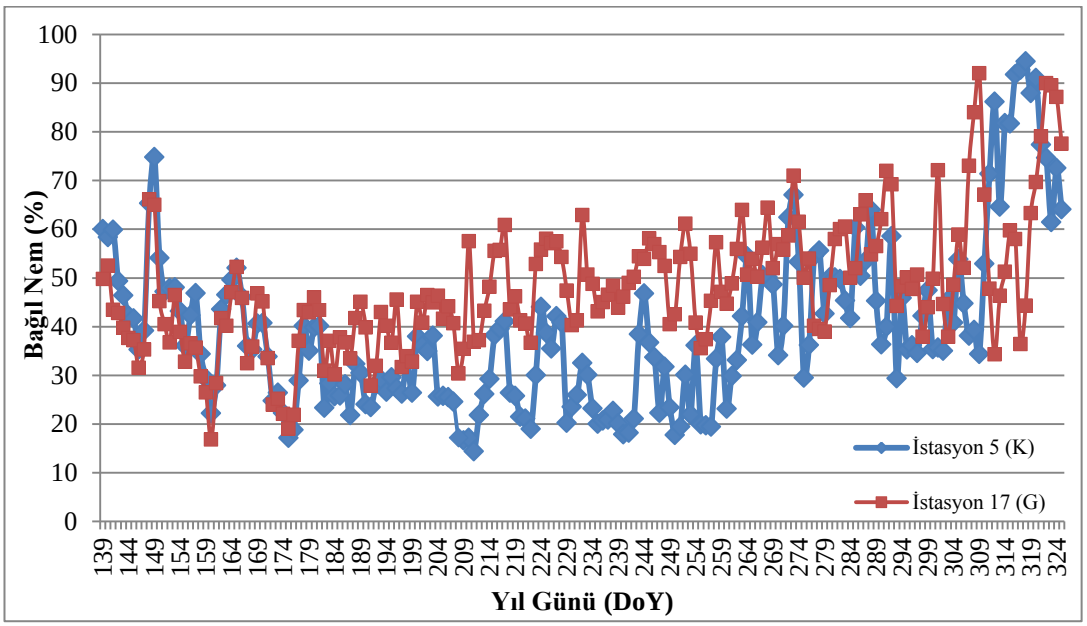


Şekil 4.8 : Sıcaklık stresi katsayılarının pamuk ve mısır için grafik gösterimi.

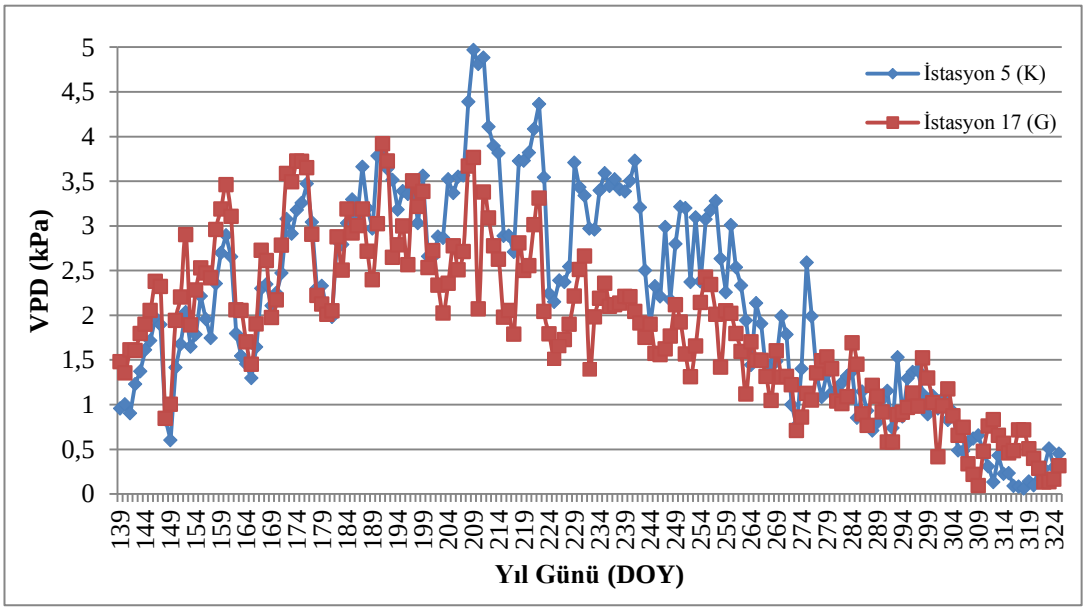
VPD parametresi ile verimlilik arasında negatif yönlü bir ilişki mevcuttur (Kiniry ve diğ, 1998). Literatür incelendiğinde bitki üretiminin 1 kPA VPD değerine kadar etkilenmediği, bu değer aşıldıkça verimde düşüş meydana geldiği gözlemlenmektedir. Kemanian ve diğ, 2004 yılında yaptıkları çalışmada C4 türlerinin VPD etkisine C3 türlerine göre daha az duyarlı olduğunu belirlemiş ve mısır için –0,30 $g \cdot MJ^{-1} \cdot kPa^{-1}$ eğimle azalan LUE değeri tanımlamışlardır. Dai ve diğ, (1992) farklı VPD değerleri için mısır LUE değerindeki değişimi ölçmüşlerdir. Çalışmalarında VPD'nin 0,4 kPa'dan sırası ile 1.9 kPa, 2.7 kPa ve 3.5 kPa çıktığı koşullarda mısır LUE değerlerinde sırası ile %7, %21 ve %36 düşüş rapor etmişlerdir. Gonias ve diğ. ise, 2012 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada pamuk bitkisi için –0,46 $g \cdot MJ^{-1} \cdot kPa^{-1}$ eğimle azalan LUE değerine ulaşmıştır, Bu değerler ve literatürdeki diğer çalışmalardan da yaralanarak LUE parametresi için VPD etki katsayıları günlük olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'dan da anlaşılacağı üzere bağıl nemdeki artış VPD değerlerinde düşüşe sebep olmaktadır. Şanlıurfa'nın kuzeyinde yer alan ve Atatürk Barajı'na daha yakın olan İstasyon 5'te gözlenen bağıl nem oranı bitki gelişim süresince Şanlıurfa'nın güneyinde yer alan ve baraj gövdesinden daha uzakta olan İstasyon 17'de gözlenen bağıl nem oranından düşük kalmıştır. Beklenenin aksi olarak gerçekleşen bu durum, Harran ovasında yüksek oranda tarımsal ekim nedeni ile oluşan yoğun bitki örtüsünün terleme ve buharlaşma ile yerel olarak bağıl nemi artırıcı etki göstermesi ile açıklanabilir. Tarımsal bitkilerin hasat edilmesi ile birlikte

(yaklaşık olarak 309'uncu yıl gününden sonra) bağıl nem oranları bölgelerin doğal mikroklimalarını temsil eder hale gelmiştir.



Şekil 4.9 : İstasyon 5 ve İstasyon 17 için bitki gelişim süresi boyunca hesaplanmış günlük bağıl nem grafikleri.



Şekil 4.10 : İstasyon 5 ve İstasyon 17 için bitki gelişim süresi boyunca hesaplanmış günlük VPD grafikleri.

Pamuk ve mısır ekili test parsellerinde filizlenme – hasat tarihleri ve toplam büyüme gün sayısı (TGD) bilgileri kamera görüntüleri ile tespit edilmiş ve arazi çalışmaları ile doğrulanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 : Test parselleri için filizlenme – hasat günleri ve TGD.

İstasyon. & Ürün	Filizlenme (DoY)	Hasat (DoY)	TGD
N.4-1 (Mısır)	187	310	124
N.5-1 (Mısır)	189	311	123
S.15-2 (Mısır)	169	308	140
S.16-1 (Mısır)	166	307	142
N.5-2 (Pamuk)	142	313	172
N.8-1 (Pamuk)	139	309	171
S.15-3 (Pamuk)	138	305	168
S.17-1 (Pamuk)	139	304	166

Tasarlanan verim modelinin sekiz test alanında çalıştırılması ile parametre seti için iteratif kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve parametreler için literatüre bağlı aralık içinden tahmin edilen verim – ölçülen verim farkını minimize eden değerler hesaplanmıştır. Kalibrasyon işlemi sonunda elde edilen kesin parametre seti (Çizelge 4.8) ile hesaplanan verim değerleri ölçülen verim ile karşılaştırıldığında bağıl hata %5 sınır değeri içinde kalmıştır.

Çizelge 4.8 : Kalibrasyon sonucunda elde edilen sabit parametre seti.

Ürün	LUE (Ɛ)	HI	AL	MC
Mısır	2,8	0,47	0,82	0,22
Pamuk	2,2	0,12	0,86	0,07

4.2.7 Uydu görüntüleri kullanılarak bölgesel verim tahmini

Bölgesel verim tahmin işlemi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, pamuk ve mısır ekili alanların tespiti görüntü sınıflandırması ve parsel vektör verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Alganci ve diğ, 2013). Özet olarak, öncelikle ürün tiplerinin spektral ayrımının maksimum olduğu SPOT 5 görüntüsü (10m mekânsal çözünürlük) tespit edilmiş ve bu görüntüye nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırma işlemi sonucunda pamuk sınıf doğruluğu %87,50 (kappa=0,843), mısır sınıf doğruluğu ise %83,45 (kappa=0,810)'tir. Sınıflandırma sonuç görüntülerinden bölgeye ait vektör veri ile merkez tabanlı çakıştırma algoritması kullanılarak pamuk ve mısır ekili alanların vektör verisi üretilmiştir. Uydu görüntülerinden üretilen 18 katmanlı SVI verileri CBS ortamında analiz edilerek her bir parsel için 18 farklı tarihte ortalama SVI değerleri hesaplanmıştır.

İkinci aşamada CC – SVI ilişkileri, meteorolojik ölçmeler ve limit faktörleri alansal çalışmada kullanılmak üzere genelleştirilmiştir. İlk olarak ekili test parsellerinde 18

farklı tarih için CC değerleri ve SVI değerleri pamuk ve mısır olmak üzere 2 grup halinde topluca regresyon analizine tabi tutulmuş, işlem sonucunda her ürün için bölgeyi temsil eden CC – NDVI ve CC – GI denklemleri üretilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Bölgeyi temsil eden genelleştirilmiş CC – SVI denklemleri.

Ürün	Regresyon Denklemi	R^2
Pamuk	CC = 1,2750 x NDVI - 0,0032	0,9437
Mısır	CC = 1,3708 x NDVI - 0,0828	0,9124
Pamuk	CC = 0,2371 x GI + 0,0890	0,8637
Mısır	CC = 0,2912 x GI - 0,0261	0,8453

Meteorolojik verilerin genelleştirilmesi aşaması, kuzey ve güneyde bulunan üçer istasyondan oluşan gruplarda ayrı ayrı minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık, bağıl nem ve güneş radyasyon ölçüm değerlerinin ortalama değerlerinin elde edilmesi ile başlamıştır. Sonrasında kuzey ve güney için bulunan bu ortalama değer verisinden VPD değerleri hesaplanmıştır. Sorasında V' limit faktörü pamuk ve mısır için ayrı ayrı olmak üzere her iki VPD veri setinden hesaplanmıştır. Sıcaklık limit faktörü noktasal modelde uygulanan yöntemin aynısı kullanılarak hesaplanmıştır.

Son aşamada lineer enterpolasyon temelli Savitsy –Golay yöntemi kullanılarak 18 farklı tarihli görüntüdeki parsel SVI değerlerinden günlük parsel vektör verisi üretilmiştir (Chen ve diğ, 2004). Bu yaklaşımda her bir parsel içinde kalan piksellerin ortalaması alınarak bulunan SVI değerleri kullanılmıştır. Bu aşamadan sonra elde edilen CC – SVI denklemleri kullanılarak her bir parsel için fPAR değeri hesaplanmıştır. Bitki kütle yoğunluğunun en üst seviyeye ulaştığı dönem boyunca SVI değerlerinde ortaya çıkabilecek olası doygunluğa bağlı olarak fPAR değerinin fazla tahmin edilmesini önlemek amacı ile maksimum fPAR değeri 0,95 olarak belirlenmiştir. Bölgesel verim tahmin analizinde ayrıca Sellers ve diğ (1996) ve Los ve diğ (2000) tarafından tanımlanan genel SVI – fPAR denklemleri de kullanılmıştır (4.10):

$$fPAR = \frac{((SVI - SVImin)\ x\ (fPARmax - fPARmin))}{(SVImax - SVImin) + fPARmin} \qquad \textbf{(4.10)}$$

SVI seçili parselde NDVI veya SR ortalama değerini, SVImin ve SVImax kuzey ve güney alt iklim bölgesi içinde %2 lik örneklem kümesi içerisindeki minimum ve

%98 lik örneklem uzayı içerisindeki maksium SVI değerini, fPARmin 0,01 değerini ve fPARmax 0,95 değerini ifade etmektedir.

Böylece CC –NDVI ve CC – GI ilişki denklemleri ile fPAR belirleme yaklaşımı ve genel fPAR – NDVI ve fPAR – SR denklemleri kullanılarak fPAR belirleme yaklaşımı olmak üzere 4 farklı yaklaşım tanımlanmıştır. Çalışmada beşinci yaklaşım olarak NDVI değerinin doğrudan fPAR olarak kullanımı da ayrıca test edilmiştir.

Kurulan agro meteorolojik model, GPP'nin belirlenmesinde meteorolojik parametre ölçümlerine, fPAR tahmini için bir ölçüm yaklaşımına (bu çalışmada kamera fotoğrafları) ve her bir bitki türü için optimum LUE parametresine ve LUE parametresini kısıtlayan koşulların modellenmesine ihtiyaç duymaktadır. Bahsi geçen fizyolojik parametrelere ait ölçüm değerlerinin mevcut olmaması durumunda uydu görüntüleri ile doğrudan GPP tahmini bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Gitelson ve diğ (2012) ve Peng ve Gitelson (2012), gerçekleştirdikleri çalışmalarda GPP modellemesinde kulanılan fPAR ve LUE bileşenlerinin bitki kanopisindeki toplam klorofil miktarı ile doğrudan ilişkili olduğunu ve klorofile duyarlı GI gibi spektral indeksler ile modellenebileceklerini bildirmişlerdir. Bu yaklaşım ile GPP aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (4.11):

$$GPP = GI \times PAR \quad \textbf{(4.11)}$$

Çalışmada bu yaklaşımı test etmek amacıyla GI temelli GPP yöntemi altıncı yaklaşım olarak çalışmaya eklenmiş ve sonuçlar CC temelli fPAR yaklaşımları ile kıyaslanmıştır. Yöntemin uygulanabilmesi adına (4.8) ile tanımlanmış olan orijinal LUE modeli aşağıdaki forma dönüştürülmüştür (4.12):

$$Verim = HI \times AL \times (1\text{-}MC) \times \sum (GI \times PAR)\, dt \quad \textbf{(4.12)}$$

Sonuç olarak LUE tabanlı verim modeli pamuk ve mısır bitkileri için CBS ortamında, beş farklı fPAR yaklaşımı, bitki türüne özel maksimum LUE değeri, sıcaklık ve nem limit katsayıları ve hasat indeks parametreleri kullanılarak parsel düzeyinde çalıştırılmıştır. Ayrıca GI temelli doğrudan GPP yaklaşımı altıncı yöntem olarak çalışmaya eklenmiştir. Farklı parametre setine göre çalışan model kodları EK B'de verilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Tarım Alanlarında Ürün Tiplerinin ve Mekânsal Dağılımlarının Tespiti

Test alanlarında gerçekleştirilen sınıflandırma işlemleri, ürün tipinin ve alan bilgisinin parsel bazında belirlenmesinde mekânsal çözünürlüğün ve sınıflandırma algoritmalarının etkisinin belirlenmesinde önemli sonuç ve bulguların elde edilmesini sağlamıştır. Şekil 5.1'de üç fraklı test alanı için en yüksek ve en düşük mekânsal çözünürlüklü veri ile elde edilen sınıflandırma sonuçları verilmektedir.

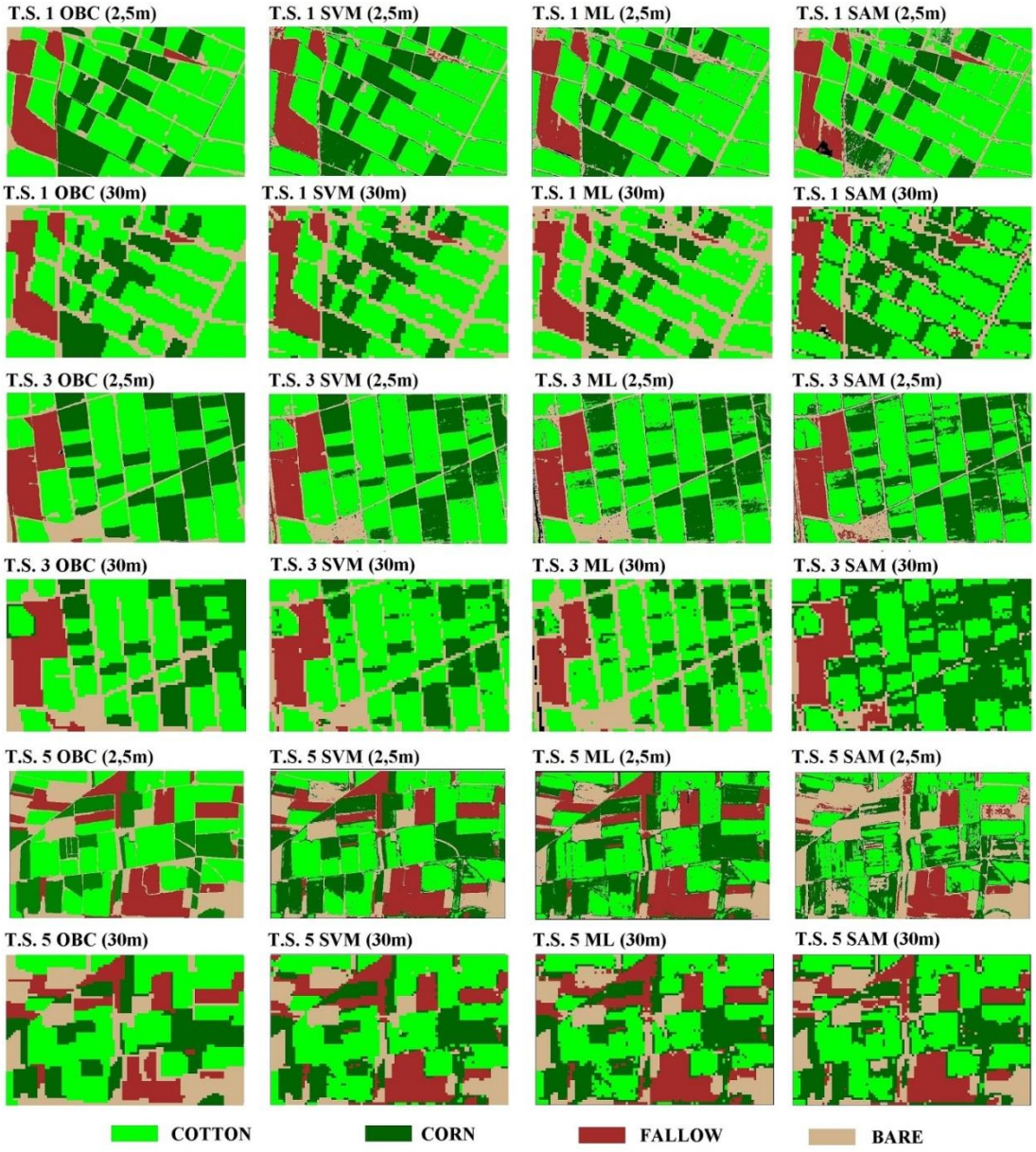
Test alanlarındaki doğruluk analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada sınıflandırma sonucunda her bir çözünürlük seviyesinde ve her bir yöntem için sınıf bazında belirlenebilen parsel sayısı analiz edilmiştir (Çizelge 5.1). Sonraki aşamada belirlenebilen parsellerin, 2006 tarihli IKONOS görüntüsünün sayısallaştırılması ile elde edilmiş Tarım Bakanlığı tarafından sağlanan parsel vektör verisi ile alansal karşılaştırmaları gerçekleştirilerek test alanlarının tümünde, çözünürlük – yöntem – sınıf tanımlamaları dâhilinde bağıl hatalar aşağıdaki denkeleme (5.1) göre belirlenmiş olup bağıl hata dğerleri Şekil 5.2'de verilmiştir.

$$Er_{(t,c)} = \{\Sigma_n (x - x_o) / x\} / n \qquad \textbf{(5.1)}$$

Denklemde Er bağıl hatayı, t test alanını, c sınıf türünü, x gerçek parsel alanını, x_o sınıflandırma sonucunda elde edilen parsel alanını, n bir test alanında bir sınıf için tespit edilebilen parsel sayısını ifade etmektedir.

Sınıflandırma algoritmalarının başarımı incelendiğinde OBC yönteminin hem parsel belirlemede hem de alan tahmininde diğer algoritmalara üstünlük sağladığı görülmektedir. Özellikle alan tahmininde OBC 30m çözünürlük seviyesine kadar olan tüm sonuçlarda diğer yöntemlere kıyasla belirgin olarak başarılıdır. SVM algoritması 2,5m ve 5m çözünürlük seviyelerinde ikinci sırada yer almakla beraber 10m ve 30m çözünürlük seviyelerinde ML ve SAM ile benzer sonuçlar vermektedir. OBC ve SVM yöntemlerini alan tahmin başarımları çözünürlüğün düşmesi ile hızlı bir biçimde düşmekte ve bu iki yöntem 30m çözünürlükte ML ve SAM ile benzer alan tahmin hata değerleri sunmaktadır. ML ve SAM yöntemlerinde ise

çözünürlükteki değişim alan belirlemede düşük bir etkiye sebep olmakla birlikte parsel tanımlama başarımı bu iki yöntemde artan çözünürlükle doğru orantılı olmaktadır.

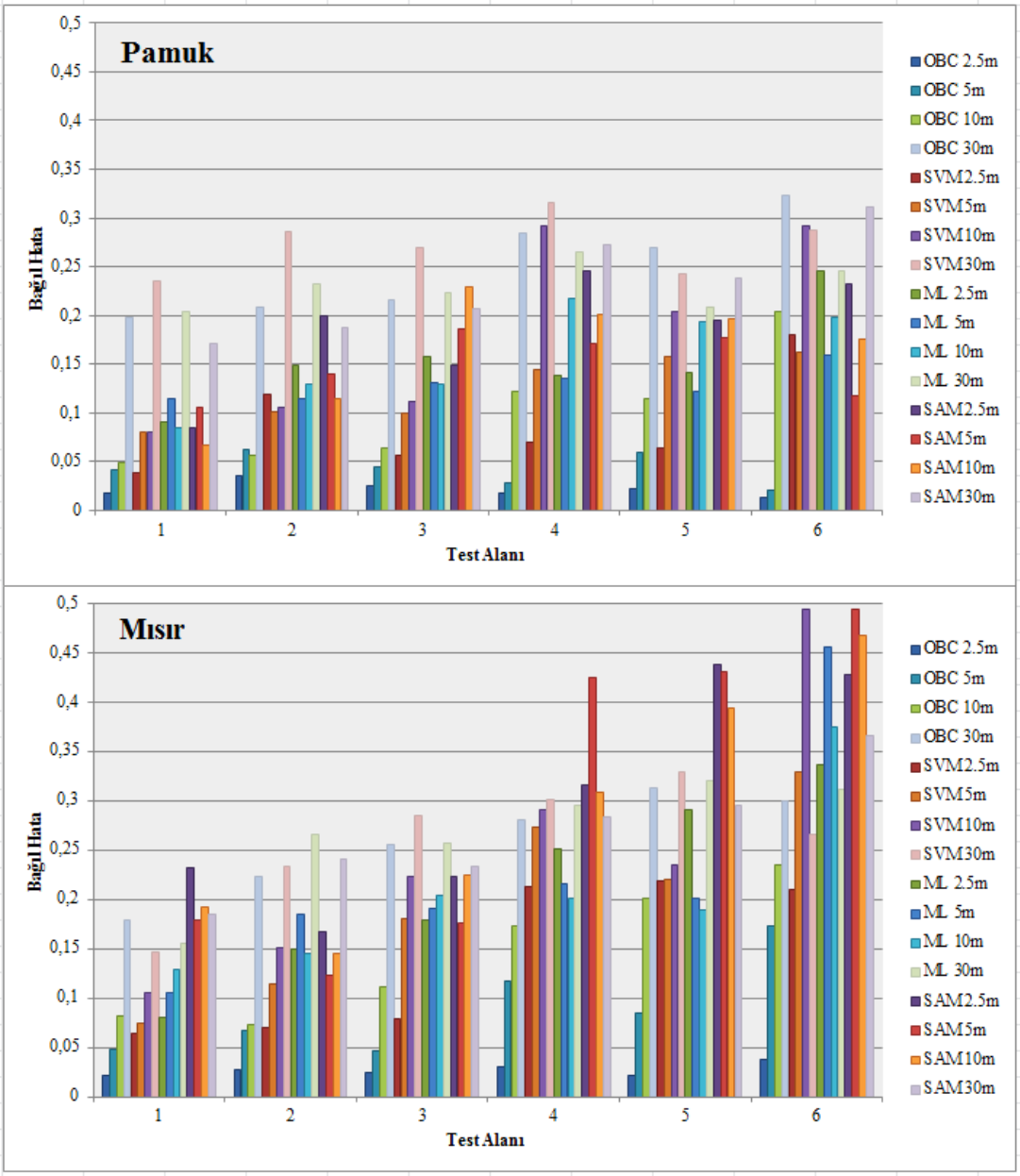


Şekil 5.1 : Üç farklı test alanı için SPOT 5 2,5m ve Landsat 5 TM 30m çözünürlüklü verilerin sınıflandırma sonuçları.

Çizelge 5.1 : Test alanlarında parsel tanımlama başarımı sonuçları.

	PAMUK					MISIR				
	MEKANSAL ÇÖZ. (2.5m)					MEKANSAL ÇÖZ. (2.5m)				
TS. / CM.	TOP	OBC	SVM	ML	SAM	TOP	OBC	SVM	ML	SAM
1	31	31	31	31	31	17	17	17	17	17
2	34	34	34	34	34	17	17	17	17	17
3	29	29	29	29	29	20	20	20	20	20
4	28	28	28	28	28	27	27	24	27	24
5	25	25	25	25	25	28	28	23	23	24
6	28	28	22	21	23	6	6	6	5	6
	MEKANSAL ÇÖZ. (5m)					MEKANSAL ÇÖZ. (5m)				
TS. / CM.	TOP	OBC	SVM	ML	SAM	TOP	OBC	SVM	ML	SAM
1	31	31	31	31	31	17	17	17	17	17
2	34	33	32	32	32	17	17	17	17	17
3	29	28	27	27	28	20	20	20	20	20
4	28	28	28	28	28	27	20	19	21	21
5	25	21	21	21	21	28	24	23	23	22
6	28	28	21	20	22	6	6	6	6	6
	MEKANSAL ÇÖZ. (10m)					MEKANSAL ÇÖZ. (10m)				
TS. / CM.	TOP	OBC	SVM	ML	SAM	TOP	OBC	SVM	ML	SAM
1	31	26	27	27	27	17	17	17	17	17
2	34	32	30	31	29	17	16	15	15	15
3	29	27	26	26	27	20	20	20	19	19
4	28	25	25	25	23	27	17	17	20	18
5	25	19	16	16	17	28	21	18	18	15
6	28	22	16	19	19	6	4	4	3	3
	MEKANSAL ÇÖZ. (30m)					MEKANSAL ÇÖZ. (30m)				
TS. / CM.	TOP	OBC	SVM	ML	SAM	TOP	OBC	SVM	ML	SAM
1	31	17	21	23	22	17	10	11	14	14
2	34	23	21	22	23	17	9	9	13	12
3	29	16	16	16	17	20	12	12	14	12
4	28	17	17	19	19	27	14	12	14	13
5	25	12	14	14	13	28	15	15	16	15
6	28	13	12	13	14	6	3	2	3	3

Çizelge 5.1 incelendiğinde mekânsal çözünürlükle parsel belirleme arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenmektedir. Buna karşın sınıflandırma algoritmasının seçilen bir mekânsal çözünürlükte etkisi daha düşüktür. Şekil 5.2'de sunulan alan tahmini doğruluk metriklerine göre hem mekânsal çözünürlüğün hem de sınıflandırma algoritmasının doğruluğa etkisi 30m çözünürlük seviyesi hariç belirgindir.



Şekil 5.2 : Test alanlarında tüm çözünürlük seviyelerinde ve tüm sınıflandırma yöntemleri için alan tespitinde ortaya çıkan bağıl hata grafikleri.

Sınıflandırma yöntemlerini başarımı değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken husus, 2,5 m çözünürlük seviyesinde SVM analizleri hariç tüm piksel tabanlı sınıflandırma analizlerinin sınıflandırma sonrası filtreleme ve genelleştirme işlemlerine ihtiyaç duymasıdır. Obje tabanlı sınıflandırma işleminde ise sadece 30m çözünürlükte merdiven etkisinin giderilmesi için kenar basitleştirme işlemi uygulanmıştır. Tüm piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarında tuz- biber gürültü etkisi mevcut iken OBC sınıflandırma sonuçlarında bu etkiye rastlanmamaktadır.

Parsel tanımlama işleminde iki temel hata kaynağı gözlemlenmiştir. Bunlardan ilki 10m ve 30m çözünürlük seviyelerinde karşılaşılan, iki komşu parselde aynı ürün bulunması ve parsel sınırlarını belirleyen objelerin (genellikle toprak yollar) dar olması durumunda ortaya çıkan birleşme problemidir. Bu durumda alana karşılık gelen ürün tipi doğru belirlenmiş olsa dahi parsel tanımlaması gerçekleşmemektedir. Diğer temel hata kaynağı da yine çoğunlukla 10m ve 30m çözünürlük seviyesinde ortaya çıkan 1,5 hektardan küçük parsellerin tanımlanamaması şeklindedir. Bu hata sınıf türünde hata ya da birleşme hatası olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma bölgesinde pamuk parsellerinin alansal olarak 1-12ha, mısır parsellerinin ise 1-8ha arasında bulunması bu sonucun belirli bölgelerde önemli etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

Alan tahmini sonuçları ürün bazında incelendiğinde pamuk parsellerinde doğruluğun mısır parseline göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum pamuk bitkisinin yapısı gereği tarla içinde homojen bir dağılım göstermesi buna karşın mısırın sıralı dikim yöntemi ile tarla içinde boşluklu bir yapıda olmasıdır. Ayrıca pamuk parsellerinin sınıf tanımlama ve parsel tespitinde daha az hataya sebep oldukları belirlenmiştir.

Özetlemek gerekirse parsel tanımlama işlemi temel olarak mekânsal çözünürlük - obje büyüklüğü – mekânsal dağılım kriterleri ile doğrudan ilişkili olup bu parametrelerin değişimi doğruluğu doğrudan etkilemektedir. Buna karşılık alan tahmini, sınıflandırma algoritmasının parselin şekilsel özelliklerini koruyabilmesi ve obje içinde spektral heterojenliği minimize ederek obje bütünlüğünü koruyabilmesi ile ilişkilidir. Mekânsal çözünürlükteki artış parsel sınırlarının tanımlanmasında merdiven etkisini azaltması nedeni ile önemli bir katkı koymaktadır.

Test alanlarında elde edilen sonuçlara göre en yüksek doğruluğu veren 2,5m – OBC ve 2,5m – SVM çözünürlük – algoritma çifti, Harran, Şanlıurfa ve Hilvan ilçelerini kapsayan görüntülerine uygulanarak, bu kombinasyonların geniş alanlardaki başarımları tespit edilmiştir. Doğruluk analizinin ilk aşamada her ilçe için; sınıf alanı, sınıf önemi ve sınıf homojenliğine göre dağıtılmış (Van Deusen, 1996) 200 adet rastgele nokta seçimi ile doğruluk analizi gerçekleştirilmiş ve bu noktaların sınıf etiketleri ile karşılık gelen yer doğruluklu bilgilerinden hata matrisi üretilmiştir (Foody, 2002). Üretilen hata matrisinden, temel sınıflandırma doğruluk metrikleri

olan üretici ve kullanıcı doğrulukları (Story ve Congalton, 1986) ve kappa istatistikleri (Cohen, 1960) hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 : Harran, Şanlıurfa ve Hilvan ilçeleri için sınıflandırma sonuçları doğruluk analizi.

İlçe	**Harran**			**Şanlıurfa**			**Hilvan**		
	Üret. Doğ.	Kul. Doğ.	Kc	Üret. Doğ.	Kul. Doğ.	Kc	Üret. Doğ.	Kul. Doğ.	Kc
a)OBC 2,5 m									
Pamuk	97,50	95,51	0,9252	96,67	95,47	0,9246	92,08	92,86	0,8810
Mısır	91,33	93,20	0,9093	88,00	90,41	0,8721	90,00	89,40	0,8587
Boş	82,22	91,36	0,8983	83,33	87,21	0,8495	86,67	87,64	0,8546
Çıplak	96,67	91,34	0,8917	93,33	89,60	0,8700	91,67	90,16	0,8771
Toplam Doğ.		**93,50**	**0,9088**		**91,83**	**0,8856**		**90,67**	**0,8696**
b)SVM 2,5 m									
Pamuk	91,67	91,29	0,8548	90,00	91,14	0,8523	87,50	88,61	0,8101
Mısır	87,33	85,62	0,8083	86,00	84,31	0,7908	83,33	81,70	0,7560
Boş	78,89	86,59	0,8422	78,89	81,61	0,7836	77,78	80,46	0,7701
Çıplak	88,33	85,48	0,8185	85,00	82,93	0,7866	83,33	81,30	0,7663
Toplam Doğ.		**88,00**	**0,8319**		**86,33**	**0,8091**		**84,17**	**0,7787**

Çizelge 5.3 : Harran, Şanlıurfa ve Hilvan ilçeleri için sınıflandırma ile elde edilen alanların ÇKS ile karşılaştırılması.

İlçe	**Harran**				
Ürün Tipi	**Alan (hektar)**			**Bağıl Hata**	
	ÇKS	OBC	SVM	OBC	SVM
Pamuk	30.188,80	30.392,67	30.910,41	0,007	0,024
Mısır	6.840,20	7.134,18	7.278,29	0,043	0,064
Toplam	37.029,00	37.526,85	38.188,70	0,025	0,044
İlçe	**Şanlıurfa**				
Ürün Tipi	**Alan (hektar)**			**Bağıl Hata**	
	ÇKS	OBC	SVM	OBC	SVM
Pamuk	46.497,40	45.696,30	47.989,96	0,017	0,032
Mısır	23.168,00	22.085,32	24.869,00	0,047	0,073
Toplam	69.665,40	67.781,62	72.858,96	0,027	0,046
İlçe	**Hilvan**				
Ürün Tipi	**Alan (hektar)**			**Bağıl Hata**	
	ÇKS	OBC	SVM	OBC	SVM
Pamuk	9.500,00	9.205,65	10.167,00	0,031	0,070
Mısır	1.955,80	1.856,88	2.145,69	0,051	0,097
Toplam	11.455,80	11.062,53	12.312,69	0,034	0,075

Sonrasında mısır ve pamuk için sınıflandırma sonucunda elde edilen alan bilgisi ile Çiftçi Kayıt Sistemi'nden elde edilen istatistiki alan bilgileri karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.3). Sonuçlar incelendiğinde OBC algoritmasının geniş alan uygulamasında da SVM algoritmasına üstün geldiği ve pamuk sınıfının mısır sınıfına göre daha yüksek doğrulukla tespit edilebildiği görülmektedir.

5.2 Verim Model Sonuçları

5.2.1 Noktasal verim modeli sonuçları

Verim modeli tasarımında kullanılan veri setinin tamamının günlük aralıkta elde edilmiş olması model doğruluğunu artırmıştır. Özellikle kamera görüntülerinin günlük olarak elde edilmiş olması hem fPAR bilgisinin yüksek doğrulukla tanımlanmasını sağlamış, modelin çalışma aralığını belirleyen bitki filizlenme ve hasat tarihlerinin ve buna bağlı olarak vejetasyonun aktif olduğu dönemin hassas bir şekilde belirlenmesine yardımcı olmuştur. Model ile elde edilen verim sonuçları ile sahadan elde edilen verim sonuçlarına ilişkin veriler Çizelge 5.4'te, tahmin – ölçüm değerleri arasında %95 güvenilirlik düzeyindeki regresyon sonuçları Çizelge 5.5'te verilmektedir.

Çizelge 5.4 : Test tarlalarında 3 farklı fPAR yaklaşımı için verim tahmini ve hata metrikleri.

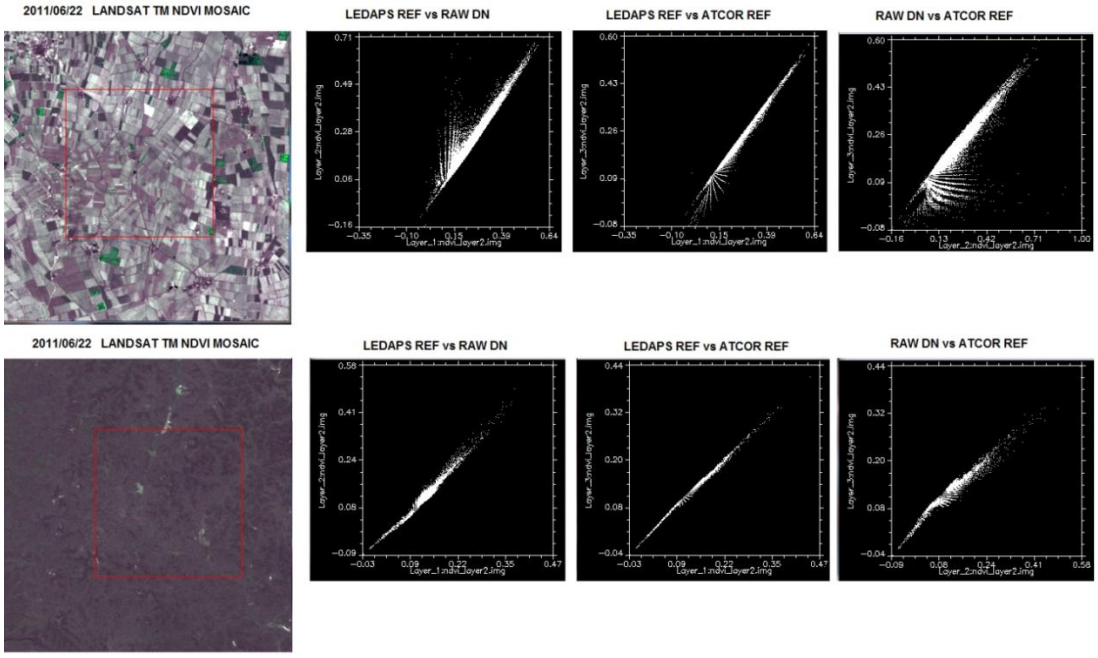
	Verim (t ha^{-1})				Bağıl Hata		
İst. & Ürün	Ölçüm	CC	NDVI-CC	GI-CC	CC	NDVI-CC	GI-CC
N.4-1 (Mısır)	6,45	6,30	6,28	6,25	0,023	0,026	0,031
N.5-1 (Mısır)	6,52	6,60	6,68	6,71	0,012	0,025	0,029
S.15-2 (Mısır)	10,00	9,64	9,65	9,58	0,036	0,035	0,042
S.16-1 (Mısır)	9,40	8,98	8,65	8,51	0,045	0,080	0,095
N.5-2 (Pamuk)	1,55	1,54	1,52	1,49	0,006	0,019	0,039
N.8-1 (Pamuk)	1,60	1,58	1,54	1,52	0,013	0,038	0,050
S.15-3 (Pamuk)	1,94	1,88	1,86	1,84	0,031	0,041	0,052
S.17-1 (Pamuk)	1,90	1,91	1,90	1,87	0,005	0,000	0,016

Çizelge 5.5 : Test tarlalarında CC yaklaşımlı verim tahmini için ölçüm – tahmin değerleri arasında regresyon katsayıları.

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,998974818
R Kare	0,997950686
Standart Hata	19,04354845

5.2.2 Bölgesel verim tahmin sonuçları

Uydu görüntüleri kullanılarak bölgesel verim analizi gerçekleştirilmeden önce ATCOR 2 ve LEDAPS algoritmaları ile gerçekleştirilen atmosferik düzeltme sonuçları regresyon analizi ile kıyaslanmıştır. Landsat görüntüleri üzerinde her iki yöntemle atmosferik düzeltme sonucu elde edilen görüntülerden üretilen SVI'lerin sekiz test parselinde ham görüntülere göre daha yüksek CC korelasyonu sağladığı gözlemlenmiştir. Bu aşamada ATCOR 2 algoritması ile elde edilen atmosferik düzeltme getirilmiş görüntülerin LEDAPS algoritması ile işlenen görüntülere oranla daha yüksek korelasyon sağlaması ve aynı zamanda SPOT 5 görüntülerine de uygulanabilmesi nedeni ile çalışmanın geri kalanında ATCOR 2 algoritması sonuç görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 5.6).

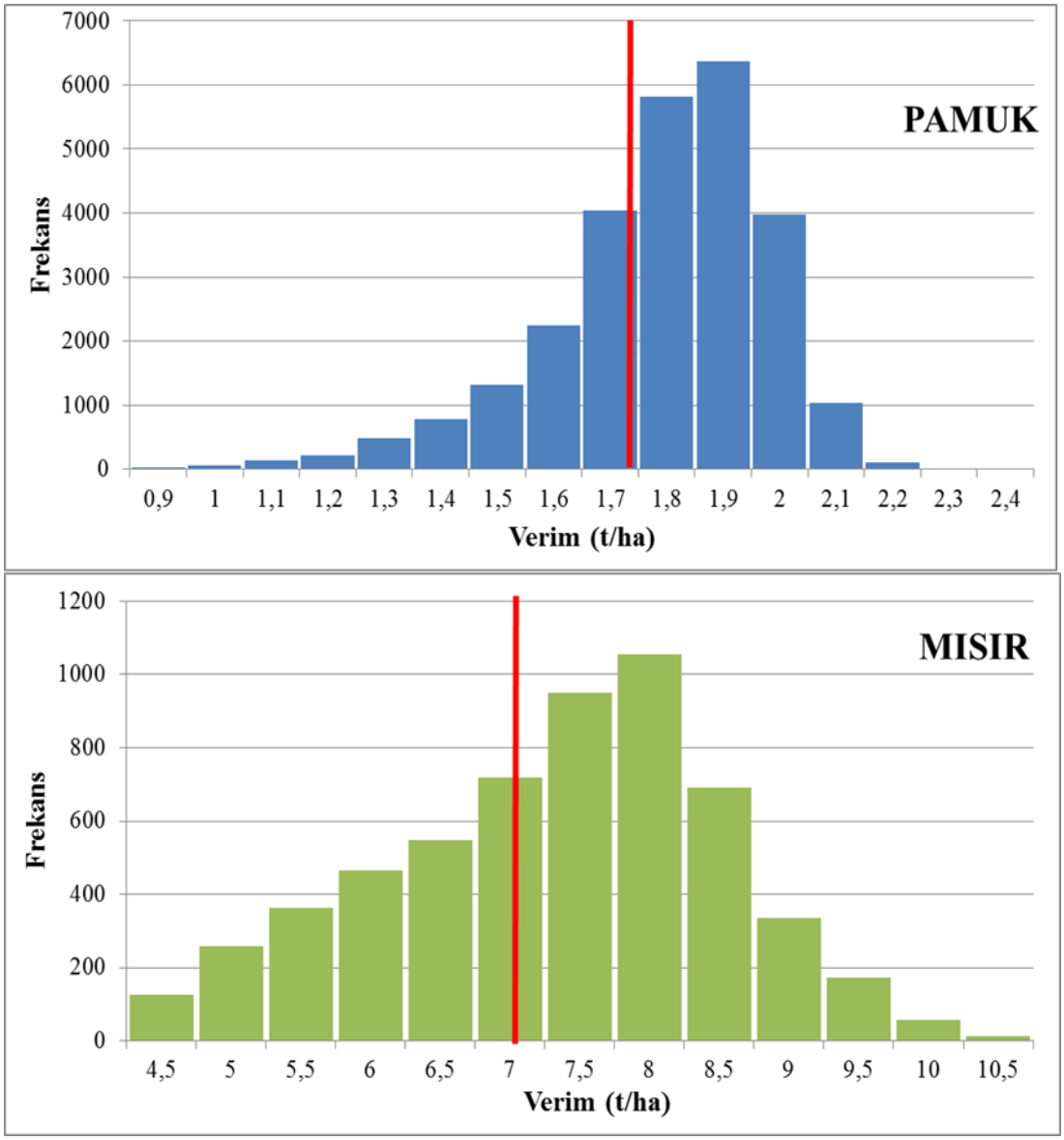


Şekil 5.3 : İki farklı örtü tipi için orijinal yansıtım değerleri ve iki farklı atmosferik düzeltme sonucunda elde edilen yüzey reflektans değerleri ile oluşturulan saçılma diyagramları.

Çizelge 5.6 : Farklı atmosferik düzeltme algoritmaları ile üretilmiş ve ham görüntülerden üretilmiş SVI'ler ile kamera görüntülerinden üretilen CC bilgisi arasında regresyon analiz sonuçları.

	NDVI		GI	
	R^2	Std. Hata	R^2	Std. Hata
ATCOR Ref	0,976	0,065	0,927	0,287
LEDAPS Ref	0,958	0,088	0,911	0,298
Raw DN	0,868	0,142	0,702	0,315

NDVI – CC ilişkilerine göre üretilen verim tahmin sonuçlarına göre tüm segmentte pamuk ekili parseller için ortalama verim 1,75 t ha^{-1}iken, mısır ekili tarlalarda ortalama verim 7,06 t ha^{-1} olarak hesaplanmıştır. Her iki ürün tipi için verim dağılımı normal dağılım karakteristiği göstermekle birlikte yığılma ortalamanın sağında yani yüksek verim değerlerinde gerçekleşmiştir. Pamuk verimi için dağılım aralığı 1.6 – 2.0 t ha^{-1} iken mısırda aralık 4.5 t ha^{-1} - 10.0 t ha^{-1} olarak belirlenmiştir (Şekil 5.4).

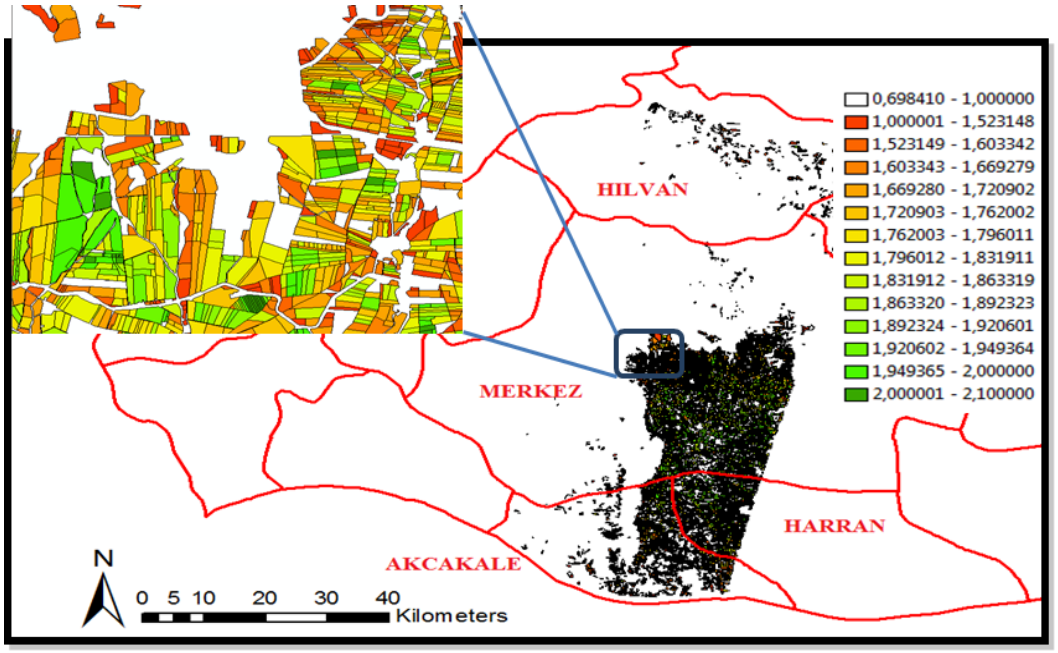


Şekil 5.4 : Çalışma alanında pamuk ve mısır için verim dağılım grafikleri (Kırmızı çizgi bölge ortalama değerini ifade etmektedir).

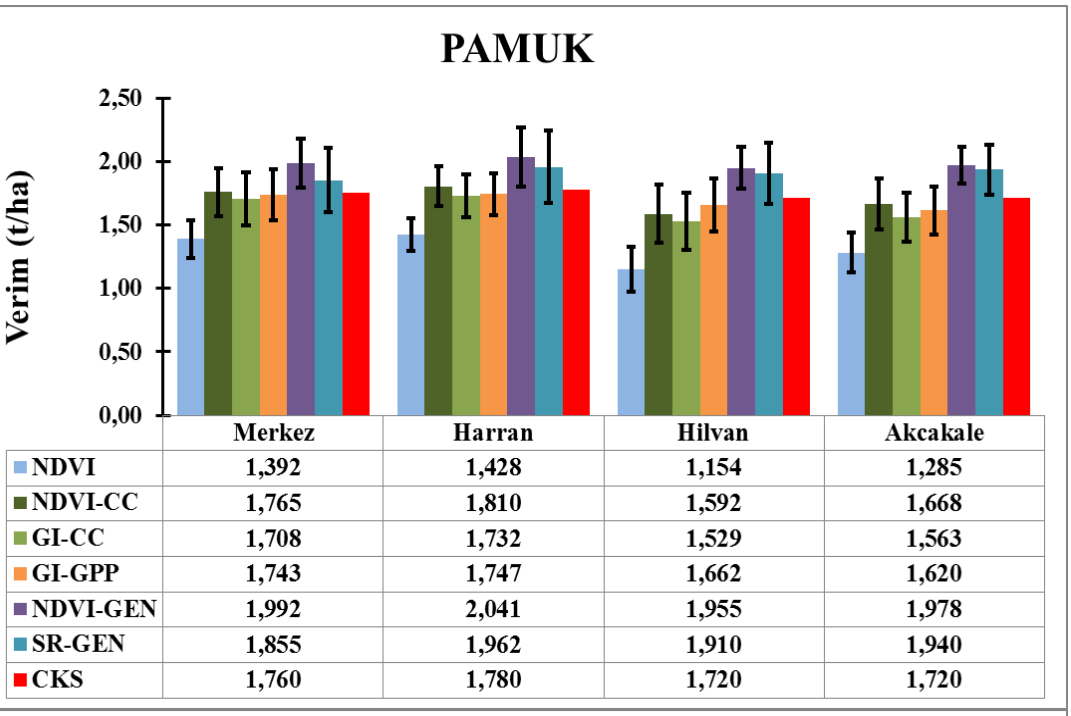
Elde edilen sonuçlar ürün tiplerinin ekim ve bakım koşulları, maruz kaldıkları meteorolojik koşullar ile uyuşmaktadır. Pamuk ekimi bölgede normal ekim zamanında ve çoğunlukla ilk ürün olarak ekilmiştir. Verim dağılım grafiğinde yığılmanın dar aralıktaki değişimi gübreleme miktarı ve sulama stratejisinden

kaynaklanmaktadır. Buna karşılık, çoğunlukla ikinci ürün olarak ekilen mısır bitkisi için geç ekim gerçekleşmiş ve kısa TGD değerleri gözlemlenmiştir. Özellikle çalışma alanının kuzeyinde gelişim döneminin sonlarında meteorolojik koşulların olumsuz etkisi verimi etkilemiştir. Kuzeyde geç ekimin temel nedeni bir önceki ürün hasatının geç gerçekleşmiş olmasıdır. Bu durum kuzey bölgesinde verimin ortalama ve altında değerlerde kalması, buna karşın güneyde ortalama ve üstünde değerlerin gözlemlenmesi ile sonuçlanmıştır. Parsel bazında üretilen verim haritaları (Şekil 5.5), bölgeye bağlı verim değişikliklerin ve verimin mekânsal dağılımının gözlemlenmesi için son derece faydalı olmuştur.

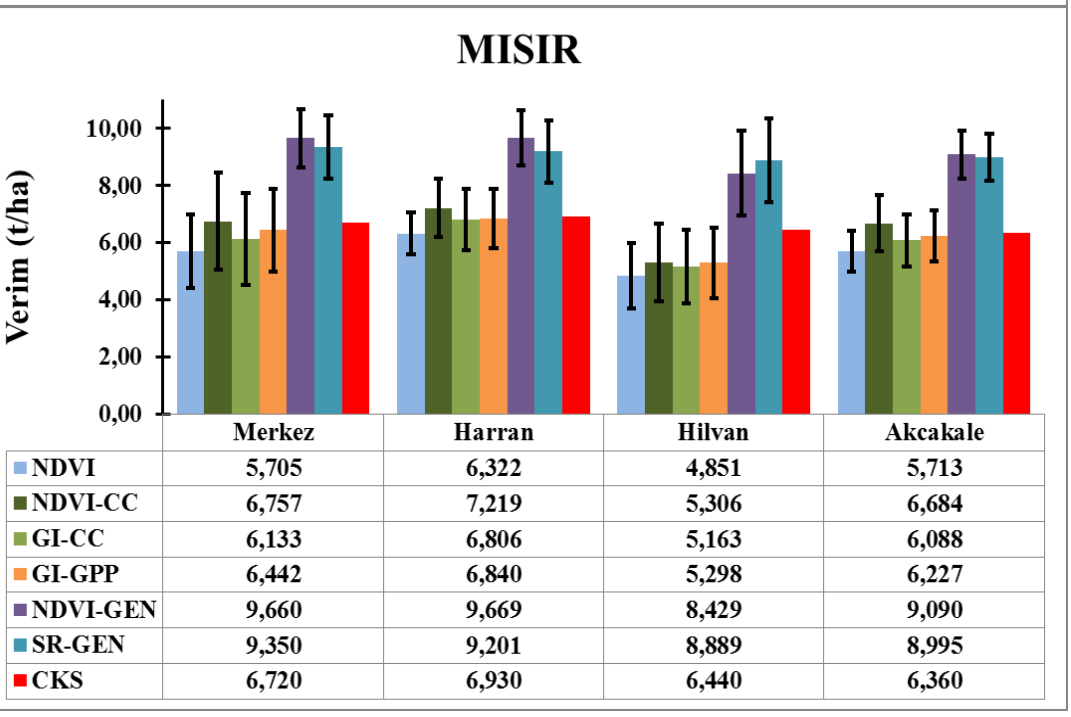
Uydu görüntüleri kullanılarak ilçe bazında elde edilen verim tahminlerinin doğrulanması amacı ile sonuçlar ÇKS istatistikleri ile kıyaslanmıştır. ÇKS istatistikleri çiftçi beyanına göre belirlenmekte olup, 2011 yılına ait üretimistatistikleri Türkiye İstatistik Kurumu web sayfasından ilçe bazında alınmıştır (TUİK, 2012). Çalışma alanından parçalar barındıran dört ilçede beş farklı fPAR yaklaşımı ile elde edilen verim sonuçları ÇKS istatistikleri ile kıyaslanmıştır. Şekil 5.6'da kıyaslama sonuçları standart hata değerleri ile birlikte sunulmaktadır. Ayrıca Çizelge 5.7'de bu kıyaslama sonucu ortaya çıkan bağıl hatalar, ilçeyi temsil eden parsel sayısı ile birlikte verilmektedir.



Şekil 5.5 : Çalışma alanı için NDVI – CC yaklaşımı ile hesaplanan verim tahmin haritası ve detaylı gösterimi (t ha^{-1}).



	Merkez	Harran	Hilvan	Akcakale
NDVI	1,392	1,428	1,154	1,285
NDVI-CC	1,765	1,810	1,592	1,668
GI-CC	1,708	1,732	1,529	1,563
GI-GPP	1,743	1,747	1,662	1,620
NDVI-GEN	1,992	2,041	1,955	1,978
SR-GEN	1,855	1,962	1,910	1,940
CKS	1,760	1,780	1,720	1,720



	Merkez	Harran	Hilvan	Akcakale
NDVI	5,705	6,322	4,851	5,713
NDVI-CC	6,757	7,219	5,306	6,684
GI-CC	6,133	6,806	5,163	6,088
GI-GPP	6,442	6,840	5,298	6,227
NDVI-GEN	9,660	9,669	8,429	9,090
SR-GEN	9,350	9,201	8,889	8,995
CKS	6,720	6,930	6,440	6,360

Şekil 5.6 : Pamuk ve mısır için 5 farklı fPAR yaklaşımı ve GI –GPP yöntemi ile hesaplanan verimin 4 ilçede ÇKS istatistikleri ile karşılaştırma sonuçları.

Bölgesel verim tahmin sonuçlarının ÇKS istatistikleri ile karşılaştırma sonuçları göstermektedir ki kurulan verim modeli Hilvan ilçesindeki mısır tahmini hariç güvenilir sonuçlar üretmektedir. NDVI – CC ve GI – CC ilişkileri ile gerçekleştirilen fPAR tahminine dayanan verim tahmininde kalan üç ilçede ve %10'dan daha düşük bağıl hata ile başarım sağlamıştır.

GI indeksinin doğrudan GPP tahmini için kullanıldığı yaklaşım da verim tahmininde başarılı sonuçlara ulaşmıştır. Ayrıca GI –GPP yaklaşımı GI – CC yaklaşımından daha doğru sonuçlar üretmiş ve NDVI – CC yaklaşımına yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuç göstermektedir ki, her ne kadar uydu görüntülerinden elde edilen GI ile kamera fotoğraflarından CC üretilmesinde kullanılan GVI arasındaki lineer korelasyon güçlü olsa da, GI' ın CC paremetresinin kendisi ile ilişkisi lineer değildir. Bu sebeple GI – CC ilişkisi ile bulunan fPAR temelli LUE yaklaşımı verim tahmininde göreceli olarak daha düşük doğruluklu sonuçlar üretmiştir. Buna karşın doğrudan GI – GPP yaklaşımı ile elde edilen verim tahminleri, NDVI –CC ilişkisi ile gerçekleştirilen LUE tabanlı verim tahmin sonuçlarına yakın doğrulukla tahminde bulunmuş olup, bölgesel verim analizlerinde kullanışlı ve göreceli olarak kolay hesaplanabilir bir model olduğu ortaya koyulmuştur. GI – GPP yaklaşımının diğer avantajları; i) daha fiziksel bir yaklaşım olup verim tahminine bitki fizyolojisini daha çok dâhil etmesi, ii) deneysel CC ya da fPAR hesaplarını gerektirmeyen daha basit modelleme, iii) GI indeksin bitki kütlesindeki klorofil yoğunluğu ile korelasyonu sayesinde verimi kısıtlayan haşere zararı ya da su stresi gibi etkenlere muhtemel duyarlılık. Diğer yandan, GI-GPP yaklaşımının en büyük dezavantajları, bitki türüne göre değişiklik gösteren LUE özelliklerinin ve bitki kütlesindeki klorofil yoğunluğundan bağımsız olarak doğrudan ürün gelişimini etkileyen sıcaklık stresi, VPD stresi gibi parametrelerin doğrudan modellenememesi olarak tanımlanabilir. Bu dezavantajlar, özellikle parsel bazında hassas tarım uygulamalarında model başarımını düşürebilir.

Hilvan ilçesinde gözlemlenen göreceli yüksek bağıl hata değerleri, ilçeyi temsil eden parsel sayısının azlığı ve kısa TGD'ye ve düşük neme dayanıklı hibrit tohumların muhtemel kullanımı ile açıklanabilir. Parsel sayısı ve bağıl hata arasındaki ters orantılı ilişki Tablo 11' de de gözlemlenmekte olup örneklem sayısı azaldıkça bağıl hatanın artışı Kucharik (2003) tarafından da tanımlanan bir olgudur.

Ayrıca, NDVI – CC ilişkisi ile kurulan model sonuçlarında pamuk tahmin doğruluğu daha yüksek olmakla birlikte, mısır tahmin sonuçlarında NDVI – CC ve GI – CC yaklaşımları arasında belirgin farklılık bulunmamaktadır. Bu durumun temel sebebi pamuk için kamera tabanlı CC tahmininde ortaya çıkan hatanın daha düşük olmasıdır. Kamera tabanlı CC tahmin metodunda kullanılan GVI yeşil bitki kütlesinin tespit edilmesine duyarlıdır. Pamuk için bitki kütlesi hasata kadar

yeşilliğini korumakla beraber, mısır olgunlaşma evresinden hemen sonra sararmaya başlamaktadır. Bu durum özellikle sararma sürecinin başlamasından sonraki süreçte yapılan günlük analizde mısırın bu dönemde ki günlük ürün gelişiminin belirlenmesinde muhtemelen sapmalara neden olmaktadır.

Çizelge 5.7 : Pamuk ve mısır için 5 farklı fPAR yaklaşımı ve doğrudan GI – GPP yaklaşımı ile hesaplanan verimin 4 ilçede ÇKS istatistikleri ile ilişkilendirilmesinde bağıl hata ve örneklem sayısı metrikleri.

	Lif Pamuk						
İlçe & Yöntem	Bağıl Hata						Örnek (Parsel)
	NDVI	NDVI_CC	GI_CC	GI_GPP	NDVI_GEN	SR_GEN	
Merkez	0,209	0,003	0,030	0,01	0,132	0,054	13.727
Harran	0,198	0,017	0,027	0,019	0,147	0,102	7.858
Hilvan	0,329	0,074	0,111	0,034	0,137	0,110	498
Akçakale	0,253	0,030	0,091	0,058	0,15	0,128	4.307
	Mısır						
İlçe & Yöntem	Bağıl Hata						Örnek (Parsel)
	NDVI	NDVI_CC	GI_CC	GI_GPP	NDVI_GEN	SR_GEN	
Merkez	0,151	0,006	0,087	0,041	0,438	0,391	3.427
Harran	0,088	0,042	0,018	0,013	0,395	0,328	1.383
Hilvan	0,247	0,176	0,198	0,177	0,309	0,38	647
Akçakale	0,102	0,051	0,043	0,021	0,429	0,414	786

NDVI verisinin doğrudan fPAR olarak kullanımı iki ürün tipi için tüm ilçelerde hesaplanan verimin istatistiklerden oldukça düşük çıkması ile sonuçlanmıştır. Diğer taraftan, genel NDVI –fPAR ve SR – fPAR denklemleri ile gerçekleştirilen tahminler, istatistiklerden oldukça yüksek sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar, SVI – fPAR ilişkilerinin kurulması aşamasında çalışmada kullanılan şekliyle kalibrasyon sürecinin gerekliliğine ve genel denklem kullanımının özellikle parsel bazında analizler söz konusu olduğunda uygunluğunun test edilmesi gerekliliğine işaret etmektedir.

5.2.3 Model kısıtları ve muhtemel hata kaynaklarının değerlendirilmesi

Verim modellemesinde gözardı edilen iki temel unsur su ve nitrojen stresidir. Bu stres faktörlerinin modele dâhil edilmeyişinin ilk sebebi test alanlarının ve Harran Ovası'nın bitki gelişim dönemi boyunca düzenli olarak sulanması ve gübrelenmesine bağlı olarak su ve nitrojen stresinin çalışma alanında belirgin bir etki göstermeyeceğinin düşünülmesidir. Fakat mekânsal analiz boyutunda nitrojen

kullanım bilgisine ulaşılamamıştır. Özellikle mısır (C4 bitkisi), kullanılan nitrojen oranına göre büyüme ve gelişkinlikte önemli farklılıklar ortaya koymaktadır (Lobell ve diğ. 2003; Tohidi ve diğ. 2012) fakat bu farklılaşma parsel seviyesinde nitrojen kullanımı verisi olmadığından modellenememiştir. Yinede bu çalışmada kullanılan SVI temelli yaklaşımın, gübrelemeye bağlı kanopi gelişimdeki farklılaşmayı SVI değerlerindeki farklılaşma ile temsil ettiği ve dolaylı olarak nitrojen stresinin modellendiği düşünülmektedir.

Çalışmada muhtemel hata kaynaklarının ikincisi CC temelli fPAR yaklaşımının olgunluk döneminden sonra bitki ürün kütle biriktirmesine duyarlılığının bilinmemesidir. Olgunluk döneminin başından itibaren sararmaya bağlı olarak, yeşil kanopiye duyarlı olan CC değerlerindeki düşüş doğrudan fPAR tahmininin etkilemektedir. Bu durum özellikle püsküllenmenme evresinden sonra hızlıca sararan mısır bitkisi için etkili olabilir. Mısır bitkisinin sararma başlangıcından sonra koçan büyütme oranı bilinmemektedir. Yine de elde edilen fPAR tahmin grafikleri Wiegand ve diğ, (1991) tarafından yersel gözlemler ile oluşturulmuş grafiklere benzeşim göstermiş ve sadece son 10 günlük periyotta fPAR değerlerinde daha hızlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu muhtemel hata kaynağının, hasata kadar yeşil kalan ana gövdesi nedeni ile pamuk için bir etkisi olduğu düşünülmemektedir.

Üçüncü olarak, bölgenin detaylı toprak türü haritasına ulaşılamadığından, toprak türünün verim üzerindeki etkisi modellenememiştir. Toprağın tuzluluk, doku ve su tutma kapasitesi özelliklerinin verime etkisi muhtemel olmakla birlikte; bu farklılaşmaların modelde kullanılan SVI'ler aracılığı ile dolaylı olarak modellendiği düşünülmektedir. Çalışmada temel yöntem olarak belirlenen LUE tabanlı modellemenin ilgi çekici yanı, verime etki eden fakat doğrudan modellenemeyen parametrelerin uydu görüntülerinden elde edilen yansıtım değerlerindeki farklılaşma ile dolaylı olarak modele dahil edilmesidir.

Son olarak, bu çalışmada yer istasyonlarından elde edilen meteorolojik verilerin alana yayılmasında ortalama değer yöntemi kullanılmıştır. Toplam alanın küçüklüğü ve istasyon dağılımının alt iklim kuşaklarını temsil eder nitelikteki konumları düşünüldüğünde bu yöntem çalışma için yeterli görülmekle birlikte; bölge ya da ülke ölçeğinde gerçekleştirilecek çalışmalarda, co – kriging ya da Inverse Distance Weighting (IDW) gibi daha kapsamlı mekânsal veri interpolasyon yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir.

5.3 Öneriler

Gerçekleştirilen çalışmanın ilk aşaması farklı sınıflandırma algoritmalarının değişik mekânsal çözünürlükteki uydu verileri üzerinde parsel seviyesinde ürün tipi tespiti ve alan tahmini konularındaki başarımlarının değerlendirilmesir. Sonuçlar yüksek çözünürlüklü verilere uygulanan OBC algoritmasının ürün tipi belirleme ve alan tahmininde güvenilir sonuçlar verdiği açıktır. SVM algoritması da yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile bu amaç için kabul edilebilir hata sınırları ile kullanılabilir. Diğer yandan ML ve SAM algoritmaları bu çalışmada birbirine benzer ve en düşük doğruluklu sonuçları üretmişlerdir.

Çözünürlük ve algoritma seçiminden bağımsız olarak obje büyüklükleri ve mekânsal dağılımlarının parsel seviyesinde analiz sürecine etkileri açıktır. Özellikle komşuluğunda aynı ürün ekili olan parsellerin tanımlamasında problemler yaşanmış ve 1,5ha'dan küçük parsellerde alan tahmininde mutlak hata anlamında belirleyici bir fark olmamakla birlikte bağıl hatada artış gözlemlenmiştir.

Çalışma sonuçları ayrıca piksel tabanlı algoritmalarda parsel içi heterojenliğin ve tuz –biber etkisinin azaltılmasına yönelik sınıflandırma sonrası işlemlerin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu kapsamda var olan düzeltme algoritmalarından birisi bu çalışmada uygulanmış olup güvenirliği test edilmiştir.

İlerde gerçekleştirilmesi düşünülen çalışmalarda yüksek doğruluklu tarım parseli vektör verisinin mevcut olduğu durumlarda sınıflandırma doğruluğu için öngörülen mekânsal çözünürlük seviyesinin azaltılıp azaltılamayacağının araştırılmasır. Bu çalışma sırasında belirtilen kalitede tarımsal parsel vektör verisi mevcut olmamakla beraber, Türkiye'nin tarım parsellerine ilişkin böyle bir verinin oluşturulması için çalışmalar başlatılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçların böyle bir parsel vektör verisi ile entegrasyonu aynı zamanda karar vericiler için önemli bir araç haline gelecektir.

İlerde çalışılması düşünülen diğer konulardan biriside uygun algılama tarih aralığının belirlenemediği durumlarda tek tarihli görüntü analizinin performansının irdelenmesi ve çoklu görüntü setinin mevcut olduğu durumlarda yöntem geliştirilmesi olacaktır.

Çalışma sonuçları verim tahmininde kamera fotoğrafları ile oluşturulan CC – fPAR yaklaşımının pamuk ve mısır bitkileri için başarılı sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır. Bu noktada yer istasyonu tasarımı verim modelinde kullanılan

meteorolojik parametrelerin ve kamera fotoğraflarının günlük olarak ve gerçek zamanlı elde edilmesinde faydası ön plana çıkmıştır. Kamera görüntülerinden CC bilgisinin türetilmesinde her ne kadar bakış açısı ve olgunlaşma sonrası kanopi duyarlılığı gibi kısıtlamalar söz konusu olsa da, test alanları için %5 ilçe bazında %10 değerini geçmeyen verim tahmin hatası metrikleri kabul edilebilir değerlerdedir. Birçok test alanından günlük olarak elde edilen bu verilerin klasik yersel arazi çalışmaları ile elde edilmesinin zorluğu düşünüldüğünde, yer istasyonu ile toplanan verilerin önemli avantajı ortaya çıkmaktadır. Bunun dışında GI –GPP ilişkisi ile gerçekleştirilen tahmin sonucunda elde edilen değerler, CC –fPAR verim modellemesinde kullanılan veri setinin bulunmadığı alanlarda iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sonuç olarak kamera fotoğrafları ve uydu görüntüleri ile fPAR yaklaşımını temel alan bu model oldukça güvenilir ve etkili bir yöntem olarak tanımlanabilir. Modelin, yeterli verinin sağlanması durumunda yukarıda belirtilen bazı kısıtlamaların hesaplanabileceği daha karmaşık bir modele dönüştürülme esnekliği açıktır. Bazı basit düzenlemeler ile modelin farklı iklim bölgelerinde ve farklı ürün tipleri için de kullanılabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Alganci, U., Sertel, E., Ozdogan, M. ve Ormeci, C. (2013). Parcel level crop type identification using different classification algorithms and multiresolution imagery in Southeastern Turkey. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 79(11),* 1053-1065.

Algancı, U., Sertel, E., Örmeci, C. ve Özdoğan, M. (2011). Uydu Görüntülerinde Mekansal Çözünürlüğün Tarım Alanlarının ve Ürün Tiplerinin Belirlenmesine Etkisinin Araştırılması: Şanlıurfa Örneği. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi, 105*, 21-27.

Anderson, E. L. (1988). Tillage and N fertilization effects on maize root growth and root:shoot ratio. *Plant and Soil, 108,* 245–251.

Arıoğlu, H. (2010). *Mısır Tarımı*. Adana İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Çiftçi Eğitimi ve Yayın şube Müdürlüğü, Rapor.

Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E. T. ve Hatfield, J. L. (1984). Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy Journal, 76,* 300– 306.

Astrium. (2010). *Spot Satellite technical data*, Alındığı tarih 20.05.2013 adres: http://www2.astriumgeo.com/files/pmedia/public/r329_9_spotsatellite technicaldata_en_sept2010.pdf

Baez-Gonzalez, AD., Chen, PY., Tiscareno-Lopez, M. ve Srinivasan, R. (2002). Using satellite and field data with crop growth modeling to monitor and estimate corn yield in Mexico. *Crop Science, 42,* 1943-1949.

Bastiaanssen, W.G.M. ve Ali, S. (2003). A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 94,* 321–340.

Bazgeer, S., Kamali, Gh. ve Mortazavi, A. (2007). Wheat yield prediction through agrometeorological indices for Hamedan, Iran. *BIABAN Desert Journal, 12,* 33-38.

Bazi, Y. ve Melgani, F. (2006). Toward an Optimal SVM Classification System for Hyperspectral Remote Sensing Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44(11),* 3374-3385.

Beach, R.H., DeAngelo, B.J., Rose, S.K., Li, C., Salas, W. ve Del Grosso, S.J. (2008). Mitigation potential and costs for global agricultural greenhouse gas emissions. *Agricultural Economics, 38,* 1-7.

Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. ve Heynen, M. (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58,* 239–258.

Bhaskaran, S., Paramananda, S. ve Ramnarayan, M. (2010). Per-pixel and object-oriented classification methods for mapping urban features using Ikonos satellite data. *Applied Geography, 30,* 650–665.

Blaes, X., Vanhalle, L. ve Defourny, P. (2005). Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series. *Remote Sensing of Environment, 96,* 352-365.

Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66(1),* 2-16.

Byler, R.K. (2006). Historical Review on the Effect of Moisture Content and the Addition of Moisture to Seed Cotton before Ginning on Fiber Length. *The Journal of Cotton Science, 10,* 300–310.

Caprioli, M. ve Tarantino, E. (2001). Accuracy assessment of per-field classification integrating very fine spatial resolution satellite imagery with topographic data. *Journal of Geospatial Engineering, 3(2),* 127-134.

Cassman, K. G., Wood, S. (2005). Cultivated systems. Millennium ecosystem assessment: Global ecosystem assessment report on conditions and trends (pp. 741–789). Washington D.C.: Island Press.

Cerit, I., Turkay, M. A., Sarihan, H. ve Sen, H.M. (2001). Mısır Ekim Raporu. TC Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı – Cukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü. 17 syf. Alıntı: http://www.tarsustb.gov.tr/misir.htm.

Chapelle, O., Vapnik, V., Bousquet, O. ve Mukherjee, S. (2002). Choosing multiple parameters for support vector machines. *Machine Learning, 46(1),* 131–159.

Chen, D., Ye, G., Yang, C., Chen, Y. ve Wu,Y. (2005). The effect of high temperature on the insecticidal properties of Bt Cotton. *Environmental and Experimental Botany, 53,* 333–342.

Chen, J., Jönsson, P., Tamura, M., Gu, Z., Matsushita, B. ve Eklundh, L. (2004). A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. *Remote Sensing of Environment, 91,* 332 – 344.

Christian, B. ve Krishnayya, N.S.R. (2009). Classification of tropical trees growing in a sanctuary using Hyperion (EO-1) and SAM algorithm. *Current Science, 96,* 1601–1607.

Clark, M.L., Roberts, D.A. ve Clark, D.B. (2005). Hyperspectral discrimination of tropical rain forest tree species at leaf to crown scales, *Remote Sensing of Environment, 96,* 375–398.

Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement, 20,* 37-46.

Dai, Z., Edwards, G.E. ve Ku, M.S.B. (1992). Control of Photosynthesis and Stomatal Conductance in Ricinus communis L. (Castor Bean) by Leaf to Air Vapor Pressure Deficit. *Plant Physiology, 99,* 1426-1434.

Dixon, B. ve Candade, N. (2008). Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both? *International Journal of Remote Sensing, 29(4),* 1185–1206.

Doraiswamy, P.C., Hatfield, J.L., Jackson, T.J., Akhmedov, B., Prueger, J. ve Stern, A. (2003). Crop conditions and yield simulations using Landsat and MODIS. *Remote Sensing of Environment, 92,* 548-559.

Duchemin, B., Hadria, R., Erraki, S., Boulet, G., Maisongrande, P., Chehbouni, A., Escadafal, R., Ezzahar, J., Hoedjes, J.C.B., Kharrou, M.H., Khabba, S., Mougenot, B., Olioso, A., Rodriguez, J.-C. ve Simonneaux, V. (2006). Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. *Agricultural Water Management, 79,* 1–27.

Duveiller, G. ve Defourny, P. (2010). A conceptual framework to define the spatial resolution requirements for agricultural monitoring using remote sensing. *Remote Sensing of Environment, 114,* 2637–2650.

Dwyer, L. M., Ma, B.L., Evenson, L. ve Hamilton, R.I. (1994). Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid- to short- season environments. *Crop Science, 34,* 985–992.

Elmore, A. J., Mustard, J. F., Manning, S. J. ve Lobell, D.B. (2010). Quantifying Vegetation Change in Semiarid Environments: Precision and Accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index. *Remote Sensing of Environment 73,* 87–102.

Fang, H., Liang, S. ve Hoogenboom, G. (2011). Integration of MODIS LAI and vegetationindex products with the CSM–CERES–Maize model for corn yield estimation. *International Journal of Remote Sensing, 32 (4),* 1039–1065.

FAO (1979). Yield response to water. Irrigation and drainage paper. No 33. Rome, Italy.

Field, C.B., Randerson, J.T. ve Malmström, C.M. (1995). Global net primary production: Combining ecology and remote sensing. *Remote Sensing of Environment, 51,* 74–88,

Foody, G.M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment, 80,* 185–201.

Frauman, E. ve Wolff, E. (2005). Segmentation of very high spatial resolution satellite images in urban areas for segments-based classification. *Proceedings of the International Symposium Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas and 5th Intern. Symposium Remote Sensing of Urban Areas,* 14–16 March Tempe, USA, unpaginated CD-ROM.

Gallo, K.P., Daughtry, C.S.T., Wiegand, C.L. (1993). Errors in measuring absorbed radiation and computing crop radiation use efficiency. *Agronomy Journal, 85, 1222–1228.*

Gencer, O. (1993). *Genel Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri)*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:42, Adana.

Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark, R. ve Rundquist, D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment, 80,* 76– 87.

Gitelson, A. A., Vina, A., Arkebauer, T. J., Rundquist, D. C., Keydan, G. ve Leavitt, B. (2003). Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophysical Research Letters 30(5),* 1248, doi: 10.1029/2002GL016450.

Gitelson, A.A., Peng, Y., Masek, J.G., Rundquist, D.C., Verma, S., Suyker, A., Baker, J.M., Hatfield, J.L. ve Meyers, T. (2012). Remote estimation of crop gross primary production with Landsat data. *Remote Sensing of Environment, 121,* 404–414.

Gonias, E.D., Oosterhuis, D.M., Bibi, A.C. ve Roberts, B.A. (2012). Radiation Use Efficiency of Cotton in Contrasting Environments. *American Journal of Plant Sciences, 3,* 649-654.

Graham, E.A., Yuen, E.M., Robertson,G.F., Kaiser,W.J., Hamilton, M.P. ve Rundel, P.W. (2009). Budburst and leaf area expansion measured with a novel mobile camera system and simple color thresholding. *Environmental and Experimental Botany, 65,* 238–244.

Groten, S.M.E. (1993). NDVI-crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso. *International Journal of Remote Sensing,14,* 1495-1515.

Guo, L. J. ve Moore,J. M. (1991). Post-classification processing for thematic mapping based on remotely sensed image data, *Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium,* 2203-2206.

Gürel, A., Akdemir, H., Emiroğlu, Ş.H., Kadoğlu, H. ve Karadayı, H.B. (2000). Türkiye lif bitkileri (Pamuk tarımı, Teknolojisine genel bakış ve Diğer lif bitkileri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi,* 17-21 Ocak, Ankara, 525-566.

Hadjimitsis, D.G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M.G., Retalis, A., Michaelides, S., Chrysoulakis, N., Toulios, L. ve Clayton, C.R.I. (2010). Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10,* 89–95.

Hellevang, K.J. ve Wilcke, W.F. (1996). Maintaining Corn Quality for Wet Milling. *North Dakota State University Extension Service*. AE-1119.

Herold, M. ve Scepan, J. (2002). Object-oriented mapping and analysis of urban land use/cover using Ikonos data. *Proceedings of the 22nd EARSEL Symposium Geoinformation for European-wide Integration, Prague,* (CD-ROM).

Howell, T.A. ve Musick. J.T. (1985). Relationships of dry matter production of field crops to water consumption. p. 247–269. *In Les besoins en equ des cultures. Proc. Conf. Int.*, 11–14 Sept. INRA, Paris.

Huang, C., Davis, L. S. ve Townshend, J. R. G. (2002). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing, 23(4)*, 725–749.

Idso, S. B., Hatfield, J. L., Reginato, R. J. ve Jackson, R. D. (1978), Wheat yield estimation by albedo measurement. *Remote Sensing of Environment, 6,* 1135-1152.

Johansen, K., Phinn, S., Witte, C., Philip, S. ve Newton, L. (2009). Mapping Banana Plantations from Object-oriented Classification of SPOT-5 Imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(9),* 1069–1081.

Johansen, K., Arroyo, L.A., Phinn, S. ve Witte, C. (2010). Comparison of Geo-Object Based and Pixel-Based Change Detection of Riparian Environments using High Spatial Resolution Multi-Spectral Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 76(2),* 123–136.

Kemanian, A.R., Stockle, C.O. ve Huggins, D.R. (2004). Variability of Barley Radiation-Use Efficiency. *Crop Science, 44,* 1662–1672.

Kendirci, A.L., Şahin, İ. ve Işık, P. (2010). Şanlıurfa İl Çevre Durum Raporu. T.C. Şanlıurfa Valiliği – İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.

Kırtok, Y. (1998). *Mısır Üretimi ve Kullanımı*. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul.

Kiniry, J.R., Landivar, J.A., Witt, M., Gerik, T.J., Cavero, J.ve Wade,L.J. (1998). Radiation-use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crops Research, 56,* 265–270.

Kim, M., Madden, M. ve Warner, T. A. (2009). Forest Type Mapping using Object-specific Texture Measures from Multispectral Ikonos Imagery: Segmentation Quality and Image Classification Issues. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(7),* 819–829.

Kim, S-R., Lee, W-K., Kwak, D-A., Biging, G.S., Gong, P., Lee J-H. ve Cho, H-K. (2011). Forest Cover Classification by Optimal Segmentation of High Resolution Satellite Imagery. *Sensors, 11,* 1943-1958.

Kimball, B. A. ve Mauney, R. (1993). Response of cotton to varying CO2, irrigation, and nitrogen: Yield and Growth. *Agronomy Journal, 85,*706–712.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (1990). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Sulama, Drenaj, Toprak Verimliliği Araştırma Konularına İlişkin Teknik Rapor. Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, yayın No:58.

Kucharik, C.J. (2003). Evaluation of a process-based agro-ecosystem model (Agro-IBIS) across the U.S. cornbelt: simulations of the inter-annual variability in maize yield. *Earth Interactions, 7,* 1-33.

Laliberte, A.S., Rango, A., Herrick, J.E., Fredrickson, Ed L. ve Burkett, L. (2007). An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography. *Journal of Arid Environments, 69,* 1–14.

Langham, M.R. ve Mutti, R.J. (1961). Relation between Moisture Content of Corn Stored at Harvest and Subsequent Damage. *Illinois Agricultural Economics. 1(1),* 25-31.

Lee, D. (1999). New Cartographic Generalization Tools, *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference of the ICA*, Ottawa, Canada, (CD-ROM).

Lee, R., L.A. Kastens, L.P. Price, ve Martinko, E.A. (2000). Forecasting corn yield in Iowa using remotely sensed data and vegetation phenology information. *Proc. Int. Conf. on Geospatial Information in Agric. and Forestry, 2nd, Lake Buena Vista, FL. 10–12 Jan.*, ERIM Int., Ann Arbor, MI.

Li, D., Zhang, G., Wu, Z. ve Yi, L., (2010). An Edge Embedded Marker-Based Watershed Algorithm for High Spatial Resolution Remote Sensing Image Segmentation. *IEEE Transactions on Image Processing, 19(10),* 2781 – 2787.

Li, Y., Chen, D., Walker, C.N. ve Angus, J.F. (2010). Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. *Field Crops Research, 118,* 221–227.

Lindquist, J.L., Arkebauer, T.J., Walters, D.T., Cassman, K.G. ve Dobermann, A. (2005). Maize Radiation Use Efficiency under Optimal Growth Conditions. *Agronomy Journal, 97,* 72–78.

Liu, J., Pattey, E. ve Jégo, G. (2012). Assessment of vegetation indices for regional crop green LAI estimation from Landsat images over multiple growing seasons. Remote Sensing of Environment. 123, 347–358.

Lobell, D.B., Asner, G.P., Ortiz-Monasterio, J. I. ve Benning, T.L. (2003). Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 94,* 205–220.

Lomas, J., Mandel, M. ve Zemel, Z. (1977). The Effect of Climate on Irrigated Cotton Yields under Semi – Arid Conditions: Temperature – Yield Relationships. *Agricultural Meteorology, 18,* 435-453.

Los, S.O., Collatz, G.J., Sellers, P.J., Malmstrom, C.M., Pollack, N.H., DeFries, R.S., Bounoua, L., Parris, M.T., Tucker, C.J. ve Dazlich, D.A. (2000). A Global 9-yr Biophysical Land Surface Dataset from NOAA AVHRR Data. *Journal of Hydrometeorology, 1,* 183 – 198.

Luc, B., Deronde, B., Kempeneers, P., Debruyn, W. ve Provoost, S. (2005). Optimized Spectral Angle Mapper classification of spatially heterogeneous dynamic dune vegetation, a case study along the Belgian coastline. *Proceedings of the 9th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing (ISPMSRS).* 17-19October, Beijing, (CD-ROM).

Masek, J.G., Vermote, E.F., Saleous, N.E., Wolfe, R., Hall, F.G., Huemmrich, K.F., Gao, F., Kutler, J. ve Lim, T.K. (2006). A Landsat surface reflectance data set for North America, 1990–2000. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 3,* 68–72.

McMichael, B. L. ve Quisenberry, J. E. (1991). Genetic variation for root-shoot relationships among cotton germplasm. *Environmental and Experimental Botany, 31,* 461–470.

Melgani, F. ve Bruzzone, L. (2004). Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42,* 1778–1790.

Menzel, A. (2002). Phenology: its importance to the global change community. *Climatic Change, 54,* 379–385.

Mercier, G. ve Lennon, M. (2003). Support vector machines for hyperspectral image classification with spectral-based kernels, *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS Proceedings IEEE International,* 1 , 288 – 290.

Mitra, P., Shankar, B. U. ve Pal, S.K. (2004). Segmentation of multispectral remote sensing images using active support vector machines. *Pattern Recognition Letters, 25,* 1067–1074.

Monteith, J.L. (1972). Solar-radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology, 9,* 747–766.

Murty, C.S., Raju, P.V. ve Badrinath, K.V.S. (2003). Classification of wheat crop with multi-temporal images: performance of maximum likelihood and artificial neural networks. *International Journal of Remote Sensing, 24(23),* 4871 – 4890.

Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. S. ve Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33,* 481– 486.

Omkar, S.N., Senthilnath, J., Mudigere, D. ve Kumar M.M. (2008). Crop Classification using Biologically-inspired Techniques with High Resolution Satellite Image. *Journal of Indian Society of Remote Sensing, 36,* 175-182.

Ormeci, C., Alganci, U. ve Sertel, E. (2010). Identification of Crop Areas Using SPOT-5 Data, *Proceedings of the FIG Congress 2010, Facing the Challenges – Building the Capacity,* 11-16 April, Sydney, Australia.

Ozdogan, M. ve Woodcock, C.E. (2006). Resolution dependent errors in remote sensing of cultivated areas. *Remote Sensing of Environment, 103,* 203 – 217.

Ozdogan, M. (2010). The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis. *Remote Sensing of Environment,* doi:10.1016/j.rse.2010.01.006

Ozdogan, M. (2011). Exploring the potential contribution of irrigation to global agricultural primary productivity. *Global Biogeochemical Cycles, 25,* GB3016, doi:10.1029/2009GB003720.

Pan, G., Li, F.M. ve Sun, G.J. (2007). Digital camera based measurement of crop cover for wheat yield prediction. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. IGARSS 2007.* IEEE International, 797–800.

Paola, J.D. ve Schowengert, A. (1995). A Detailed Comparison of Backpropagation Neural Network and Maximum-Likelihood Classifiers for Urban Land Use Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33(4),* 981 – 995.

Pax-Lenney, M. ve Woodcock, C.E. (1997). The effect of spatial resolution on the ability to monitor the status of agricultural lands. *Remote Sensing of Environment, 61,* 210–220.

Peña-Barragán, J.M., Ngugi, M.K., Plant, R.E. ve Six J. (2011). Object-based crop identification using multiple vegetation indices, textural features and crop phenology. *Remote Sensing of Environment, 115,* 1301 – 1316.

Peng, Y. ve Gitelson, A.A. (2012). Remote estimation of gross primary productivity in soybean and maize based on total crop chlorophyll content. *Remote Sensing of Environment, 117,* 440–448.

Philipson, W. R. ve Teng, W. L. (1988). Operational interpretation of AVHRR vegetation indices for world crop information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54*, 55-59.

Prasad, A.K., Chai, L, Singh, R.P. ve Kafatos, M. (2006). Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8,* 26-33.

Prihar, S. S. ve Stewart, B.A. (1990). Using upper-bound slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agronomy Journal, 82,* 1160–1165.

Reddy, V.R., Reddy, K.R. ve Baker, D.N. (1991). Temperature effect on growth and development of cotton during the fruiting period. *Agronomy Journal, 83,* 211-217.

Reddy, K. R., Hodges, H. F. ve McKinion, J. M. (1992a). Temperature effects on early season cotton growth and development. *Agronomy Journal, 84,* 229-237.

Reddy, K.R., Hodges, H.F. ve McKinion, J.M. (1992b). Cotton crop response to global climate change. *World Resour. Rev., 4,* 348- 365.

Reeves, M. C., Zhao, M. ve Running, S.W. (2004). Usefulness and limits of MODIS GPP for estimating wheat yield. *International Journal of Remote Sensing, 26(7),* 1403–1421.

Richter, R. (2011). Atmospheric / topographic correction for satellite imagery: ATCOR2/3 User Guide DLR IB 565-01/11, Wessling, Germany.

Rosenthal, W.D. ve Gerik, T.J. (1991). Radiation Use Efficiency among Cotton Cultivars. *Agronomy Journal, 83(4),* 655 - 658.

Qian, Y. ve Zhang, K. (2004). Discovering spatial patterns accurately with effective noise removal. *Proceedings of the 9th ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery*, Paris, France, 43–50.

Qian, Y., Zhang, K. ve Qiu, F. (2005). Spatial contextual noise removal for post-classification smoothing of GIS images. *Proceedings of the 2005 ACM Symposium on Applied Computing*, Santa Fe, NM, USA, 524–528.

Quarmby, N.A., Milnes, M., Hindle, T.L. ve Silleos, N. (1993). The Use of multi-temporal NDVI measurements from AVHRR Data for crop yield estimation and prediction. *International Journal of Remote Sensing, 14(2),* 199-210.

Sakamoto, T., Gitelson, A.A., Nguy-Robertson, A.L., Arkebauer,T.J., Wardlow, B.D., Suyker, A.E., Verma, S.B. ve Shibayam, M. (2012). An alternative method for using digital cameras for continuous monitoring of crop status. *Agricultural and Forest Meteorology, 154 – 155,* 113– 126.

Sellers, P.J., Randall, D.A., Collatz, G.J., Berry, J.A., Field, C.B., Dazlich, D.A., Zhang, C., Collelo, G.D. ve Bounoua, L. (1996). A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part 1: Model formulation. *Journal of Climate, 9,* 676–705.

Serrano, L., Fillela, I. ve Penuelas, J. (2000). Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Science, 40,* 723–731.

Sertel, E., Kutoglu, S. H. S. ve Kaya, S. (2007). Geometric correction accuracy of different satellite sensor images: application of figure condition, *International Journal of Remote Sensing, 28,* 4685–4692.

Sevgilioğlu, M. (1986). Harran Ovası Tuzlu Sodyumlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Jips, Yıkama Suyu Miktarı ve Süresi. Şanlıurfa Köy hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın,31, Rapor 22..

Shi, Z, Ruecker, G.R., Mueller, M., Conrad, C., Ibragimov, N., Lamers, J.P.A., Martius, C., Strunz, G., Dech, S. ve Vlek, P.L.G. (2007). Modeling of cotton yields in the amu darya river floodplains of Uzbekistan integrating multitemporal remote sensing and minimum field data. *Agronomy Journal, 99(5),* 1317–1326.

Sinsawat, V., Leipner, J., Stamp, P. ve Fracheboud, Y. (2004). Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (Zea mays L.) grown at control or high temperature. *Environmental and Experimental Botany, 52,* 123–129.

Sohn, Y., ve Rebello, N. S. (2002). Supervised and unsupervised spectral angle classifiers, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(12), 1271–1280.

Soltani, A., Torabi, B. ve Zarei, H. (2005). Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: application in chickpea. *Filed Crops Research,91,* 273-285.

Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., PaxLenney, M. ve Macomber, S.A. (2001). Classifica-tion and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to CorrectAtmospheric Effects? *Remote Sensing Environment, 75,* 230–244.

Story, M., ve Congalton, R.G. (1986). Accuracy assessment: a user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52,* 397-399.

Su, L., Chopping, M. J., Rango, A., Martonchik, J.V. ve Peters, D.P.C. (2007). Support vector machines for recognition of semi-arid vegetation types using MISR multi-angle imagery, *Remote Sensing of Environment, 107,* 299–311.

Sys, I.C., Van Ranst, E. ve Debaveye, J. (1991). Land evaluation, Part I: Principles in land evaluation and crop production calculation. *Agricultural Publication No. 7,* General Administration for Development Cooperation of Belgium, Brussels.

Tansey, K., Chambers, I., Anstee, A., Denniss, A. ve Lamb, A. (2009). Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas. *Applied Geography, 29,* 145–157.

Tohidi, M., Nadery, A. Siadat, S.A. ve Lak, S. (2012). Variables Productivity of Light Interception in Grain Maize Hybrids at Various Amount of Nitrogen. *World Applied Sciences Journal, 16 (1),* 86-93.

Tollenaar, M. ve Aguilera, A. (1992). Agricultural efficiency of an old and a new maize hybrid. *Agronomy Journal, 84,* 536-541.

TUİK. (2009). Türk İstatistik Kurumu, *Bitkisel üretim istatistikleri 2009 yılı sorgusu,* adres: http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul

TUİK. (2012). Türk İstatistik Kurumu, *Bitkisel üretim istatistikleri 2011 yılı sorgusu,* adres: http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul

Türker, M. ve Arıkan M. (2005). Sequential masking classification of multi-temporal Landsat7 ETM+ images for field-based crop mapping in Karacabey, Turkey. *International Journal of Remote Sensing, 26 (17),* 3813-3830.

Upadhyay, G., Ray, S. S. ve Panigrahy, S. (2008). Derivation of Crop Phenological Parameters using Multi-Date SPOT-VGT-NDVI Data: A Case Study for Punjab. *Journal of Indian Society of Remote Sensing, 36,* 37–50.

Url-1 <*http://landsat.usugs.com*>, alındığı tarih: 29.08.2013.

van der Sande, C.J., de Jong, S.M. ve de Roo, A.P.J. (2003). A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *4*, 217–229.

Van Deusen, P. C. (1996). Unbiased Estimates of Class Proportions from Thematic Maps, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62 (4),* 409 - 412

Vyas, D., Krishnayya, N.S.R., Manjunath, K.R., Ray, S.S. ve Panigrahy, S. (2011). Evaluation of classifiers for processing Hyperion (EO-1) data of tropical vegetation, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13,* 228–235.

Wang, Y., Tian, Y., Zhang, Y. El-Saleous, N., Knyazikhin, Y., Vermote, E. ve Myneni, R.B. (2001). Investigation of product accuracy as a function of input and model uncertainties: Case study with SeaWiFS and MODIS LAI/FPAR algorithm. *Remote Sensing of Environment, 78,* 299– 313.

Westgate, M.E., Forcella, F., Reicosky, D.C. ve Somsen, J. (1997). Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation use efficiency and grain yield. *Field Crops Research, 49,* 249–258.

Wiegand, C.L., Shibayama, M., Yamagata, Y. ve Akiyama, T. (1989). Spectral observations for estimating the growth and yield of rice. *Japanese Journal of Crop Science, 58,* 673-683.

Wiegand, C.L., Richardson, A. J., Escobar, D. E. ve Gerbermann, A.H. (1991). Vegetation Indices in Crop Assessments. *Remote Sensing of Environment, 35,* 105-119.

Zhang, Y. (2001). Texture-integrated classification of urban treed areas in high-resolution colour-infrared imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67,* 1359–1365.

Zhang, Y. (2004). Understanding image fusion, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,70(6),* 657–661.

Zhou,W. ve Troy, A. (2008). An object-oriented approach for analyzing and characterizing urban landscape at the parcel level. *International Journal of Remote Sensing, 29(11),* 3119–3135.

EKLER

EK A: Konumsal kimlik numarası üretimi için birleştirilen ve derlenen Phyton kodu.

EK B: LUE Modelini parsel bazında çalıştıran Matlab kodu.

EK A: Konumsal kimlik numarası üretimi için birleştirilen ve derlenen Phyton kodu.

```
import sys, string, traceback
import win32com.client

try:
  import arcgisscripting
  gp = arcgisscripting.create(9.3)
  gp.AddMessage("\n" + "Version 9.2/9.3 " + "\n")
except:
  gp = win32com.client.Dispatch("esriGeoprocessing.GpDispatch.1")
  gp.AddMessage("\n" + "Version 9.0/9.1 " + "\n")

inLayer = sys.argv[1]           # Feature Layer
idField = sys.argv[2]           # Field to put new IDs into
direction = sys.argv[3]         # Spatial Sorting direction
startingVal = int(sys.argv[4])  # Value to start IDs from
increment = int(sys.argv[5])    # Increment value, could be negative or
something other than 1
prefix = sys.argv[6]

if prefix == "#":
    prefix = ""

class Record():
    def __init__(self,fid,geom):
      self.fid = fid
      self.x = geom.Centroid.x
      self.y = geom.Centroid.y

try:
  desc = gp.describe(inLayer)

  if desc.SpatialReference.Type == 'Geographic':
    if direction == 'East to West':
      direction == 'West to East'
    elif direction == 'West to East':
      direction == 'East to West'

  OIDField = desc.OIDFieldName

  if len(prefix) > 0:
    theFields = gp.ListFields(inLayer)
    for f in theFields:
      if f.Name == idField:
        if f.Type <> 'String':
          gp.adderror('You have chosen to add a prefix, however the ID field you
choose is not a String. The Prefix will be dropped.')
          prefix = ''

  if direction == 'No Spatial Sorting':
    pRows = gp.UpdateCursor(inLayer)
    pRow = pRows.Next()
    currentID = startingVal
    while pRow <> None:
        if len(prefix) > 0:
            IDtoSave = prefix + str(currentID)
            pRow.SetValue(idField,IDtoSave)
        else:
            pRow.SetValue(idField,currentID)
        pRows.UpdateRow(pRow)
        currentID = currentID + increment
        pRow = pRows.Next()
    del pRow,pRows # Cleanup

  else:
        records = [] # The list to hold Record class objects
        rows = gp.SearchCursor(inLayer)
        row = rows.next()
        while row:
          FID = row.GetValue(OIDField)
```

```
            geom = row.Shape
            records.append(Record(FID,geom))
            row = rows.Next()

          del rows, row # Cleanup

            if direction == 'North to South':
            records = sorted(records,key=lambda record: record.y, reverse=True)
          elif direction == 'South to North':
            records = sorted(records,key=lambda record: record.y)
          elif direction == 'East to West':
            records = sorted(records,key=lambda record: record.x, reverse=True)
          elif direction == 'West to East':
            records = sorted(records,key=lambda record: record.x)


          d = {}
          currentID = startingVal
          for r in records:
            r.id = currentID
            if len(prefix) > 0:
                IDtoSave = prefix + str(currentID)
                d[r.fid] = IDtoSave
            else:
                d[r.fid] = r.id
            currentID = currentID + increment


          pRows = gp.UpdateCursor(inLayer)
          pRow = pRows.Next()

          while pRow <> None:
              pRow.SetValue(idField,d[pRow.GetValue(OIDField)])
              pRows.UpdateRow(pRow)
              pRow = pRows.Next()
          del pRows,pRow  # Cleanup

    del inLayer,idField  # Cleanup
    gp.addmessage('IDs assigned successfully!  The last ID assigned was: %s' %
(currentID - increment))
except:
    print "error"
    #If an error occurred while running the script, then print the messages
    gp.addMessage(gp.getMessages(2))
    print gp.GetMessages()
    gp.addError('-'*60)
    gp.addError(' '*20 + "CRASHED")
    gp.addError("Error On Line: " + str(traceback.tb_lineno(sys.exc_info()[2])))
    print "Error On Line: " + str(traceback.tb_lineno(sys.exc_info()[2]))
    gp.addError('-'*60)
del gp
```

EK B: LUE Modelini parsel bazında çalıştıran Matlab kodu.

```
% computes yield from NPP using the LUE approach

% load data
% field code, 2-19 are SVI observations
% the dates are:
%{
DATE            DOY
19.05.2011      139
06.06.2011      157
20.06.2011      171
22.06.2011      173
08.07.2011      189
21.07.2011      202
24.07.2011      205
01.08.2011      213
17.08.2011      229
21.08.2011      233
25.08.2011      237
02.09.2011      245
10.09.2011      253
18.09.2011      261
21.09.2011      264
04.10.2011      277
20.10.2011      293
21.11.2011      325
%}

% these are SVI dates
dates =
[139,157,171,173,189,202,205,213,229,233,237,245,253,261,264,277,293,325];
% constants
parratio=0.45; % fraction of solar radiaiton that is PAR
lue=2.2;  % max LUE gC/MJ PAR
HI=0.12; % harvest index for cotton
MC=0.07;  % moisture content of cotton
allocation=0.86; %root:shoot ratio
fparmax=0.95;
fparmin=0.01;

location = {'north','south'};
indices = {'ndvi','ndvi','ndvi','gi','sr'};

% fieldID, NDVI, NDVI-GC, NDVI-GEN, GI-GC, SR-GEN
yieldnorth = NaN(2507,6);
yieldsouth = NaN(4036,6);

for loc = 1:2
    for indx = 1:5
        indx;
        name =
strcat('cotton_',char(indices(indx)),'_',char(location(loc)),'.txt');
        cotton = load(name);
        clear name;
        [r,c] = size(cotton);
        cotton2 = reshape(cotton,r*c,1);
        s = find(cotton2 <= 0.0);
        cotton2(s,1) = NaN;
        cotton2 = reshape(cotton2,r,c);
        clear s r c;

        code = unique(sort(cotton2(:,1)));
        outmn = zeros(length(code),19); % mean
        outsd = zeros(length(code),19); % std
        outn = zeros(length(code),2); % number of obs

        c = 1;
        for i = code'
            outmn(c,1) = i;
            outsd(c,1) = i;
```

```
    outn(c,1) = i;
    s = find(cotton2(:,1) == i);
    if(isempty(s) == 0)
        outmn(c,2:end) = mynanmean(cotton2(s,2:end));
        outsd(c,2:end) = mynanstd(cotton2(s,2:end));
        outn(c,2) = length(s);
    else
        outmn(c,2:end) = NaN;
        outsd(c,2:end) = NaN;
        outn(c,2) = NaN;
    end
    c=c+1;
    clear s;
end

% calculate global mean to fill the gaps
glmn = mynanmean(outmn(:,2:end));

% read weather data from one station
% variables are
% DOY,temp[C],SW[MJ/day],VPDcoeff[-]
name = strcat(char(location(loc)),'_cotton_meteo.txt');
wthr = load(name);
clear name;

% calculate temperature limited LUE
luelim = zeros(length(wthr),1);
s = find(wthr(:,2) >= 2 & wthr(:,2) < 16);
luelim(s,1) = wthr(s,2)*0.0713-0.1408;
clear s;
s = find(wthr(:,2) > 35 & wthr(:,2) <= 40);
luelim(s,1) = -0.0997*wthr(s,2)+4;
clear s;
s = find(wthr(:,2) >= 16 & wthr(:,2) <= 35);
luelim(s,1) = 1.0;
clear s;
luelim = luelim.*lue.*wthr(:,4);

% the LUE model part here
if(loc == 1) % north
% fieldID, NDVI, NDVI-GC, NDVI-GEN, GI-GC, SR-GEN
%yieldnorth = zeros(length(code),6);

% loop through fields
for i = 1:length(code)
    i;
    yieldnorth(i,1) = code(i);

    % need to interpolate NDVI to daily
    % first find the missing data and fill with the global mean
    s = find(isnan(outmn(i,2:end)) == 1);
    if(isempty(s) == 0)
        outmn(i,s+1) = glmn(s);
    end
    clear s;
    % then use Savitzgy-Golay smoother
    ypred = fSGolayFilt(outmn(i,2:end),3,7);
    % then need to linear interpolate
    yi = interp1(dates,ypred,[1:365]);
    % fill NaN with 0 for now
    s = find(isnan(yi) == 1);
    yi(s) = 0.0;
    clear s ypred;

 if(indx == 1) % assuming NDVI is just fPAR (1)
    npp = yi'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
    yieldnorth(i,2) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
        clear npp;
elseif(indx == 2) % using NDVI-GC relationship and assuming GC = fPAR (2)
     yinew = yi * 1.2750 - 0.0032;
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
```

```
    npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldnorth(i,3) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                  clear npp;
elseif(indx == 3) % using NDVI-GEN(3)
    ndvimin = percentile(yi,2);
    ndvimax = percentile(yi,98);
    yinew =((yi - ndvimin).*(fparmax - fparmin)./(ndvimax -   ndvimin))+fparmin;
    yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
    yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
    npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldnorth(i,4) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                clear npp;
elseif(indx == 4) % using GI-fPAR relationship and assuming GC = fPAR(4)
     yinew = yi * 0.2371 + 0.0890;
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
     npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldnorth(i,5) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                  clear npp;
elseif(indx == 5) %  using SR-GEN (5)
     srmin = percentile(yi,2);
     srmax = percentile(yi,98);
     yinew = ((yi - srmin).*(fparmax - fparmin)./(srmax - srmin))+fparmin;
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
     npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldnorth(i,6) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                  clear npp;
             end
        end
        else
        % fieldID, NDVI, NDVI-GC, NDVI-GEN, GI-GC, SR-GEN
        %yieldsouth = zeros(length(code),6);

        % loop through fields
        for i = 1:length(code)
            i;
            yieldsouth(i,1) = code(i);
            % need to interpolate NDVI to daily
            % first find the missing data and replace with global mean
            s = find(isnan(outmn(i,2:end)) == 1);
            if(isempty(s) == 0)
                outmn(i,s+1) = glmn(s);
            end
            clear s;

            % then use Savitzgy-Golay smoother
            ypred = fSGolayFilt(outmn(i,2:end),3,7);
            % then need to linear interpolate
            yi = interp1(dates,ypred,[1:365]);
            % fill NaN with 0 for now
            s = find(isnan(yi) == 1);
            yi(s) = 0.0;
            clear s ypred;

 if(indx == 1) % assuming NDVI is just fPAR  (1)
     npp = yi'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
 yieldsouth(i,2) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                   clear npp;
 elseif(indx == 2) % using NDVI-GC relationship and assuming GC = fPAR(2)
     yinew = yi * 1.2750 - 0.0032;
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
     npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
 yieldsouth(i,3) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                   clear npp;


elseif(indx == 3) % using NDVI-GEN (3)
     ndvimin = percentile(yi,2);
     ndvimax = percentile(yi,98);
     yinew = ((yi - ndvimin).*(fparmax - fparmin)./(ndvimax - ndvimin))+fparmin;
```

```
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
     npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldsouth(i,4) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                  clear npp;
elseif(indx == 4) % using GI-fPAR relationship and assuming GC = fPAR (4)
     yinew = yi * 0.2371 + 0.0890;
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
     npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldsouth(i,5) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                  clear npp;
elseif(indx == 5) %  using SR - GEN(5)
     srmin = percentile(yi,2);
     srmax = percentile(yi,98);
     yinew = ((yi - srmin).*(fparmax - fparmin)./(srmax - srmin))+fparmin;
     yinew(1,yinew >= 0.95) = 0.95;
     yinew(1,yinew <= 0.01) = 0.01;
     npp = yinew'.*wthr(:,3)*parratio.*luelim;
yieldsouth(i,6) = 0.01*((sum(npp(139:304))*HI*ALLOC)/(1-MC)); % t/ha
                  clear npp;
            end
        end
        end    % i
    end
end
save yields_cotton.mat yieldnorth yieldsouth;
save cotton_yield_south.txt yieldsouth -ASCII;
save cotton_yield_north.txt yieldnorth -ASCII;
```

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Uğur ALGANCI

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara 1983

E-Posta: alganci@itu.edu.tr

Lisans: İTÜ İnşaat Fakültesi – Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Yüksek Lisans: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü – Geomatik Mühendisliği

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2003 – 2006 "Uydu Verileri ile İstanbul Boğazı'nın Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, İçmesuyu Barajları ile Su Havzalarının Su Kalitesi ve Yerleşim Analizlerinin Tesbiti". İTÜ Döner Sermeye İşletmeleri, Proje No:815, Araştırmacı.

2006 – 2009 "Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi." TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No: 106M043, Araştırmacı.

2009 - 2012 "Tarımsal Rekolte Tahmin ve Kuraklık İzleme Projesi (TARİT)" Devlet Planlama Teşkilatı, Proje No: 2000A020010, Araştırmacı.

2012 - "Tarımsal İzleme ve Bilgi Sistemi (TARBİL)" Devlet Planlama Teşkilatı, Proje No: 2011A020090, Araştırmacı.

2010 - TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası – 5. Dönem Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Komisyonu Üyesi

2004 – 2006 Vehbi Koç Vakfı Başarı Bursu.

2006 – 2008 TÜBİTAK – BİDEB Yurtiçi Yüksek Lisans Bursu.

2008 – 2013 TÜBİTAK – BİDEB Yurtiçi Doktora Bursu.

2012. TÜBİTAK – Yurtdışı Doktora Araştırma Bursu.

Yayın ve Patent Listesi:

SCI Makaleler

Coskun, H.G., **Alganci, U.**, Usta, G. **(**2008). Analysis of Land Use Change and Urbanization in the Kucukcekmece Water Basin (Istanbul, Turkey) with Temporal Satellite Data using Remote Sensing and GIS. *Sensors*, **8(11)**, 7213-7223.

Coskun, H. G., Tanık, A., **Alganci, U.** and Cigizoglu, H. K., (2008). Determination of Environmental Quality of a Drinking Water Reservoir by Remote Sensing, GIS and Regression Analysis. *Water Air Soil Pollution*, **194**, 275- 285.

Toprak, Z.F., Eris, E., Agiralioglu, N., Cigizoglu, K., Yilmaz L.,Aksoy, H., Coskun, H.G.,Andic, G., **Alganci, U.**, (2009). Modeling Monthly Mean Flow in a Poorly Gauged Basin by Fuzzy Logic, *Clean Soil Air Water*,**37(7)**, 555 - 564.

Alparslan, E., Coskun, H.G., and **Alganci, U**. (2009). Water quality determination of Küçükçekmece Lake, Turkey by using multispectral satellite data. *TheScientificWorldJOURNAL: TSW Environment,* 9, 1215–1229.

Coskun, H.G., **Alganci, U.**, Eris, E., Agiralioglu, N., Cigizoglu, K., Yilmaz L., Toprak, Z.F., (2010). Remote Sensing and GIS Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant (HPP) in Poorly Gauged Basins. *Water Resources Management,* **24**, 3757–3772.

Alparslan, E., Coşkun, H.G., and **Algancı, U.** (2010) An investigation on water quality of Darlık Dam drinking water using satellite images. *TheScientificWorldJOURNAL: TSW Environment,* **10,** 1293–1306.

Erturk, A., **Alganci, U.,** Tanik, A. And Seker, DZ. (2012). Determination of Land-Use Dynamics in a Lagoon Watershed by Remotely Sensed Data. *Fresenius Environmental Bulletin,* **21(10A),** 3052-3058.

Alganci, U., Sertel, E., Ozdogan, M. and Ormeci, C. (2013). Parcel-Level Identification of Crop Types Using Different Classification Algorithms and Multi-Resolution Imagery in Southeastern Turkey. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* **79(11)**, 1053-1065.

Alganci, U., Ozdogan, M., Sertel, E. and Ormeci, C. (2014). Estimating maize and cotton yield in southeastern Turkey with integrated use of satellite images, meteorological data and digital photographs. *Field Crops Research,* **157**, 8-19.

Ulusal Makaleler

Algancı, U., Coşkun, H. G., Eriş, E., Ağıralioğlu, N., Cığızoğlu, K., Yılmaz, L., Toprak, Z.F., (2009). Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesine Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS ile Hidrolojik Modelleme, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi*, **101**, 5-11.

Algancı, U., Sertel, E., Örmeci, C., Özdoğan, M. (2011). Uydu Görüntülerinde Mekansal Çözünürlüğün Tarım Alanlarının ve Ürün Tiplerinin Belirlenmesine

Etkisinin Araştırılması: Şanlıurfa Örneği. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi*, **105,** 21-27.

Uluslararası Bildiriler

Celikoyan, T.M., Sertel, E., Seker, D.Z., Kaya, S., **Alganci, U.** (2011). Investigation Land Use Changes in Megacity Istanbul Between the Years 1903-2010 by Using Different Types of Spatial Data. *Proceedings of the FIG Working Week – Bridging the Gap Between Cultures*, 18-22 May 2011, Marrakech, Morocco.

Alganci, U., Sertel, E., Ormeci C. (2010). Forest Fire Damage Estimation Using Remote Sensing and GI, *Proceedings of the 30th EARSeL Symposium - Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage*, 423–430, 31 May - 3 June, Paris, France.

Ormeci, C., **Alganci, U.,** Sertel, E. (2010). Identification of Crop Areas Using SPOT-5 Data. *Proceedings of the FIG Congres, Facing the Challenges – Building the Capacity*, 11-16 April 2010, Sydney, Australia.

Coskun, H.G., Karayusufoglu, S., Eris, E., **Alganci, U.,** (2010). Estimation of Hydraulic Modeling Parameters of Poorly Gauged Basins Using Remote Sensing and GIS. *Proceedings of the 5th IASME / WSEAS International Conference on WATER RESOURCES, HYDRAULICS & HYDROLOGY (WHH'10),* 154–160, 23-25 February, 2010, University of Cambridge, UK

Alganci, U., Coskun, H.G., Usta, G., Agiralioglu, N., Cigizoglu, K., Aksoy, H., Yilmaz L., Eris, E. (2008). Hydrological Modeling of Ungauged Basins using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Solaklı Watershed in Turkey. *Proceedings of the 28th EARSeL Symposium and Workshops,* 305–312, 2-5 June 2008, Istanbul, Turkey.

Celik, H.E., Coskun, H.G., **Alganci, U.**, Cigizoglu, K., Aydin, A., Esin, I., Usta, G. (2008). The Causes of the Floods on the Streams Flowing to Bosphorus and the Precautions Needed: Kozdere Case Study. *Proceedings of the 28th EARSeL Symposium and Workshops*, 326–331, 2-5 June 2008, Istanbul, Turkey.

Coskun, H.G., **Algancı, U.,** Celik, H., Usta, G. (2008). Analysis of the Provincial Structure of Sarıyer - Istanbul Using Remote Sensing and GIS. *Proceedings of the 28th EARSeL Symposium and Workshops*, 299–304, 2-5 June 2008, Istanbul, Turkey.

Coskun, H.G., **Algancı, U.,** Usta, G. (2008). The Role of Remote Sensing and GIS for Security. *Proceedings of the NATO – ARW: Integration of Information for Environmental Security, NATO-C Series Science*, 337–351, Istanbul, Turkey.

Ulusal Bildiriler

Toprak, Z.F., Ağıralioğlu, N., Eriş, E., Cığızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, H. G., **Algancı, U.** (2009). Bulanık Mantık Yöntemi ile Aylık Akarsu Akımlarının Modellenmesi. *IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, 487–498, 06 -10 Temmuz, İstanbul.

Ağıralioğlu, N., Eriş, E., **Algancı, U.,** Toprak, Z.F., Yilmaz, L., Cığızoğlu, K., Coskun, H.G., Andiç, G. (2008). Akım Ölçümü Az Olan Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi. *Doğu Karadeniz Bölgesi. 5.Dünya Su Forumu, Bölgesel Hazırlık Süreci, Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Su ve Enerji Konferansı,* 25-26 Eylül, Artvin.

Algancı, U., Coskun, H.G., Ağıralioğlu, N., Aksoy, H., Yilmaz L., Cığızoğlu, K., Toprak Z.F., Eriş, E., Andiç, G., Usta, G. (2007). Solaklı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile Hidrolojik Amaçlı İncelenmesi. *III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu,* 433–443, 10-14 Eylül, Gümüldür, İzmir.

Andiç, G., Ağıralioğlu, N., Yilmaz L., Aksoy, H., Cığızoğlu, K., Coskun, H.G., Toprak Z.F., Şahin, M., Eriş, E., **Algancı, U.,** Kaya, D. (2007). Akım Ölçümleri Yetersiz Havzalarda Aylık Akımların ve Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi. *III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu,* 587–598, 10-14 Eylül, Gümüldür, İzmir.

Coskun, H.G., **Algancı, U.** (2007). İstanbulu Çevreleyen Suların Uydu Verileri ile Zamana Bağlı Su Kalitesi Değişim Analizi. *Türkiye Ulusal Fotogrameti ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu,* 5-7 Haziran, İstanbul.

Coskun, H.G., **Algancı, U.,** Usta, G. (2007). Uzaktan Algılama ve CBS Yöntemleri ile Sazlıdere Barajı ve Su Havzasında Zamana Bağlı Değişim Analizleri. *Türkiye Ulusal Fotogrameti ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu,* 5-7 Haziran, İstanbul.

Coskun, H.G., **Algancı, U. (**2006). Küçükçekmece Sularında ve Su Havzasında Zamana Bağlı Yerleşim ve Su Kalitesi Analizinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile Modellenmesi. *I. Uzaktan Algılama CBS Çalıştay ve Paneli,* 27 -29 Kasım, İTÜ Ayazağa Kampüsü, İstanbul.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- **Alganci, U.,** Sertel, E., Ozdogan, M. and Ormeci, C. (2013). Parcel-Level Identification of Crop Types Using Different Classification Algorithms and Multi-Resolution Imagery in Southeastern Turkey. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* **79(11)**, 1053-1065.

- **Alganci, U.,** Ozdogan, M., Sertel, E. and Ormeci, C. (2014). Estimating maize and cotton yield in southeastern Turkey with integrated use of satellite images, meteorological data and digital photographs. *Field Crops Research,* **157**, 8-19.

- **Algancı, U.,** Sertel, E., Örmeci, C., Özdoğan, M. (2011). Uydu Görüntülerinde Mekansal Çözünürlüğün Tarım Alanlarının ve Ürün Tiplerinin Belirlenmesine Etkisinin Araştırılması: Şanlıurfa Örneği. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi,* **105**, 21-27.

- Ormeci, C., **Alganci, U.,** Sertel, E., (2010). Identification of Crop Areas Using SPOT-5 Data, *Proceedings of the FIG Congress 2010, Facing the Challenges – Building the Capacity*, 11-16 April 2010, Sydney, Australia, (CD – ROM).