

# **ÇOK TARİHLİ GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMADA DESTEK VEKTÖR MAKİNALARI VE BULANIK MANTIK YÖNTEMİ KULLANAN BÖLÜT TABANLI BİR YAKLAŞIM**

A. Özdarıcı Ok <sup>a\*</sup>, Z. Akyürek <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 65080, Van, Türkiye  
aozdarici@gmail.com

<sup>b</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, Türkiye,  
zakyurek@metu.edu.tr

## **Komisyon VII, WG VII/4**

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Uzaktan Algılama, Tarım, Görüntü Sınıflama, Nesne Tabanlı Yöntem, Bulanık Mantık, Kompsat-2, Envisat ASAR

## **ÖZET:**

Bu çalışmada, Türkiye'deki bir tarım alanına ait çok tarihli optik ve mikrodalga görüntülerinin Destek Vektör Makineleri (DVM) ve bulanık mantık yöntemiyle bölüt tabanlı sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Test alanı olarak Karacabey Ovası'nın (Bursa) yaklaşık 100 km<sup>2</sup>'lik bölümü seçilmiştir. Ovada yetiştirilen başlıca tarım ürünleri; mısır, domates, pirinç, şeker pancarı, buğday ve meradır. Analizler için alanın Haziran, Temmuz ve Ağustos 2008 tarihlerinde çekilen pankromatik ve renkli Kompsat-2 uydu görüntüleri ile Envisat ASAR verileri kullanılmıştır. İlk olarak Kompsat-2 görüntülerine bir görüntü keskinleştirme algoritması uygulanmış ve görüntülerden 1m mekânsal çözünürlüğe sahip renkli görüntüler üretilmiştir. Elde edilen görüntülere Ortalama Kaydırma yöntemi uygulanmış ve görüntülere ait homojen bölgeler belirlenmiştir. Görüntülere ait en uygun homojen bölgelerin bulunmasında çoklu istatistiksel değerlendirme yöntemlerinden faydalanılmıştır. Ardından, 4m mekânsal çözünürlüğe sahip renkli Kompsat-2 görüntüleri DVM yöntemi ile piksel tabanlı olarak sınıflandırılmıştır. Bir sonraki aşamada renkli Kompsat-2 görüntüleri Envisat ASAR verileri ile birlikte sınıflandırılmıştır. Daha sonra, üretilen en uygun bölüt sonuçları tematik haritalar ile karşılaştırılmış ve bölütler içine düşen ve en çok tekrarlanan pikseller bölütlere etiket olarak atanmıştır. Bu işlemler sonucunda piksel ve bölüt tabanlı olmak üzere toplam 28 adet tematik harita üretilmiştir. Tek tarihli görüntülerden elde edilen tematik haritalara ait bilgilerin birleştirilebilmesi amacıyla sınıflandırma işlemi sırasında her bir tematik harita için olasılık haritaları üretilmiştir. Üretilen olasılık haritaları ikili ve üçlü kombinasyonlarda birbirleri ile karşılaştırılarak en yüksek olasılık değerine sahip piksel sınıfları ile yeni tematik haritalar üretilmiştir. Tematik haritalara ait doğruluklar hata matrisleri yoluyla değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Haziran-Temmuz ve Haziran-Temmuz-Ağustos ayları birleşimi sonucunda elde edilen bölüt tabanlı haritaların yaklaşık %92 genel doğruluk ve 0.90 kappa değeri ile en yüksek doğruluğu sağladığını göstermiştir.

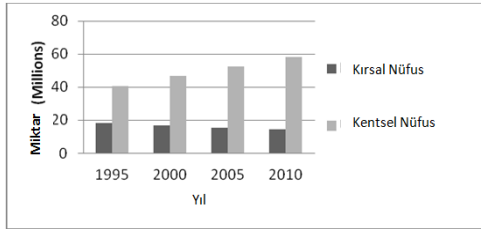
## **1. GİRİŞ**

Sürdürülebilir bir ekonomi için tarım tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de önemli bir yere sahiptir. Diğer taraftan, hızlı ve plansız kent dönüşümleri, göçler ve bilinçsiz tarım uygulamaları nedeniyle Türk tarımı son yıllarda olumsuz bir ivme kaydetmiştir (Şekil 1). Bu sorunun çözümünde geleneksel tarım uygulamalarının aksine çağın gereksinimlerine daha hızlı cevap veren uzaktan algılama teknolojisinin kullanımı her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Uzaktan algılama teknolojisinin ürünü olan uydu görüntülerinin veya hava fotoğraflarının kullanımı ile otomatik yaklaşımların geliştirilmesi, tarımsal uygulama kararlarının daha bilinçli ve güvenilir alınabilmesi için önemlidir. Uzaktan algılama teknolojileri kapsamında günümüzde bu amaçla kullanılan yöntemlerin başında görüntü sınıflandırması gelmektedir. Görüntü sınıflandırması genel olarak, görüntüyü oluşturan piksellerin spektral değerlerine bağlı kalarak istatistiğe dayalı yöntemler yardımıyla görüntünün kullanıcı tarafından önceden belirlenen arazi örtüsü/kullanımı sınıflarına atanması işlemidir. Literatürde bu amaç için geliştirilen birçok görüntü sınıflama algoritması mevcuttur. Bu algoritmalar genel olarak kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Sınıflandırılacak olan verinin sınıflandırma öncesinde bilgisayar ortamında tanıtılması mantığına dayanan kontrollü sınıflandırma algoritmalarının genellikle kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerine göre daha güvenilir sonuçlar ürettiği bilinmektedir (örn. Lu ve Weng,

2007; Lillesand ve Kiefer, 2000; Turker ve Ozdarıcı, 2011). Bu algoritmaların birçoğu görüntüyü oluşturan pikselleri birbirinden bağımsız olarak ele almakta ve çoğunlukla piksellerin spektral yansıma değerlerine bağlı kalan istatistiksel yöntemlere dayalı algoritmalar yardımıyla önceden belirlenmiş arazi sınıflarına göre etiketleme yapmaktadır. Diğer taraftan, gelişen uydu teknolojisi sayesinde arazi yüzeyinden detaylı bilgi çıkarmaya yönelik olarak geliştirilen yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanımı yaygın bir hal almıştır. Bu gelişme, detaylı bilgi çıkarımına yönelik çalışmalar yapan araştırmacıların işine yaramış olsa da tarım parselleri içindeki çeşitliliği öne çıkarması nedeniyle, üretilecek nihai harita doğruluğunu düşürebilmektedir (örn. Gong ve Howard, 1990, Smith ve Fuller, 2001 ve De wit ve Clevet, 2004). Bu sorunun çözümünde daha anlamlı nesnelere elde edebilmek için piksel tabanlı yaklaşımların aksine doku ve bağlamsal özellikler aranarak piksellerin bir grup olarak düşünülmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan yöntemler literatürde bölüt tabanlı görüntü analizleri olarak adlandırılır.

Bu çalışmada Türkiye'nin kuzey-batısında yer alan Karacabey Ovası'nın (Bursa) yaklaşık 100 km<sup>2</sup>'lik bölümünde yetiştirilen başlıca tarım ürünlerinin (mısır, domates, pirinç, şeker pancarı, buğday ve mera) çok tarihli (Haziran, Temmuz, Ağustos, 2008) Kompsat-2 ve Envisat ASAR uydu görüntüleri yardımıyla bölüt tabanlı sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak çok tarihli pankromatik (1m) ve renkli

(4m) Komsat-2 görüntüleri üzerinde bir görüntü keskinleştirme algoritması uygulanmış ve bu sayede 1m mekânsal çözünürlüğe sahip renkli Komsat-2 görüntüleri elde edilmiştir. Üretilen keskinleştirilmiş görüntüler üzerinde Ortalama Kaydırma yöntemi uygulanarak görüntüyü oluşturan homojen bölgeler belirlenmiştir. Bu işlem sırasında çeşitli parametre kombinasyonları denenmiş ve üretilen bölütler gerçek tarım parselleri ile çoklu istatistiksel yöntemler yardımıyla karşılaştırılarak görüntülere ait en uygun bölütler tespit edilmiştir. Ardından, ilk olarak, tek tarihli renkli Komsat-2 (4m) görüntüleri Destek Vektör Makineleri yöntemi yardımıyla sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu görüntüler, Envisat ASAR verileri ile birlikte sınıflandırılarak üç farklı aya ait piksel tabanlı tematik haritalar üretilmiştir. Üretilen haritalar istatistikî değerlendirmeler sonucunda elde edilen en uygun bölütler ile çakıştırılarak bölütler içine düşen ve en çok tekrarlanan piksel değerine ait sınıflar bölütlere etiket olarak atanmış ve bu sayede bölüt tabanlı haritalar elde edilmiştir. Tek tarihli görüntülerden elde edilen tematik haritalara ait bilgilerin birleştirilebilmesi amacıyla sınıflandırma işlemi sırasında her bir tematik harita için piksel tabanlı olasılık haritaları üretilmiştir. Üretilen olasılık haritaları ikili ve üçlü kombinasyonlarda birbirleri ile karşılaştırılarak en yüksek olasılık değerine sahip piksel sınıfları ile yeni tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda renkli Komsat-2 ve bu görüntülerle Envisat ASAR verilerinin birlikte sınıflandırılması yoluyla Haziran-Temmuz, Haziran-Ağustos, Temmuz-Ağustos ve Haziran-Temmuz-Ağustos aylarına ait tematik haritaların birleşiminden oluşan piksel ve bölüt tabanlı 8 farklı harita üretilmiş ve sonuçları hata matrisleri yoluyla değerlendirilmiştir.



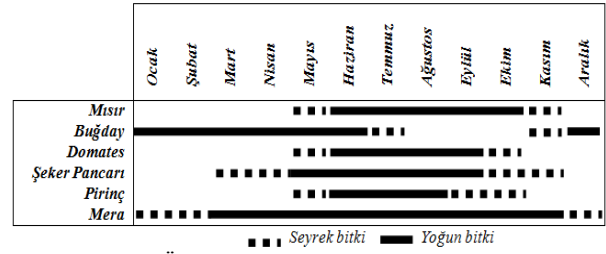
Şekil 1. Türkiye'de 1995 ve 2010 yılları arasında kırsal ve kentsel nüfus durumunu gösteren grafik

Çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde çalışma alanı ve kullanılan veri seti tanımlanmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümde yöntem basamakları incelenmektedir. Dördüncü bölümde elde edilen bulgular tartışılmakta ve son bölüm olan beşinci bölümde ise çalışma sonuçları ortaya koyulmaktadır.

## 2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

### 2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Bursa ilinde yer alan Karacabey Ovası'nın yaklaşık 100 km<sup>2</sup> lik bölümüdür. Alana ait merkez koordinatları: 28°14'12'' ve 40°11'09'' şeklindedir. Alan, zengin toprak yapısı ve uygun hava koşulları nedeniyle Türkiye'nin en verimli ovaları arasındaki yerini almaktadır. Karacabey ovasında yetiştirilen başlıca tarım ürünleri; mısır, domates, buğday, pirinç ve şeker pancarıdır. Çalışma alanı ayrıca, çiftlik hayvanlarına yem sağlamak amacıyla mera alanları da içermektedir. Alanda yetiştirilen ürünlerin mevsimlere göre gelişimini gösteren grafik Şekil 2' de verilmektedir (Ozdarici Ok ve Akyurek, 2012).

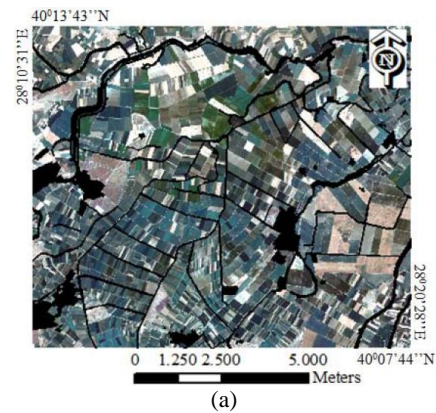


Şekil 2. Ürünlerin mevsime bağlı değişim grafiği

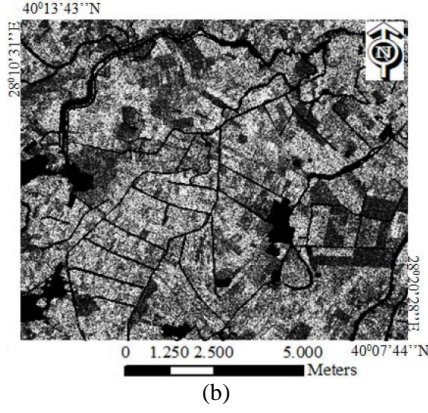
### 2.2 Veri Seti

Analizler için optik ve mikrodalga olmak üzere iki farklı görüntü kullanılmıştır (Şekil 3). Optik görüntüler uygun hava koşullarında 13 Haziran, 11 Temmuz ve 18 Ağustos 2008 tarihlerinde çekilen pankromatik (1m) ve renkli (4m) Komsat-2 uydu görüntüleridir. Komsat-2 uydusu mekânsal çözünürlüğü 1m ve 4m olan sırasıyla pankromatik ve renkli uydu görüntüleri elde edebilmektedir. Pankromatik görüntüler, 0.5µm ve 0.9µm aralığında spektral bilgi sağlamaktadır. Renkli Komsat-2 görüntüleri 3 adet görünür ve 1 adet yakın kızıl ötesi olmak üzere toplam 4 adet spektral banttan oluşmaktadır. Spektral bant aralıkları mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl ötesi görüntüler için sırasıyla 0.45–0.52 µm, 0.52–0.60 µm, 0.63–0.69 µm ve 0.76–0.90 µm'dir. Çalışmada kullanılan Komsat-2 görüntülerinin işlem seviyesi 2A'dır. Bu işlem seviyesinde görüntüler radyometrik olarak düzeltilip yer kontrol noktası (YKN) kullanılmaksızın geometrik düzeltme işlemi standart harita projeksiyonuna (UTM/WGS 84) göre yapılmaktadır (Nik Sistem, 2008).

Envisat ASAR uydu görüntülerine ait çekim tarihleri 28 Haziran, 18 Temmuz ve 3 Ağustos 2008'dir. Envisat ASAR uydusu kullanıcılarına mekânsal çözünürlüğü 15m ile 150m arasında değişen, 56×105 km<sup>2</sup> olan yatay-yatay (YY) ve düşey-düşey (DD) polarizasyonda görüntüler sağlamaktadır. Çekimden kaynaklanan teknik problemlerden dolayı bu çalışmada sadece DD polarizasyona sahip görüntüler kullanılmıştır. Elektromanyetik spektrumun C (GHz) bandında bilgi sağlayan Envisat ASAR görüntüleri için 15° ve 45.2° arasındaki açıları içeren yedi farklı şekilde (IS1-...-IS7) çekim yapılabilmektedir. Bu çalışmada IS2, IS6 ve IS7 çekim açılarında elde edilmiş görüntüler kullanılmıştır (ASAR Ürün Kataloğu, 2009).



(a)



Şekil 3. (a) Renkli Kompsat-2 ve (b) Envisat ASAR uydu görüntüleri (Karacabey Ovası)

### 3. YÖNTEM

Çalışma yöntemi genel olarak 3 ana basamaktan oluşmaktadır. Bunlar; (i) ön işlemler, (ii) görüntülerin DVM yöntemi ile sınıflandırılması ve (iii) üretilen tematik haritaların doğruluk analizinden oluşmaktadır. Çalışma yöntemine ilişkin bilgilere aşağıda detaylı şekilde yer verilmektedir.

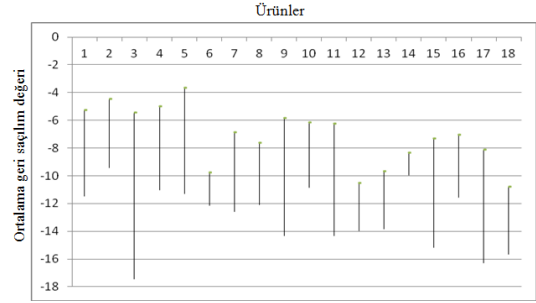
#### 3.1 Ön İşlemler

Görüntülere uygulanan ön işlemler; görüntü keskinleştirme, atmosferik düzeltme, görüntü filtreleme, ortorektifikasyon ve geri saçılım haritalarının üretilmesinden oluşmaktadır. İlk olarak, pankromatik (1m) ve renkli (4m) Kompsat-2 görüntüleri, En Küçük Kareler görüntü keskinleştirme algoritması yardımıyla keskinleştirilmiş ve görüntü bölütleme işleminde kullanılmak üzere 1m mekânsal çözünürlüğe sahip renkli Kompsat-2 görüntüleri elde edilmiştir. Görüntüler üzerindeki atmosferik etkilerin giderilmesi amacıyla renkli Kompsat-2 görüntülerine atmosferik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem için PCI Geomatica yazılımına ait ATCOR-2 modülünden yararlanılmıştır (PCI Geomatica, 2009). Çalışmada Envisat ASAR uydu verilerini etkin şekilde yorumlayabilmek ve bu yolla güvenilir sonuçlar elde edebilmek amacıyla bu görüntüler üzerinde filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda 5x5 boyutuna sahip Lee filtresinin Envisat ASAR görüntüleri için uygun olduğu tespit edilmiş ve görüntüler 5x5 boyutundaki Lee filtresi yardımıyla filtrelenmiştir. Ardından arazideki belli noktalardan hassas küresel konum belirleme aygıtı yoluyla toplanan yer kontrol noktaları ve Harita Genel Komutanlığı'ndan elde edilen 1: 25 000 ölçekli sayısal haritalar kullanılarak renkli ve keskinleştirilmiş çok tarihli Kompsat-2 görüntüleri ve Envisat ASAR verileri üzerinde orthorektifikasyon işlemi uygulanmıştır. Ortorektifikasyon işlemi sonrasında tüm görüntüler (keskinleştirilmiş ve renkli Kompsat-2 ve Envisat ASAR) için karesel ortalama hata miktarı 1 pikselin altında hesaplanmıştır. Görüntülere uygulanan geometrik düzeltme işlemi için kullanılan yer kontrol nokta sayısı, örnekleme yöntemi ve karekök ortalama hata Tablo 1'de verilmektedir. Son olarak, çok tarihli Envisat ASAR verileri alana ait gerçek tarım parselleri ile karşılaştırılarak parseller içine düşen piksellere ait geri saçılım haritaları üretilmiştir. Bu sayede sınıflamaya dâhil edilecek ürün türlerinin Envisat ASAR verisindeki spektral davranışları tespit edilmiştir. Farklı tarihlerde çekilmiş Envisat ASAR görüntülerine ait ürün sınıfları için elde edilen geri saçılım davranış grafiği Şekil 4' de verilmektedir.

Görüntü	Çekim Tarihi (2008)	YKN Sayısı	Yöntem	OKH (piksel)
Envisat ASAR	28 Haziran	6	NN	0.55
	18 Temmuz	8	NN	0.45
	03 Ağustos	10	NN	0.50
Kompsat-2 (renkli)	13 Haziran	16	NN	0.34
	11 Temmuz	19	NN	0.47
	18 Ağustos	18	NN	0.41
Kompsat-2 (keskinleştirilmiş)	13 Haziran	14	NN	0.80
	11 Temmuz	15	NN	0.85
	18 Ağustos	20	NN	0.75

NN: En yakın komşuluk, YKN: Yer kontrol noktası, OKH: Ortalama karekök hata

Tablo 1. Ortorektifikasyon işlemi için kullanılan YKN sayısı, yöntem ve karesel ortalama hata miktarları



Şekil 4. Ürünler için en yüksek ve en düşük geri saçılım değerleri – 1. Mısır, 2. Domates, 3. Pirinç, 4. Şeker pancarı, 5. Buğday, 6. Mera (28 Haziran), 7. Mısır, 8. Domates, 9. Pirinç, 10. Şeker pancarı, 11. Buğday, 12. Mera (18 Temmuz), 13. Mısır, 14. Domates, 15. Pirinç, 16. Şeker pancarı, 17. Buğday, 18. Mera (3 Ağustos).

#### 3.2 Görüntü Bölütleme

Bu çalışmada, homojen nesnelere bulabilmek amacıyla eski bir doku belirleme yöntemi olan Ortalama Kaydırma (Mean-shift) yöntemi kullanılmıştır. Ortalama Kaydırma yönteminin temeli, filtre yardımıyla yoğunluk tahmini yapmaya dayanır. Yöntem, filtre içine düşen piksellerin ait ortalama değeri hesaplayarak filtreye ait gerçek merkezin hesaplanan yoğunluk merkezine kaydırılmasını içerir ve özetle şu şekilde tanımlanabilir: “d” boyutlu  $R^d$  uzayında bulunan n nokta için  $x_i$  vektörü ( $i = 1 \dots n$ ) verilsin. Herhangi bir K kerneli kullanılarak çok değişkenli Ortalama Kaydırma vektörü -  $m_K(x)$  aşağıdaki formülle hesaplanır (Comaniciu ve Meer, 2002):

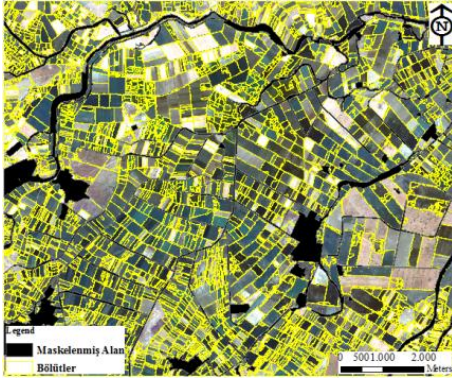
$$m_K(x) \equiv \frac{\sum_{i=1}^n x_i K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)} - x \quad (1)$$

Formülde yer alan  $x$ , K filtresinin merkez noktası, h ise kullanılan filtresinin boyutunu tanımlamaktadır. Önemli modların bulunabilmesi için formülün (1), bölütleme yapılacak uzayı kapsayana kadar birden çok defa tekrarlanması gerekmektedir.

Yöntemin renkli görüntüler üzerinde de uygulanabilmesi amacıyla ortak alan (joint domain) kavramı geliştirilmiştir. Bu kavrama göre her örnek, hem mekânsal uzayda (hs) hem de renk uzayı ( $h_r$ ) nda tanımlanır. Ortak alanda mekân ve renk vektörlerine ait farklılıkları gidermek için uygun bir normalizasyon işlemi gerekmektedir. Bu nedenle iki ışımsal simetrik filtre ürünü olan çok değişkenli filtre (multivariate

kernel), öklid uzayında bant genişliği parametresi olarak kullanılmaktadır.

Keskinleştirme işlemi uygulanmış her bir Kompsat-2 görüntüsü (1m) için mekân ( $h_s$ ): {3, 4, 5, ..., 20} ve renk ( $h_r$ ): {3, 4, 5, ..., 20} uzayında 324 parametre kombinasyonu denenmiştir. En küçük alan parametresi bu çalışma için 1000 piksel olarak belirlenmiştir. Bu parametre, alanda bulunan en küçük parsel içine düşen piksel sayısını ifade etmektedir. Görüntüye ait en uygun bölüt sonuçlarını belirlemek için Clinton vd. (2010)' e ait çalışmada detaylı olarak açıklanan 13 adet çoklu değerlendirme yöntemi (over-segmentation, under-segmentation, area fit index (AFI), count over, count under, relative area metric, similar size index, quality rate, under merge, over merge indices, qLoc, relative position indices) kullanılmıştır. Bu ölçütlerin amacı, elde edilen bölütler ve kullanıcı tarafından belirlenen gerçek parseller arasındaki konum ve şekil benzerliklerini araştırmaktır. Bu amaçla ilk olarak çalışma alanının %10 u kapsayan örnek parseller titizlikle belirlenmiş ve seçilen parseller ile elde edilen bölütler doğruluk analizleri yardımıyla karşılaştırılmıştır. Buna göre keskinleştirilmiş Kompsat-2 görüntülerine ait en uygun bölüt sonucunu sağlayan parametre bileşenleri Temmuz ayı görüntüsü için hesaplanan  $h_s = 5$ ,  $h_r = 10$  olarak bulunmuştur. Şekil 5'de Temmuz ayına ait Kompsat-2 görüntüsünün tanımlanan parametre bileşenleri kullanılarak üretilmiş bölütler ile çakıştırılması verilmektedir.



Şekil 5. Çalışma alanının Temmuz ayına ait Kompsat-2 görüntüsünün üretilen en uygun bölütler ile çakıştırılmış görüntüsü

### 3.3 Destek Vektör Makineleri Yöntemi

Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin sınıflandırılabilmesi için son yıllarda araştırmacıların ilgisini çeken ve güvenilirliği kanıtlanmış DVM yöntemi kullanılmıştır. DVM yönteminin uzaktan algılama çalışmalarında başarılı sonuçlar üretmesi bu yöntemin güvenilirliğini artırmış ve yöntem geleneksel görüntü sınıflandırma algoritmaları arasındaki yerini almıştır. DVM yöntemi, tanımlanan örnek piksellere bağlı olarak sınıflar arasındaki sınırları en uygun düzeyde tutmaya yarayan hiper-düzlem denilen karar sınırlarının tanımlanması ve bu sayede pikseller arasındaki yanlış sınıflandırma olasılığının en aza indirilmesi mantığına dayanır. Yöntem ilk olarak iki sınıflı birbirinden ayırmak amacıyla {-1,+1} şeklinde etiketleme yapılabilen doğrusal sınıflandırma problemlerini çözmek için tasarlanmıştır. Doğrusal problemlerde hiper-düzlemler iki sınıflı birbirinden etkin şekilde ayırabilmek için 'mesafe (margin)' denilen en yüksek açıklık seviyesine sahip olmalıdır (Vapnik 1995, 1998). Daha açık bir ifadeyle DVM yöntemi, hiper-düzlem ve örnek pikseller arasındaki uzaklığı en yüksek düzeyde tutacak optimum hiper-düzlemi tanımlama mantığına

dayanır. Optimum hiper-düzlemler üzerinde kalan pikseller destek vektörlerini oluşturur ve görüntüdeki bilinmeyen piksellerin sınıflandırılmasında kullanılır (Eşitlik 2) (Tso ve Mather, 2009).

$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^{nsv} \alpha_i y_i (x \times x_i) + b) \quad (2)$$

Eşitlikteki;

$nsv$  destek vektör sayısını,

$\alpha_i$  pozitif Lagrangian çarpanlarını,

$x \in R^N$  olup N boyutlu bir uzayı,

$y$  sınıf etiketlerini,

$b$  eğilim değerini ifade etmektedir.

Doğrusal düzlemler dünya yüzeyindeki problemlerin çözümü için çoğu zaman yeterli olamamaktadır. Bu nedenle doğrusal olmayan hiper-düzlem kavramı geliştirilmiştir. Bu kavrama göre sınıflar arasındaki ayrımı en iyi şekilde yapabilmek için veri, çok boyutlu Hilbert uzayı da denilen öklid uzayına taşınır.

Bu işlem için DVM formülüne  $\xi$  (slack) değişkeni eklendiğinde Eşitlik 2'deki formül Eşitlik 3'teki halini alır ve en uygun problem çözümü, kullanıcı tarafından tanımlanan C (penalty) parametresinin eklenmesi ile Eşitlik 4'teki gibi hesaplanır.

$$y_i(w^T x_i + b) \geq 1 - \xi_i; \xi_i \geq 0, \quad (3)$$

$$\min \left\{ \frac{\|w\|^2}{2} + C \sum_{i=1}^n \xi_i \right\} \quad (4)$$

C parametresinin artışı ile piksellerin yanlış sınıflara atanma olasılığı doğru orantılıdır (Tso ve Mather, 2009; ENVI Kullanım Klavuzu, 2007).

DVM performansını çok boyutlu uzayda etkin hale getirebilmek için çeşitli kernel tipleri tanımlanmıştır (örn. Doğrusal, polinom, radyal tabanlı fonksiyon ve sigmoid) (Vapnik 1995). Literatürde radyal tabanlı fonksiyon kernelinin genellikle analizlerde en güvenilir sonucu verdiği gözlenmiş bu nedenle bu çalışmada bu kernel tipi kullanılmıştır (Eşitlik 5). DVM yöntemi Vapnik (1995, 1998) çalışmalarında detaylı olarak açıklanmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda renkli Kompsta-2 görüntüleri ve bu görüntülerin Envisat ASAR verileri ile birlikte DVM yöntemi ile sınıflandırılmasında kullanılan parametre bileşenleri Tablo 2'de verilmektedir.

$$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \gamma > 0 \quad (5)$$

Eşitlikteki  $\gamma$  ifadesi kernel fonksiyonundaki gamma terimini (kernel boyutu) tanımlar.

Renkli Kompsat-2 görüntülerine DVM yöntemi uygulanırken kullanılan parametre bileşenleri Tablo 1'de verilmektedir.

Veri	Ay	$\gamma$	C
Renkli Kompsat-2 görüntüleri	Haziran	0.25	2200
	Temmuz	0.25	200
	Ağustos	0.25	200
Renkli Kompsat-2 ve Envisat ASAR verileri	Haziran	0.20	2200
	Temmuz	0.20	200
	Ağustos	0.20	200

Tablo 2. DVM yönteminde kullanılan parametre kombinasyonları

### 3.4 Bulanık Mantık Yöntemiyle Çok Tarihli Haritaların Birleştirilmesi

Tek tarihli tematik haritalara ait bilgilerin güvenilir şekilde birleştirilmesi işlemi çok tarihli görüntü sınıflandırma problemi üzerinde çalışan araştırmacıların yakından ilgilendiği başlıca konudur. Bu sorunun çözümünde genelde test alanına özel kural tabanlı yöntemlere başvurulur (örn. Ban, 2003; Blaes vd. 2005; Turker ve Arikian, 2005; Liu, 2006; Wang, vd., 2010). Uygulanan yöntemler, kullanılan test alanları için yüksek sonuçlar üretse de çoğu zaman alana özel sorunları çözebilmekte ve farklı test alanları için farklı kurallar geliştirmek gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada olasılık hesabına dayalı ve kural tabanlı olmayan bir yöntem kullanılmıştır. Yöntem, DVM yöntemiyle tek tarihli tematik haritalar oluşturulurken piksellere ait olasılık değerlerinin hesaplanması ve üretilen olasılık haritalarının birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda en yüksek olasılık değerine sahip piksellerden tek bir tematik harita üretilmesi mantığına dayanır. Bu sayede Haziran-Temmuz, Haziran-Ağustos, Temmuz-Ağustos ve Haziran-Temmuz-Ağustos haritalarının birleşiminden oluşan piksel tabanlı toplam 4 farklı tematik harita elde edilmiş ve bu haritalar daha sonra bölüt tabanlı analizlerde kullanılmıştır.

### 3.5 Bölüt Tabanlı Sınıflandırma

Bölüt tabanlı sınıflandırma yaklaşımı, üretilen tematik haritaların uygun bölütler ile çakıştırılması ve parsel içine düşen

ve en çok tekrarlanan piksellerin parsellere etiket olarak atanması işlemidir. Bu işlem, her parselde bir ürün türünün yetiştirildiği varsayımına dayanır. Bu sayede parsel içi çeşitliliğin önüne geçilebilmektedir. Elde edilen tek tarihli ve birleştirilmiş tematik haritaların bölüt tabanlı yöntem yoluyla sınıflandırılması sonucunda toplam 14 adet farklı bölüt tabanlı tematik harita üretilmiştir.

### 3.6 Doğruluk Analizi

Üretilen piksel tabanlı ve bölüt tabanlı tematik haritaların güvenilirliği hata matrisleri yoluyla değerlendirilmiştir. Bu sayede ürün sınıflarına ait üretici ve kullanıcı doğrulukları ile genel hata oranları ve kappa değerleri hesaplanmıştır. Doğruluk analizlerinde arazi çalışmaları sırasında görüntü çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak toplanan ürün türlerine ait bilgiler referans veri olarak kullanılmıştır. Hesaplamalar, ürün türlerinin kapladıkları alanlar dikkate alınarak rastgele örnekleme yöntemiyle belirlenen 567 noktanın referans veride karşılık gelen pikseller ile karşılaştırılması yoluyla gerçekleştirilmiştir.

## 4. TARTIŞMA

Tablo 3'de üretilen tematik haritalara ait sonuçlar verilmektedir. Buna göre 6 ürün sınıfı için piksel ve bölüt tabanlı olmak üzere toplam 28 farklı sınıflandırma sonucu üretilmiştir. Sonuçlar, en düşük doğruluğun %51.67 ile Haziran ayına ait tek tarihli Komsat-2 görüntüsünün sınıflandırılması sonucunda

Veriler	Komsat-2 (4 m)				Komsat-2 (4 m) & Envisat ASAR (15 m)			
	Piksel Tabanlı Sonuçlar		Bölüt Tabanlı Sonuçlar		Piksel Tabanlı Sonuçlar		Bölüt Tabanlı Sonuçlar	
	Genel Hata (%)	Kappa	Genel Hata (%)	Kappa	Genel Hata (%)	Kappa	Genel Hata (%)	Kappa
Haziran	51.67	0.41	59.61	0.51	56.96	0.48	63.84	0.56
Temmuz	76.01	0.71	84.12	0.81	79.18	0.75	85.36	0.82
Ağustos	65.43	0.58	70.54	0.64	76.01	0.71	78.30	0.73
Haziran-Temmuz	80.24	0.76	91.71	0.90	80.77	0.76	92.59	0.91
Haziran-Ağustos	70.54	0.64	82.54	0.78	81.48	0.77	88.88	0.86
Temmuz- Ağustos	79.36	0.75	86.59	0.83	82.36	0.78	86.59	0.83
Haziran-Temmuz-Ağustos	82.01	0.78	91.35	0.89	84.48	0.81	92.06	0.90

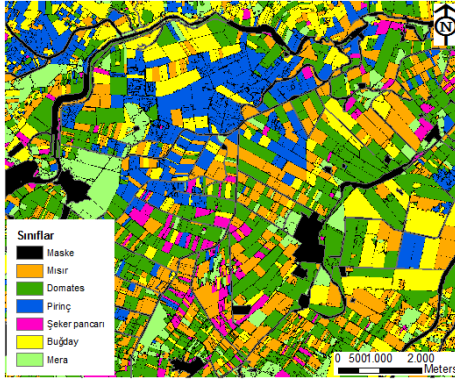
Tablo 3. Görüntüleme ait piksel ve bölüt tabanlı genel hata oranları

üretildiğini göstermiştir. Bunun nedeni, Haziran ayında bitkilerin gelişimlerinin henüz ilk aşamasında olması ve bu nedenle topraktan gelen spektral yansımaların bitkilerin spektral değerleri ve bitkilere ait spektral yansımaların birbirleri ile karışması olarak açıklanabilir. Haziran ayına ait Komsat-2 görüntüsünün Envisat ASAR verisi ile bölüt tabanlı sınıflandırılması sonucunda bu oran yaklaşık %5 artmıştır. Envisat ASAR verisinin sınıflamaya dâhil edilmesi ile tüm piksel tabanlı sonuçlar arasında en yüksek gelişme yaklaşık %10 ile Ağustos ve Haziran-Ağustos aylarına ait tematik haritalar için gözlenmiştir.

Komsat-2 görüntüsüne ait bölüt tabanlı sınıflandırma sonuçları en yüksek harita doğruluğunun yaklaşık %92 ile Haziran-Temmuz ve Haziran-Temmuz-Ağustos haritalarının olasılığa dayalı yöntemle birleştirilmesi yoluyla elde edildiğini göstermiştir. Envisat ASAR verilerinin analizlere dâhil edilmesi bu görüntülerin birleşimiyle elde edilen sınıflandırma doğrulukları üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Envisat ASAR verisinin sınıflamalara dâhil edilmesiyle en yüksek doğruluk Ağustos tarihli görüntü için %8 oranında

olmuş ve %78.30 genel doğruluk elde edilmiştir. Bu oranı, %6 ile Haziran-Ağustos tarihli tematik harita takip etmiş ve oldukça tatmin edici sonuçlar üretilmiştir (genel hata:%88.88, kappa: 0.86).

Tablo 4' te en yüksek doğruluğu (yaklaşık %92) sağlayan Haziran-Temmuz ayına ait hata matrisi verilmektedir. Ürün sınıflarına ait kullanıcı doğrulukları, tüm ürün türleri için %85'in üzerinde hesaplanarak oldukça yüksek sonuçlar gözlenmiştir. Sınıflar arasında en yüksek kullanıcı doğruluğu %99 ile mera sınıfı için hesaplanmıştır. Mera sınıfına ait kullanıcı doğruluğu da oldukça tatmin edicidir (97.89%). En yüksek kullanıcı doğruluğu yaklaşık %99 ile buğday sınıfı için hesaplanmıştır. Diğer taraftan en düşük fakat kabul edilebilir kullanıcı doğruluğu %83 ile domates ve mısır sınıfları için bulunmuştur. Domates sınıfı spektral benzerlikleri dolayısıyla en çok şeker pancarı ile karışırken mısır sınıfı için en çok karışma domates ve buğday ürünleri arasında gözlenmiştir. Şekil 6'da Komsat-2 ve Envisat ASAR verilerinin Haziran-Temmuz aylarına ait bölüt tabanlı tematik harita verilmektedir.



Şekil 5. Komsat-2 ve Envisat ASAR verilerinin Haziran-Temmuz aylarına ait bölüt tabanlı tematik harita sonucu

	Mısır	Mera	Pirinç	Şeker pancarı	Domates	Buğday	Sıra Toplamı	Kullanıcı Doğruluğu
Mısır	75	0	0	1	6	7	89	84.27
Mera	0	93	1	0	0	1	95	97.89
Pirinç	4	0	111	1	1	0	117	94.87
Şeker pancarı	4	0	1	85	0	1	90	94.44
Domates	0	1	1	11	69	1	83	83.13
Buğday	0	0	1	0	0	92	93	98.92
Kolon	83	94	114	98	76	102	567	
<b>Toplamı</b>								
Üretici Doğruluğu	90.36	98.93	97.36	86.73	90.78	90.19		
<b>Genel Hata (%): 92.59 Kappa: 0.91</b>								

Tablo 4. Renkli Komsat-2 ve Envisat ASAR görüntülerinin Haziran-Temmuz ayı birleşiminden oluşan ve bölüt tabanlı yaklaşımla üretilen tematik haritaya ait hata matrisi

## 5. SONUÇLAR

Sonuçlar, olasılığa dayalı çok tarihli görüntü sınıflandırma yaklaşımının bölüt tabanlı yaklaşımla birlikte kullanıldığında tarım alanları için güvenilir sonuçlar ürettiğini ortaya koymuştur. Elde edilen en yüksek doğruluk yaklaşık %92 ile Haziran-Temmuz ve Haziran-Temmuz-Ağustos ayları birleşiminden oluşan tematik haritalar için hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan olasılığa dayalı yöntem, farklı tarihler için DVM yöntemiyle üretilmiş tematik haritalara ait bilginin birleştirilmesinde hız bakımından ve farklı test alanlarına da uygulanabilirliği açısından etkili bir yöntemdir. Bölüt tabanlı yaklaşımın piksel tabanlı yaklaşımla üretilen harita doğruluklarını önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Görüntüleme için en uygun bölütlerin bulunabilmesi için yapılan analizler, güvenilir tematik haritaların üretilmesini sağlamıştır. Temmuz-Ağustos ayları birleşimine ait tematik harita dışında Envisat ASAR verilerinin sınıflandırmalara dâhil edilmesi tematik harita doğruluklarını belli oranlarda arttırmıştır. Özetle önerilen yaklaşımın tarım alanlarında yetiştirilen ürün türlerinin sınıflandırılması ile ilgilenen araştırmacılara ve tarımsal alanlar için yönetim planlarının geliştirilmesine fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Asar Ürün Kataloğu, 2009. Available Online at: <http://envisat.esa.int/handbooks/asar> (15 Kas.2009).

Ban Y., 2003, Synergy of multitemporal ERS-1 SAR and Landsat TM data for classification of agricultural crops. *Can.J. of Remote Sensing*. 29. pp. 518-526.

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. pp. 352-365.

Comaniciu D ve Meer P, 2002. Mean shift: a robust approach toward feature space analysis, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 24. pp. 603-619.

De wit, A. J. W. ve Clevers, J. G. P. W, 2004, Efficiency and Accuracy of Per-Field Classification for Operational Crop Mapping. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25. pp. 4091-4112.

ENVI Kullanım Klavuzu, 2007.

Gong, P. ve Howarth, P.J., 1990. The Use of Structural Information For Improving Land-Cover Classification Accuracies at the Rural-Urban Fringe, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56. pp. 67-73.

Lillesand, T. M. ve Kiefer, R. W. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, New York: John Wiley and Sons.

Liu L., Wang J., Bao Y., Huang W., Ma Z., Zhao C. 2006. Predicting winter wheat condition, Grain yield and protein content using multitemporal Envisat-ASAR and Landsat TM satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, 27. pp.737-753.

Lu, D. ve Q. Weng 2007), A Survey of Image Classification Methods and Techniques For Improving Classification Performance. *International Journal of Remote Sensing*. 28. pp. 823-870.

NIK SYSTEM, 2008. Komsat-2 technical notes. Available online at: [http://nik.com.tr/2008/tr/sistem/uydu\\_goruntuleri/komsat2.html](http://nik.com.tr/2008/tr/sistem/uydu_goruntuleri/komsat2.html).

PCI Geomatica, 2009. *Geomatica OrthoEngine Course Guide*. (Richmond Hill, ON: PCI Geomatics Enterprises Inc).

Smith, G. M. ve Fuller, R. M., 2001. An Integrated Approach to Land Cover Classification: An Example in the Island of Jersey. *International Journal of Remote Sensing*. 22. pp. 3123-3142.

Tso, B., ve Mather, P.M., 1999. Crop discrimination using multi-temporal SAR imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 20(12). pp.2443-2460.

Turker M. ve Arikan 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. pp. 3813-3830.

Türker, M. ve Özdarıcı, A. 2011. Field-Based Crop Classification Using SPOT4, SPOT5, IKONOS, and Quickbird Imagery for Agricultural Areas: A Comparison Study, *International Journal of Remote Sensing*. 32. pp. 9735-9768.

Vapnik, V., 1995. *The Nature of Statistical Learning Theory*. New York, Springer-Verlag.

Vapnik, V. 1998. *Statistical Learning Theory*. New York, Springer-Verlag.

Wang L., Gong P., Ying Q., Yang Z., Cheng X., ve Ran Q., 2010. Settlement extraction in the north china plain using Landsat and Beijing-1 multispectral data with an improved Watershed Segmentation algorithm, *International Journal of Remote Sensing*. 31. 1411-1426.