

[954]

GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMASI YOLUYLA GÖKTÜRK-2 GÖRÜNTÜSÜNDEN TARIMSAL ÜRÜN DESENİNİN BELİRLENMESİ: NEVŞEHİR - SARIHIDIR KÖYÜ KIZILIRMAK SAĞ SAHİL BANDI TARIM ARAZİLERİ PİLOT UYGULAMASI

*M.Cüneyt BAĞDATLI¹, Aslı ÖZDARICI OK², Ali Özgün OK³, Oktay ERDOĞAN⁴, Selçuk
ALBUT⁵ H. İbrahim OĞUZ⁴*

¹Yrd. Doç. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Biyosistem Müh. Bölümü, 50300, Nevşehir, cuneytbagdatli@gmail.com

²Yrd. Doç. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, 50300, Nevşehir, asliok@nevsehir.edu.tr

³Doç. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, 50300, Nevşehir, ozgunok@nevsehir.edu.tr

⁴Doç. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Biyosistem Müh. Bölümü, 50300, Nevşehir, oktaye@gmail.com

⁵Prof. Dr., Namık Kemal Üniversitesi, Biyosistem Müh. Bölümü, 59030, Tekirdağ, salbut@nku.edu.tr

⁶Doç. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Biyosistem Müh. Bölümü, 50300, Nevşehir, hioguz@nevsehir.edu.tr

ÖZET

Alçak uydu yörüngesinde yer alan çok sayıda gözlem uydusu Dünya üzerinde arzu edilen bölgelere ait görüntüler çekebilmektedir. Bu bağlamda Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK Başkanlığı ve TÜBİTAK UZAY – TUSAŞ iş ortaklığıyla geliştirilen ve 18 Aralık 2012 tarihinde yörüngeye oturtulan Göktürk-2 yer gözlem uydusu, Türkiye'nin savunma, çevre, şehircilik, tarım ve ormancılık alanlarında ihtiyaçlarına cevap vermektedir. Bu çalışmada 06.08.2015 tarihinde Nevşehir ilinin Sarıhidir yöresi için kaydedilen Göktürk-2 verisi kullanılarak tarım alanında yetiştirilen ve bölge için önem değeri yüksek olan ürün türleri sınıflandırılmıştır. Görüntü sınıflandırması, güvenilirliği kanıtlanmış kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden En Çok Benzerlik (EÇB) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yöntemler yoluyla üretilen sonuçlar piksel ve parsel tabanlı olarak değerlendirilmiştir. En güvenilir sınıflandırma sonuçları, parametre hassasiyet testleri yardımıyla bulunan optimum parametre kombinasyonu yoluyla elde edilmiş ve sonuçlar hata matrisleri yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, görüntülere ait en yüksek doğruluk oranlarının DVM yöntemi ile parsel tabanlı sınıflama sonucunda elde edildiğini göstermiştir. Göktürk-2 genel doğruluk oranı DVM yöntemi sınıflandırılması yoluyla üretilen tematik harita için piksel tabanlı olarak %82.7 hesaplanmıştır. Parsel-tabanlı DVM yöntemi yoluyla üretilen genel doğruluk oranı %90.4 olarak kaydedilmiştir. Sonuçlar, parsel tabanlı sınıflandırma yönteminin ham sınıflandırma yöntemine ait sonuçlardan yaklaşık %8 oranında daha güvenilir olduğunu göstermiştir. Elde edilen Kappa verileri de bu sonuçları desteklemektedir. Nevşehir yöresine ait test edilen üç tarım ürünü (Arpa, Kabak-Yonca, Bağ-Nadas) ele alındığında sonuçların güvenilir haritalar üretilmesinde tarımla ilgilenen kurum ve kuruluşlara, karar vericilere ve bilim insanlarına yön vereceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Göktürk-2 Uydusu, Destek Vektör Makineleri (DVM), Arazi Sınıflandırması, Nevşehir

ABSTRACT

DETERMINATION OF AGRICULTURAL CROP PATTERNS FROM GOKTURK-2 IMAGES THROUGH IMAGE CLASSIFICATION: A PILOT STUDY OF FARMLAND REGIONS OF SARIHIDIR VILLAGE AT RIGHT BAND-COAST OF KIZILIRMAK RIVER, NEVSEHIR

Numerous observation satellites positioned in low Earth orbit can acquire images on specific areas around the world. In this sense, Göktürk-2 Earth observation satellite developed through a business partnership of The Ministry of Defence, TÜBİTAK and TÜBİTAK SPACE - TUSAŞ and put on orbit on 18 December 2012, responds to the needs of Turkey's defense, environment, urban planning, agriculture and forestry. In this study, Göktürk-2 dataset acquired on 06.08.2015 in the province of Sarıhidir village of Nevşehir was used to classify agricultural product types with high value importance within the province. The image classification was carried out with well-issued supervised classification methods, Maximum Likelihood (ML) and Support Vector Machine (SVM). The results produced by the classification methods were evaluated by pixel- and parcel-based strategy. The most reliable classification results were computed with the help of optimum parameter combination obtained through parameter sensitivity tests and the error matrices calculated. The results show that SVM method with parcel-based classification provided the highest accuracies. The pixel-based overall accuracy of SVM classification method was computed as 82.7% for the thematic map produced from the Göktürk-2. The parcel-based SVM method provided an overall accuracy result of 90.4%. The results showed that parcel-based classification method is more reliable than (around 8%) the raw results of the classification process. Kappa results obtained also supports this conclusion. Considering the results achieved for the three agricultural products (barley, pumpkin-clover, vineyard-fallow) belonging to the Nevşehir province, the results is expected to give direction to the institutions and organizations dealing with agriculture, decision makers, and scientists in the sense of producing more reliable thematic maps.

Keywords: Göktürk-2 Satellite, Support Vector Machines (SVM), Land Classification, Nevşehir Province

1.GİRİŞ

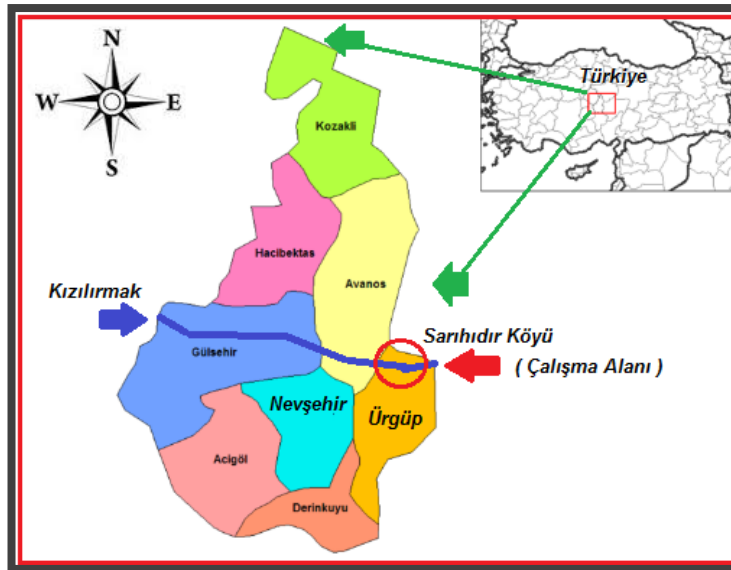
Gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında milli uydumuz olan Göktürk-2 tarafından kaydedilen Nevşehir ili Ürgüp ilçesi Sarıhıdır Köyü alanı ($\approx 25 \text{ km}^2$) üzerindeki başlıca tarım ürünlerinin (Arpa, Kabak/Yonca, Bağ/Nadas) görüntü sınıflandırması yoluyla ürün deseni haritaları üretilmiştir. Görüntüler literatürde popüler olan “*En Çok Benzerlik*” ve “*Destek Vektör Makineleri*” yöntemi kullanılarak piksel- ve parsel-tabanlı sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, her üç görüntüye ait genel doğruluğun %80’in üzerinde olduğunu göstermiştir. Çalışma ile ayrıca parsel verisi kullanılarak elde edilen tematik harita doğruluklarının piksel tabanlı sınıflandırma doğruluklarına olan üstünlüğü tekrar vurgulanmıştır. Bu konu özelinde literatürde yapılmış daha önceki çalışmalara ve adı geçen sınıflandırmalar ile ilgili detaylara Turker ve Ozdarici (2011), Ozdarici-Ok ve Akyurek (2012), Ozdarici-Ok vd. (2012) ve Ozdarici-Ok vd. (2015) çalışmalarında yer verilmiştir. Çalışmada kullanılan test alanı ve Göktürk-2 verisine ait bilgiler ile çalışma yöntemi aşağıda sunulmuştur.

2.MATERYAL ve METOD

2.1.Materyal

2.1.1.Çalışma Alanı

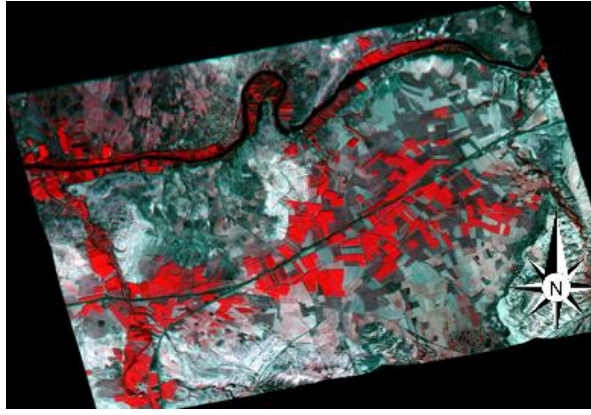
Bu çalışma Nevşehir il merkezinin doğusunda yer alan ve merkeze 25 km uzaklıktaki Ürgüp ilçesinin Sarıhıdır köyü tarım arazilerinde gerçekleştirilmiştir. İlgili çalışma alanı Nevşehir Kadastro Müdürlüğü tarafından sayısal ortama aktarılmış olup sayısallaştırma çalışmalarının tamamlandığı bir alan olması sebebiyle pilot çalışma çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Çalışma alanının yeri ve konu Şekil 1’de verilen harita üzerinde görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının yeri ve konumu

2.1.2.Göktürk-2 Uydu Görüntüsü Teknik Özellikleri

Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK Başkanlığı ve TÜBİTAK UZAY – TUSAŞ İş Ortaklığıyla geliştirilen ve 18 Aralık 2012 tarihinde yörüngeye oturtulan Göktürk-2 yer gözlem uydusu, Türkiye'nin savunma, çevre, şehircilik, tarım ve ormancılık alanlarında ihtiyaçlarına cevap vermektedir (Küpçü, Teke, Çabuk, 2014). Güneşe eş zamanlı yörüngede hizmet veren uydunun yörünge yüksekliği $\approx 700 \text{ km}$, dünya çevresindeki tur süresi ≈ 98 dakika ve tekrar ziyaret zamanı ortalama 2.5 gündür. Uydu, 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip mavi (0.450-0.520 μm), yeşil (0.520-0.600 μm), kırmızı (0.630-0.690 μm) ve yakın-kızıl ötesi (0.760-0.900 μm) çok bantlı görüntüler üretebildiği gibi 2.5 m mekânsal çözünürlükte pankromatik (0.450-0.900 μm) görüntüler de çekebilmektedir. Uydu ayrıca 20 m mekânsal çözünürlüğe sahip kısa dalga kızıl ötesi (1-2.4 μm) bantlar da sağlayabilmektedir. Görüntüler 8 bit veya 11 bit radyometrik seviyede üretilebilmektedir (URL2). Şekil 2’de çalışma alanına ait alanın 5 Ağustos 2015 tarihinde çekilmiş Göktürk-2 uydu görüntüsüne yer verilmiştir.



Şekil 2. Yalancı renk kombinasyonu ile sunulmuş test alanının Göktürk-2 görüntüsü

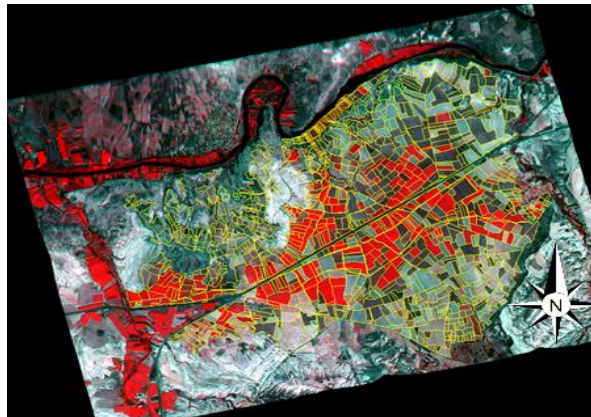
2.2. Metod

2.2.1. Uydu Görüntülerinin Geometrik Düzeltilmesi

Göktürk-2 uydu görüntüsü çalışma alanına ait eğimin az olması nedeniyle alanın parsel verisi kullanılarak belirgin noktalardan toplanan 10 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) yardımıyla polinom tabanlı düzeltilmiştir. Göktürk-2 verisinin geometrik düzeltme işlemi sonucunda elde edilen karesel ortalama hata miktarı 1 pikselin altında hesaplanmıştır.

2.2.2. Tarım Parsellerinin Sayısallaştırılması

Alana ait hassas sayısal parsel bilgileri Nevşehir Tapu Kadastro Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Temin edilen veride eksik olan tarım parselleri bilgisayar ortamında ArcMap v.10.3.1 yazılımı kullanılarak bir uzman tarafından elle sayısallaştırılarak mevcut veri güncellenmiştir. Güncelleştirme işlemi sırasında alan içerisinde birden çok ekim yapılmış parseller de bölünerek her parselde tek bir ürün türü olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 3'de Göktürk-2 verisi üzerine oturtulmuş güncel parsel verisi (sarı renkte) görülmektedir.



Şekil 3. Güncellenmiş parsel verisi ve Göktürk-2 uydu görüntüsü

2.2.3. Görüntü Sınıflandırması

Çalışmada tarımsal ürünlerin sınıflandırılması için güvenilirliği kanıtlanmış En Çok Benzerlik (EÇB) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemleri kullanılmıştır. Her iki yöntem de sınıflandırma öncesinde sınıflara ait tanımlanmış örnek alanlara gereksinim duymaktadır (*kontrollü sınıflandırma*). Bu nedenle Göktürk-2 görüntüsünden sınıflara ait örnek alanlar toplanmış görüntü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

EÇB yöntemi, sınıflandırma öncesinde tanımlanan örnek alanlara bağlı olarak görüntüyü oluşturan her bir piksel için olasılık hesaplar ve en yüksek olasılık değerini piksele etiket olarak atar (Eş. 1). Yöntem, sınıflandırma işleminde kullanılacak örnek verinin normal dağılıma sahip olduğu varsayımına dayanır (Lillesand vd. 2005).

$$p_i = -\frac{1}{2} \log_e |v_i| - \left[\frac{1}{2} (X - M_i)^T V_i^{-1} (X - M_i) \right] \quad (1)$$

M_i sınıfına ait ortalama vektörü, V_i sınıfına ait kovaryans vektörü, X , görüntüdeki piksellere ait yansıma değerini, p_i , her sınıfa ait olasılık değerini ifade etmektedir.

DVM yöntemi ise, 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 sınıfı birbirinden ayırmak için $\{-1,+1\}$ şeklinde etiketleme yapılabilen doğrusal sınıflandırma problemlerini çözmek için tasarlanmıştır. Doğrusal problemlerde hiper-düzlemler iki sınıfı birbirinden etkin şekilde ayırabilmek için 'mesafe (margin)' denilen en yüksek açıklık seviyesine sahip olmalıdır (Vapnik 1995). Daha açık bir ifadeyle DVM yöntemi, hiper-düzlem ve örnek pikseller arasındaki uzaklığı en yüksek düzeyde tutmaya yarayan optimum hiper-düzlemi tanımlama mantığına dayanır. Optimum hiper-düzlemler üzerinde kalan pikseller destek vektörlerini oluşturur ve görüntüdeki bilinmeyen piksellerin sınıflandırılmasında kullanılır (Eş. 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, α_i pozitif Lagrangian çarpanlarını, $x \in \mathbb{R}^N$ 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 ξ (slack) değişkeni eklendiğinde Eş. 2'deki formül Eş. 3'teki halini alır ve en uygun problem çözümü, kullanıcı tarafından tanımlanan C (penalty) parametresinin eklenmesi ile Eş. 4'deki gibi hesaplanır.

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

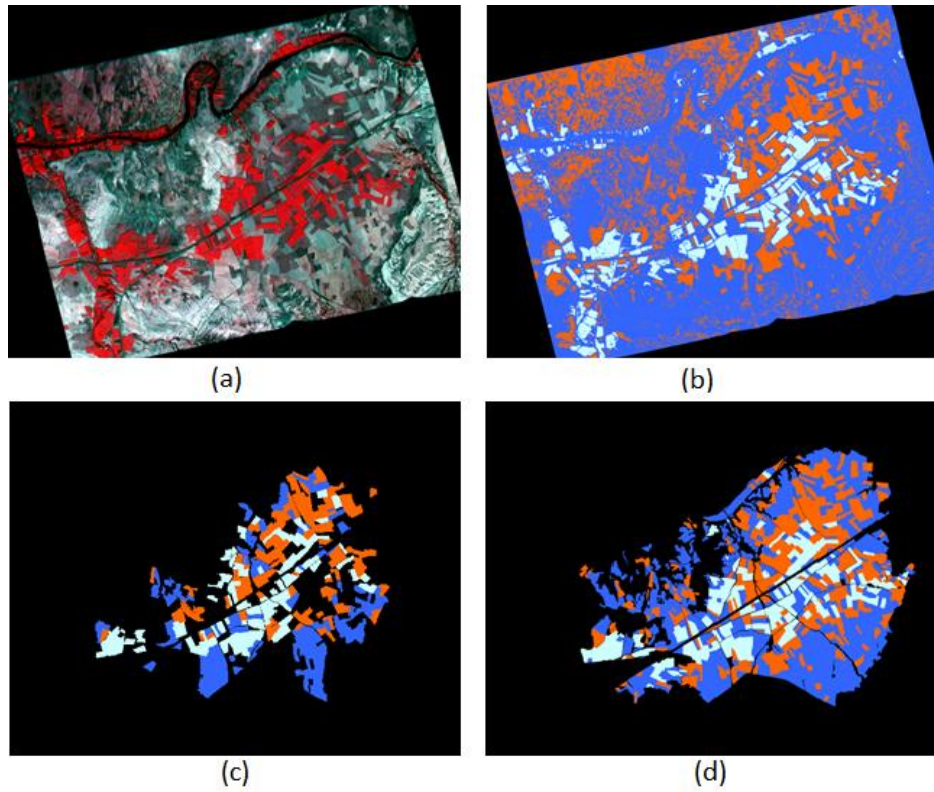
$$\min \left\{ \frac{\|w\|^2}{2} + C \sum_{i=1}^n \xi_i \right\} \quad (4)$$

C parametresinin artışı ile piksellerin yanlış sınıflara atanma olasılığı doğru orantılıdır (Tso ve Mather, 2009).

DVM performansını çok boyutlu uzayda etkin hale getirebilmek için çeşitli kernel tipleri tanımlanmıştır (örn. doğrusal, polinom, radyal tabanlı fonksiyon ve sigmoid) (Vapnik 1995). Radyal tabanlı fonksiyon kernelinin genellikle analizlerde en güvenilir sonucu verdiği gözlenmiş bu nedenle bu projede bu kernel tipi kullanılmıştır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Görüntüye piksel tabanlı EÇB sınıflandırma algoritması uygulanması sonucunda 3 ürün türüne ait (Arpa, Kabak/Yonca, Bağ/Nadas) tematik haritalar elde edilmiştir. Ardından görüntüler parsel verisi ile karşılaştırılarak parsel içine düşen ve en çok tekrarlanan piksel sınıfı, parsel etiket olarak atanmış ve bu sayede görüntülerin parsel tabanlı sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir. Şekil 4'de Göktük-2 verisi, EÇB sınıflandırma sonucu, referans parseller ve parsel-tabanlı sınıflandırma sonucu verilmiştir.



Şekil 4. (a) Göktürk-2 uydu görüntüsü (4-bant) (yalancı renk kombinasyonu), (b) piksel-tabanlı EÇB sınıflandırma sonucu, (c) referans parsel haritası, (d) parsel-tabanlı sınıflandırma sonucu (turuncu: arpa, açık mavi: kabak/yonca, koyu mavi: bağ/nadas)

Üretilen piksel ve parsel tabanlı hata matrisleri sonuçlarına göre piksel-tabanlı genel doğruluk oranı %81.4 ve kappa değeri %71.7 olarak hesaplanmıştır. Parsel-tabanlı üretilen tematik haritaya ait sonuçların piksel-tabanlı hesaplanan doğrulukları genel doğruluk ve kappa için sırasıyla %6 ve %10 oranında arttırdığı gözlenmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında parsel-tabanlı görüntü sınıflandırma yaklaşımının ürün deseni haritalaması için piksel-tabanlı sınıflandırma yaklaşımından daha avantajlı olduğunu söylemek mümkündür. Çizelge 1’de Göktürk-2 (4-bant) görüntüsüne ait piksel ve parsel-tabanlı hata matrisleri verilmiştir.

Çizelge 1. Göktürk-2 (4-bant) görüntüsüne ait (a) piksel- ve (b) parsel-tabanlı hata matrisleri

	Arpa	Kabak/Yonca	Bağ/Nadas	Üretici D.
Arpa	298455	3652	49706	%81.8
Kabak/Yonca	5021	243667	795	%73.0
Bağ/Nadas	61558	86448	361738	%87.7
Kullanıcı D.	%84.8	%97.7	%71.0	
Genel Hata: %81.4 Kappa: %71.7				

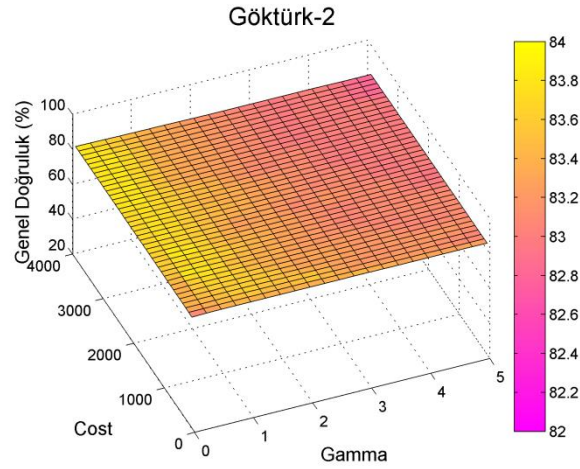
Göktürk-2 görüntüsüne ait piksel-tabanlı hata matrisi

	Arpa	Kabak/Yonca	Bağ/Nadas	Üretici D.
Arpa	102	2	12	%88.4
Kabak/Yonca	0	91	1	%82.7
Bağ/Nadas	14	17	131	%91.0
Kullanıcı D.	%88.4	%98.9	%80.9	
Genel Hata: %87.7 Kappa: %81.4				

Göktürk-2 görüntüsüne ait parsel-tabanlı hata matrisi

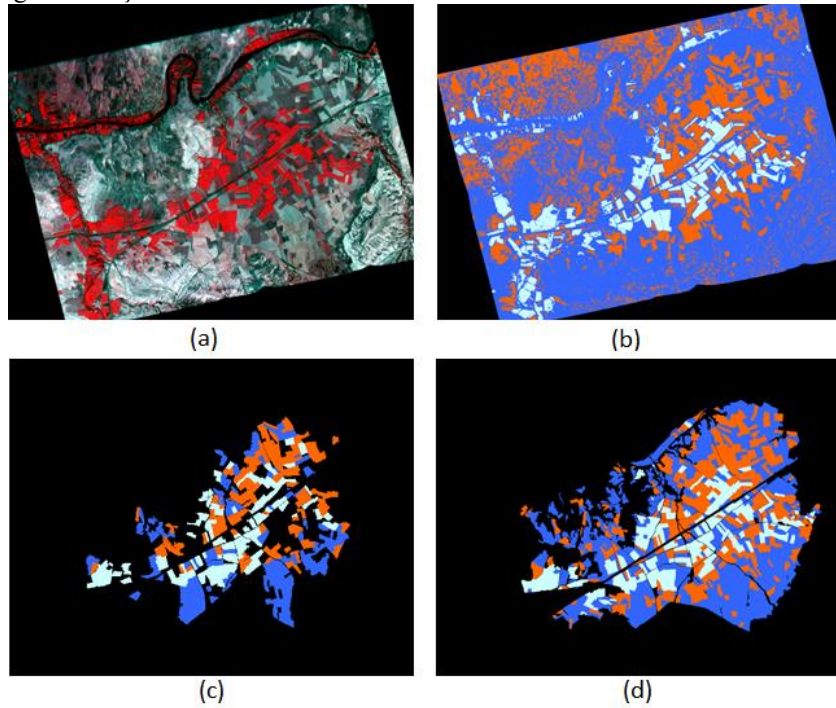
Göktürk-2 görüntüsü DVM yöntemi ile sınıflandırılmış ve sonuçlar piksel- ve parsel-tabanlı olarak değerlendirilmiştir. DVM yöntemi ile sınıflandırılması sonucunda en uygun doğruluğu bulabilmek amacıyla

parametre testleri gerçekleştirilmiştir. Parametre testleri sonucunda genel doğruluk, gamma ve cost değerleri gözetilerek hesaplanan optimum sınıflandırma bulgularına ilişkin grafikler Şekil 5’de verilmektedir. Şekilde gösterilen açık sarı renkler sınıflandırma doğruluğunun yüksek olduğu parametre kombinasyonlarını, koyu pembe renkler ise düşük olduğu durumları ifade etmektedir.



Şekil 5. DVM Parametre testleri sonucu

Göktürk-2 uydu görüntüsü ve DVM sınıflandırması kullanılarak elde edilen piksel- ve parsel-tabanlı tematik haritalar Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Göktürk-2 uydu görüntüsü (yalancı renk kombinasyonu), (b) piksel-tabanlı DVM sınıflandırma sonucu (cost:900, gamma:0.5), (c) referans parsel haritası, (d) parsel-tabanlı sınıflandırma sonucu (turuncu: arpa, açık mavi: kabak/yonca, koyu mavi: bağ/nadas)

Görüntü sınıflandırmalarına ilişkin genel doğruluk, kappa ve sınıf doğrulukları Çizelge 2’de verilmektedir. Göktürk-2 uydu görüntüsü için üretilen hata matrislerinden piksel-tabanlı üretilen tematik haritaya ait genel doğruluğun %83.8, kappa değerinin %75.4 ve parsel-tabanlı genel doğruluğun %88.3, kappa değerinin %82.2 olduğu görülmektedir. Ürünlere ait doğruluklar incelendiğinde Kabak/Yonca sınıfı için hesaplanan üretici doğruluğu (%77.8) dışındaki ürün doğruluklarının %80’in üstünde olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 2. Göktürk-2 görüntüsünün DVM yöntemi sonucunda üretilmiş (a) piksel- ve (b) parsel-tabanlı hata matrisleri

	Arpa	Kabak/Yonca	Bağ/Nadas	Üretici D.
Arpa	317451	7970	56959	%87.0
Kabak/Yonca	7964	259551	1775	%77.8
Bağ/Nadas	39619	66246	353505	%85.8
Kullanıcı D.	%83.0	%96.4	%77.0	
Genel Hata: %83.8 Kappa: %75.4				

Piksel-tabanlı hata matrisi

	Arpa	Kabak/Yonca	Bağ/Nadas	Üretici D.
Arpa	107	2	14	%88.4
Kabak/Yonca	2	95	1	%86.4
Bağ/Nadas	12	13	129	%89.6
Kullanıcı D.	%87.0	%96.9	%83.8	
Genel Hata: %88.3 Kappa: %82.2				

Parsel-tabanlı hata matrisi

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü milli uydumuz olan Göktürk-2'den elde edilen uydu görüntüsü Nevşehir ilinde yer alan bir tarım alanında yetiştirilen 3 önemli ürün türünü sınıflandırmak amacıyla kullanılmıştır. Sınıflandırmalar EÇB ve DVM yöntemleri ile piksel- ve parsel-tabanlı gerçekleştirilerek hata matrisleri yoluyla genel doğruluk, kappa değerleri ile ürünlere ait üretici ve kullanıcı doğrulukları hesaplanmıştır. Sonuçlar, tematik harita doğruluklarının %90'a yakın olduğunu göstermiştir. Çalışma ile EÇB algoritması yöntemi ile hesaplanan doğrulukların DVM yöntemi ile hesaplanan sonuçlara yakın olduğu gözlenmiştir. Dikkat çekilmesi gereken önemli nokta, parsel-tabanlı analiz sonuçlarının piksel-tabanlı analiz sonuçlarına olan üstünlüğüdür. Alanın parsel verisi olması durumunda bu verinin görüntü sınıflandırmalarına dahil edilerek sınıflandırma doğruluğunu iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Üretilen sonuçların bölgede tarımın gelişmesi ve güvenilir plan kararlarının alınabilmesi açısından karar vericilere ışık tutacağı öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi NEÜBAP15F15 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan Göktürk-2 uydu görüntüsünün mülkiyeti Genelkurmay Başkanlığı'na aittir ve tüm hakları Genelkurmay Başkanlığı tarafından saklı tutulmaktadır. İlgili kurumlara katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Küpçü, R., Teke, M., Çabuk, A.**, 2014, RASAT ve Göktürk-2 Görüntülerinin Ortorektifikasyon Başarımına Referans ve Sayısal Yükseklik Modeli Seçiminin Etkisi, 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*.
- Lillesand, M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W.**, 2005, *Remote Sensing and Image Interpretation, 5th ed.*, p. 638 (Hoboken, NJ: Wiley).
- Ozdarici-Ok, A., Ok, A.O., Schindler, K.**, 2015, Mapping of Agricultural Crops from Single High-Resolution Multispectral Images – Data-driven Smoothing vs. Parcel-based Smoothing, *Remote Sensing*, 7(5), 5611-5638.
- Ozdarici-Ok A., Akyurek Z.**, 2012, A Segment-Based Approach to Classify Agricultural Lands by Using Multi-Temporal Optical and Microwave Data, *International Journal of Remote Sensing*, 33, 7184-7204.
- Ozdarici-Ok A., Akar, O., Gungor, O.**, 2012, Evaluation of Random Forest Method for Agricultural Crop Classification, *European Journal of Remote Sensing*, 45, 421-432.
- Tso, B., Mather, P.M.**, 2009, *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, USA: Taylor & Francis Group, LLC.
- Turker, M., Ozdarici, 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, 9735-9768.
- URL1.** http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=49
- URL2.** <https://www.tai.com.tr/tr/proje/gokturk-2>
- Vapnik, V.**, 1995, *The Nature of Statistical Learning Theory*, New York: Springer-Verlag.