

# İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARDIMI İLE TARIMSAL ALANLARDA YEŞİL BANT NORMALİZE EDİLMİŞ BİTKİ İNDEKSİ HESAPLANMASI

Uğur Avdan<sup>1</sup>, Özge Bilget<sup>2</sup>, Resul Çömert<sup>3</sup>, Erdiñ Savaşlı<sup>4</sup>, Oğuz Önder<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Yard. Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Tepebaşı, Eskişehir, [uavdan@anadolu.edu.tr](mailto:uavdan@anadolu.edu.tr)

<sup>2</sup>Yüksek Lisans Öğrencisi, Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Tepebaşı, Eskişehir, [ozgebilget@gmail.com](mailto:ozgebilget@gmail.com)

<sup>3</sup>Araştırma Görevlisi, Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Tepebaşı, Eskişehir, [rcomert@anadolu.edu.tr](mailto:rcomert@anadolu.edu.tr)

<sup>4</sup>Ziraat Mühendisi Geçitkuşuğu Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü, Tepebaşı, Eskişehir, [esavasli@yahoo.com](mailto:esavasli@yahoo.com)

<sup>5</sup>Ziraat Yük. Mühendisi Geçitkuşuğu Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Tepebaşı, Eskişehir, [oguzndr@gmail.com](mailto:oguzndr@gmail.com)

## ÖZET

Günümüzde gelişen teknolojilere paralel olarak tarımsal alanlarda verimlilik tahmini çalışmalarında genellikle uydu görüntülerinden faydalanılmaktadır. Son yıllarda birçok alanda kullanılmaya başlanan insansız hava araçları (İHA), tarımsal uygulamalarda da kendisine yer bulmuştur. Küçük alanları içeren çalışmalarda İHA'lar sahip olduğu özellikler sayesinde uydu görüntülerine göre pek çok avantaja sahiptir. İHA'lar dan elde edilen görüntüler daha yüksek çözünürlüğe sahiptir, zamandan tasarruf sağlar, daha düşük maliyetlidir ve bulutlanma gibi hava şartlarından daha az etkilenir.

Bu çalışma Eskişehir Geçitkuşuğu Tarımsal Araştırmalar Enstitüsünde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 1.2-5m boyutlarında 96 adet parsel incelenmiştir. Bu parsellerde 4 farklı buğday genotipi ve 6 farklı azot dozu uygulaması yapılmıştır. Çalışma alanında her genotip için 24 adet parsel yer almaktadır. Çalışma insansız hava aracı ile gerçekleştirilmiştir. 16 mega piksel NIR kamera ile 97.5m. Yükseklikten uçularak 3cm yer örneklem aralığına sahip görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntülerden Yeşil band normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (GNDVI) değerleri hesaplanmıştır. Aynı parsellerin yersel spektrometre ölçümleriyle Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) değerleri elde edilmiştir. Çalışma sonunda yersel spektrometre ile elde edilen NDVI değerleri ile İHA ile elde edilen GNDVI değerleri karşılaştırılmış ve yersel spektrometre ile yapılan ölçümlerle İHA dan elde edilen değerler arasında yüksek korelasyonun olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Azot dozu, GNDVI, İHA

## ABSTRACT

### CALCULATING GREEN BAND NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX ON THE AGRICULTURAL AREA WITH THE HELP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Nowadays through the advancing technology, satellite images are used for the studies of estimation productivity in agricultural areas. In recent years, unmanned aerial vehicles (UAV) are being used in many areas like agricultural applications. UAV's has many advantages in compliance with satellite images on smaller areas. High resolution, saving time, low costs, and non-affected by cloudy weather are some advantages of UAV images.

The workspace is Transitional Zone Agricultural Research Station (GKTAEM) in Eskişehir, Turkey. In the study 96 parcels in size 1.2-5 m has been examined. In these parcels 4 different wheat genotype and 6 different nitrogen dose application has been done. There are 24 parcels for every genotype in the field. The study has been made with the help of UAV that has a 16 mp NIR camera on board. Flight performed in 97,5 m height from the ground and 3 cm location sampling images was obtained. Green band normalized difference vegetation index (GNDVI) values calculated from these images. Same parcels measured with terrestrial spectrometer and normalized difference vegetation indexes (NDVI) has been obtained. As a result of the study, NDVI values, which obtain with terrestrial spectrometer and NDVI values, which obtained with UAV has been compared and high correlation between these values.

**Keywords:** Nitrogen dose, GNDVI, UAV

## 1. GİRİŞ

Günümüzde 6 milyar civarında olan dünya nüfusunun gelecek yüzyıllar içerisinde 9 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir. Dünya nüfusunun hızlı artışı karşısında arazi ve diğer üretim faktörlerinin aynı oranda arttırılmaması sonucunda, nüfusun beslenmesi ve açlıkla mücadele edilebilmesi için tarımda yoğun olarak gübre ve ilaç uygulamaları ortaya çıkmıştır (Emekli ve Topakçı, 2009). Ancak bu tarımsal girdi maddelerin gereğinden az kullanılması istenilen verime ulaşılmasını engellerken fazla kullanılması ise tarımsal kirliliğe neden olmaktadır. Günümüzde tarımsal üretim girdilerinin çevreye olan etkileri ve girdi maliyetlerinin azaltılması yönündeki baskılar gelişen teknolojiyle birlikte hassas tarım uygulamalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Vatandaş, 2005).

Hassas tarım genel olarak doğru zamanda, doğru yerde, doğru yönetim tercihlerinin yapılması ile gübre, yabancı ot öldürücü, tohum, yakıt (toprak işleme, ekim, hasat, ilaçlama vb.) gibi tarımsal girdi ürünlerinin en iyi şekilde yönetilerek çevreye olan etkilerinin en aza indirilmesini amaçlar. Geleneksel yönetimin altındaki tarım alanlarında gübreleme, sulama ve tohum uygulamaları, tüm alan için aynı şekilde uygulanırken, hassas tarım uygulamaları ile

bu alanlar farklı toprak tipleri, arazi konumları ve yönetim tarihlerine göre özelleştirilerek farklı uygulama bölgelerine bölünmekte ve gerekli uygulamalar bu bölgelere göre yapılmaktadır (Mulla, 2013).

Hassas tarım uygulamalarında kullanılan başlıca bileşenler: Küresel Konumlama Sistemleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileridir (Genç ve ark., 2008). Hassas tarım değişken oranlar ilkesiyle gerekeni, gerektiği yere, gerektiği zaman, gerektiği kadar kullanımı temel almış olan bir teknoloji olduğu için, konumsal bilgi ana girdisini oluşturmaktadır. Konumsal bilgi ise çağın gerektirdiği hız ve kalitede uydu bazlı GNSS ve UA teknolojileri kullanılarak üretilir. Bu konumsal bilgilerle bütünleşik olarak toplanan her türlü kaynak, malzeme ve olguya ait öznitelik bilgileri, CBS ortamında depolanıp, analiz edilip, sunularak güçlü bir karar destek sistemi oluşturulur. Sonuç olarak ürün rekolte ve verim üzerinde etkin olan tüm parametrelerin birlikte değerlendirildiği en doğru kararların verilebildiği güçlü bir tarımsal yönetim sistemi ortaya konulmuş olur (Kalaycı, 2010).

Tarım alanlarında bitki indekslerinin belirlenmesinde yersel ve uzaktan algılama sensörleri kullanılmaktadır. Uydu ve uçaklarda yer alan sensörle yapılan uzaktan algılama uygulamalarında, bulutlu havalarda elde edilen görüntülerin tarımsal alanda kullanılamaması, konumsal çözünürlüklerinin az olması, uydulardan istenildiği zaman görüntü elde edilememesi ve uçak sistemlerinin çok pahalı olması gibi sorunlar tarım alanlarında kısıtlamalara neden olmaktadır. Yersel sensörlerle yapılan ölçüm işleminde ise zaman kaybı, fazla insan gücüne ihtiyaç duyulması ve ekim alanlarının işlem sırasında zarar görmesi gibi problemler mevcuttur. Son yıllarda birçok alanda kullanılmaya başlanan insansız hava araçları, tarımsal uygulamalarda da kendisine kullanım alanı bulmaya başlamıştır. İHA'lar sahip olduğu özellikler sayesinde uydu görüntüleri ve yersel ölçümlere göre avantajlar sunmaktadır. İHA'lardan elde edilen görüntülerin yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip olması, zamandan ve insan gücünden tasarruf sağlaması, daha düşük maliyetli olması, esnek kullanım kabiliyeti ve bulutlu hava şartlarında ölçüm yapabilmesi İHA sistemlerinin avantajları olarak sıralanabilir (Lelong vd. 2008; Xiang ve Tian 2011; Zhang ve Kovac 2012, Hunt vd. 2014).

Gelişmiş birçok ülkede İHA sistemleri kullanılarak hassas tarım uygulamaları amaçlı çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda insansız hava araçlarından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak; farklı genotip ve farklı azot seviyesi içeren küçük buğday parsel alanlarının izlenmesi için NDVI, LAI ve GNDVI ile toplam azot içeriği (NQ) arasında ilişkinin araştırılması (Lelong vd, 2008), pirinç ürününe ait biokütle ve verim tahmini yapılması (Swain vd. 2010), ürün izleme amaçlı olarak kışlık buğday ürünü ekili alanlarda GNDVI ve LAI arasındaki ilişkisinin araştırılması (Hunt vd. 2010), zeytin alanlarının izlenmesi amaçlı olarak NDVI, LAI, Toprak Işımasına Göre Ayarlanmış Bitki Örtüsü İndisi (SAVI), su stresi için Fotokimyasal Yansıtım İndeksi (PRI) hesaplanması (Berni vd. 2009), üzüm bağı alanlarının izlenmesi (Primicerio vd. 2012), sulu ve kuru koşullarda yetişen buğdayların biokütle ve LAI değerlerinin hesaplanması (Hunt vd. 2011), tarımsal alanların haritalanması ve tarım havzaları için sayısal yükseklik modelinin oluşturulması (Quédraogo vd. 2014), 3 boyutlu nokta bulutu ile tarım alanlarının modellenmesi ve LAI tahmininin yapılması (Mathews ve Jensen, 2013), gibi uygulamalar yapılmaktadır.

Bu çalışma, Eskişehir Geçitkuşuğu Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM) deneme tarlalarında gerçekleştirilmiştir. Deneme tarlalarında 96 adet parsel oluşturulmuştur. Parsellere 4 farklı buğday çeşidi ekilmiş ve her bir çeşide 6 farklı azot dozu uygulaması yapılmıştır. Bu kapsamda ilkbahar Zedoks 30 döneminde (Buğday sapa kalkma başlangıcı)yersel ölçüm teknikleri ile her bir parselin NDVI değerleri ölçülmüştür. Yersel ölçümlerin yapıldığı aynı gün içinde çalışma alanının insansız hava aracı ile görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen görüntülerden her bir parsel için GNDVI değeri hesaplanmıştır. Yersel yöntemle elde edilen NDVI değerleri ile İHA görüntülerinden üretilen GNDVI değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda her iki teknikte elde edilen bitki indeksleri arasında yüksek korelasyon olduğu gözlemlenmiştir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışma Eskişehir Geçitkuşuğu Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM) deneme tarlalarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

Bu tarlalarda GKTAEM araştırmacıları tarafından çiftçilere gübre tavsiyesinde bulunmak için oluşturulan kuru ve sulu koşullarda kalibrasyon parselleri yer almaktadır. Çalışma kapsamında sulu koşullarda oluşturulan ve 96 parsel içeren kalibrasyon parselleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan her bir parselin boyutları 5 x 1.2 metredir. Oluşturulan kalibrasyon parsellerinde Alpu, Bezostaya, Kate-A ve Konya çeşitleri olmak üzere 4 farklı buğday çeşidi yer almaktadır. Bu buğday çeşitlerine 0, 4, 8, 12, 16, 20 N kg/da olmak üzere 6 farklı azotlu gübre uygulanmıştır. Azot seviyesi ve buğday çeşitleri olmak üzere 2 faktörden oluşan deneme, Tesadüf Bloklarında Faktöriyel desenine göre 4 tekrerrürlü olarak yürütülmüştür. Şekil 2’de oluşturulan deneme desen planı gösterilmiştir.

<b>T4</b>	B3	E1	A5	K4	A2	E6	E2	A3	K1	B4	B6	E5	K2	A6	B1	A4	K5	K3	B2	B5	E3	A1	K6	E4
<b>T3</b>	E5	B6	A3	E2	B4	K1	K3	A6	K5	K2	A4	B1	B5	E4	A1	B2	E3	K6	K4	A2	A5	E6	E1	B3
<b>T2</b>	A6	K3	K2	B1	K5	A4	A1	B5	E4	K6	B2	E3	K4	A5	E6	B5	A2	E1	A3	K1	E2	E5	B4	B6
<b>T1</b>	B2	E4	K6	B5	A1	E3	K4	E1	E6	B3	A5	A2	A3	K1	B6	E5	E2	B4	K5	A6	A4	K3	B1	K2

Şekil 2. Uygulama yapılan parsellere ait deneme deseni

Plan üzerinde yer alan kodların açılımı aşağıdaki gibidir;

**Tekerrür Sayısı:** T1, T2, T3, T4: 1’den 4’e kadar deneme tekrerrür blokları.

**Çeşitler:** A: Alpu, B: Bezostaya1, K: Konya, E: Kate-A

**Azot Seviyeleri:** 1: 0 kg N/da, 2: 4 kg N/da, 3: 8 kg N/da, 4: 12 kg N/da, 5: 16 kg N/da, 6: 20 kg N/da.

Parsellere buğday ekimi Ekim ayının ilk yarısında gerçekleştirilmiştir. Tüm buğday ekimlerinde, sulu şartlarda 450 dane / metrekaare tohum sıklığı kullanılmıştır. Tarlada erken dönemde varyasyon oluşturabilmek amacıyla, belirtilen seviyelerdeki azotun tamamı, ekimle birlikte amonyum nitrat (%33 N) gübresi şeklinde parsellere uygulanmıştır.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında yersel ölçüm işleminde, GreenSeeker (Ntech Handheld 505) Spektrometre cihazı ile kullanılmıştır (Şekil 3). Sistem, spektral yansıma prensibine göre çalışmakta olup, bu değerleri değişik dalga boylarındaki yansımalar üzerinden hesaplamaktadır (Peñuelas vd., 1993). Cihaz ile NDVI ölçüm işlemi algılayıcı sensör bitki örtüsünden 80 cm yukarıda olacak şekilde tutulup, parsel uzunluğu boyunca sabit hızla yürünerek yapılmaktadır. Sensör ile tarlada yapılan okumalar daha sonra kullanılmak üzere depolanmaktadır. Cihazın NDVI ölçümü için kullandığı eşitlik aşağıda gösterilmiştir (Eşitlik 1).

$$NDVI = (R_{NIR} - R_{RED}) / (R_{NIR} + R_{RED}) = (R_{900} - R_{680}) / (R_{900} + R_{680}) \quad (1)$$

**NDVI:** Normalize edilmiş fark bitki indeksi değeri,

**R (Reflectance):** Bitkilerden elde edilen spektral yansımaya, altsimgе rakamlar ise ışınların dalga boyunu (nm) göstermektedir.



Şekil 3. NTech, GreenSeeker Model 505, spektrometre.

Çalışma alanına ait hava fotoğraflarının elde edilmesi için tam otomatik uçuş yeteneğine sahip Sensefly eBee insansız hava aracı kullanılmıştır. İnsansız hava aracı iki farklı dijital kameraya sahiptir. Bu kameralardan birincisi elektromanyetik spektrumun görünür aralığında algılama yapan RGB kameradır. İkinci kamera ise elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi yeşil ve mavi dalga boyu aralığında algılama yapan NIRGB kameradır. Kameralar arasında farklı dalga boyunda yansıyan ışınımı kayıt etmeden başka hiçbir teknik farklılık yoktur. İHA ve üzerinde takılan kameralara ait teknik özellikler şekil 4 ve şekil 5’de gösterilmiştir.



- 96cm kanat genişliği
- 0.7kg ağırlık
- 45 dakika uçuş süresi
- 36 – 57 km/sa uçuş hızı
- 45 km/sa rüzgâr hızı dayanıklılığı
- 3 km’ye kadar radyo link kapasitesi
- 1.5 – 10 km<sup>2</sup> kaplama alanı
- 3 – 30 cm/piksel görüntü çözünürlüğü
- Doğrusal ve dairesel iniş

Şekil 4. Sensefly eBee insansız hava aracı özellikleri



- 4608 x 3456 çözünürlük
- 16.1 Megapiksel CMOS
- 4,3 – 21,5 mm odak uzaklığı
- 1/2000 sn deklanşör hızı
- 3200 ISO hassasiyeti
- f/2.7 – f/5.9 diyafram açıklığı
- Yaklaşık 135gr
- Akıllı görüntü sabitleme özelliği (Intelligent IS)

Şekil 5. Kamera teknik özellikleri

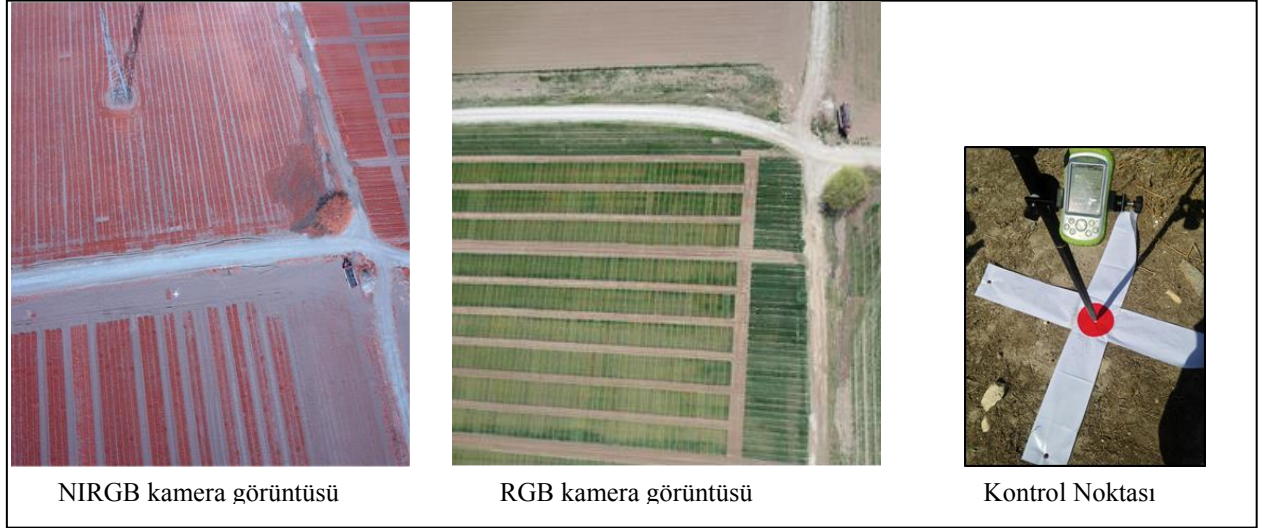
Çalışma kapsamında her iki kamerada alana ait fotoğrafların çekilmesi için kullanılmıştır. NIRGB kamera ile elde edilen görüntüler kullanılarak parsellere ait GNDVI değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$\text{GNDVI} = (\text{Yakın kızılötesi (NIR)} - \text{Yeşil}) / (\text{Yakın kızılötesi (NIR)} + \text{Yeşil}) \quad (2)$$

#### 4. UYGULAMA

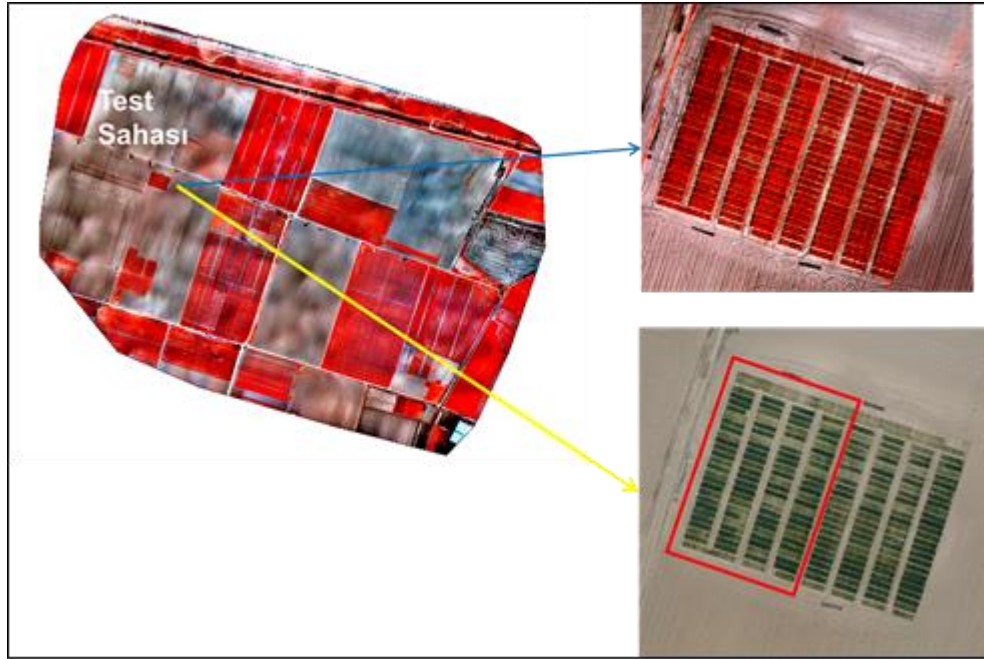
Parsellere ekilen buğdayların sapa kalkma başlangıcı olan Zedoks 30 döneminde çalışma alanında yersel teknikler ve İHA ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yersel ölçüm işleminde spektrometre ile 96 adet parsel için NDVI değerleri ölçülmüştür.

İnsansız hava aracı ile çalışma alanına ait görüntüleri elde etmek için iki farklı uçuş işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlardan birisi RGB kamera diğeri ise NIRGB kamera ile yapılmıştır. Uçuş işlemleri her bir uçuş için yaklaşık 35 dakika sürmüştür. Uçuş işlemi 96 metre yükseklikten yapılarak, çalışma alanına ait 3 cm yer örneklem aralığına sahip fotoğraflar çekilmiştir. Fotoğraflar enine %60 boyuna %75 bindirmeli olarak elde edilmiştir. RGB kamera ile 408, NIR kamera ile 405 adet fotoğraf çekilmiştir. Elde edilen fotoğrafların işlenmesi ve koordinatlandırılması için uçuş öncesi çalışma alanına kontrol noktaları yerleştirilmiştir. Kontrol noktalarının koordinatları, WGS84 UTM Zone 36N koordinat sisteminde TUSAGA-Aktif sistemine bağlı olarak 120 epok ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Şekil 6’da çalışma kapsamında kullanılan kontrol noktası, NIRGB ve RGB kameralarla elde edilen örnek görüntüler sunulmuştur.



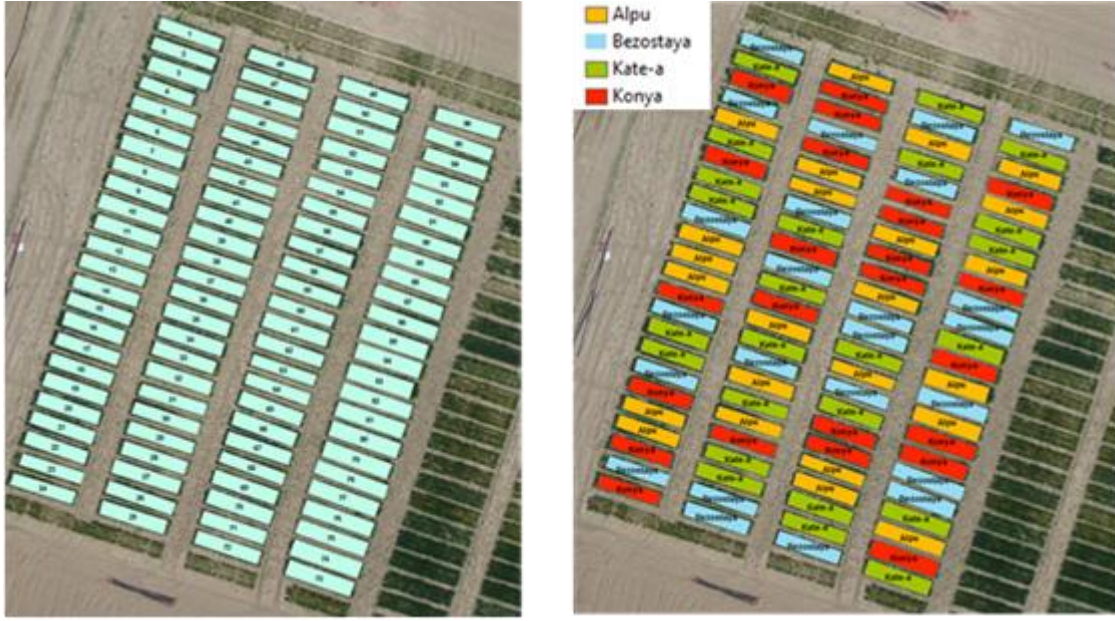
**Şekil 6.** İHA kameraları ile elde edilen görüntü örnekleri ve çalışmada kullanılan yer kontrol noktası

Çalışma kapsamında İHA kameralarından elde edilen fotoğraflar Postflight Terra 3D veri işleme yazılımında işlenmiştir. Verilerin işlenmesi aşamasında ilk önce araziden ölçülen kontrol noktalarına ait koordinat değerleri yazılıma girilmiştir. Daha sonra yazılımın otomatik nesne eşleştirme özelliği ile her bir fotoğrafta dengeleme yapılarak çalışma alanına ait ortofoto görüntüler üretilmiştir (Şekil 7).



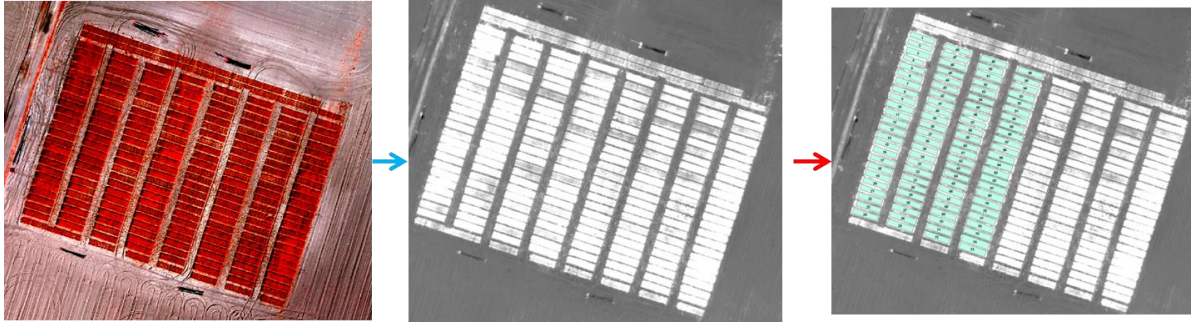
**Şekil 7.** Çalışma alanına ait NIRGB ve RGB kamera görüntülerinden üretilen ortofoto görüntüler

Elde edilen ortofoto görüntüler ArcGIS 10 yazılımına aktarılmıştır. ArcGIS 10 yazılımında parsellere yönelik bir veritabanı tasarımı yapılmıştır. RGB kamera görüntülerinden üretilen gerçek renkli ortofoto görüntü üzerinden çalışmada kullanılan tüm parseller sayısallaştırılmıştır. Yersel ölçümler sonucu elde edilen NDVI değerleri, buğday çeşidi vb. öznel bilgileri parsellere girilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Gerçek renkli ortofoto üzerinden sayısallaştırılan parseller

NIRGB kameradan üretilen ortofoto kullanılarak çalışma alanına ait GNDVI değerleri elde edilmiştir. Her bir parsel için GNDVI değerleri, üretilen GNDVI veri seti üzerinden hesaplanmıştır. Parsellerin GNDVI değerleri, parsel sınırları içine düşen piksellerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Şekil 9).



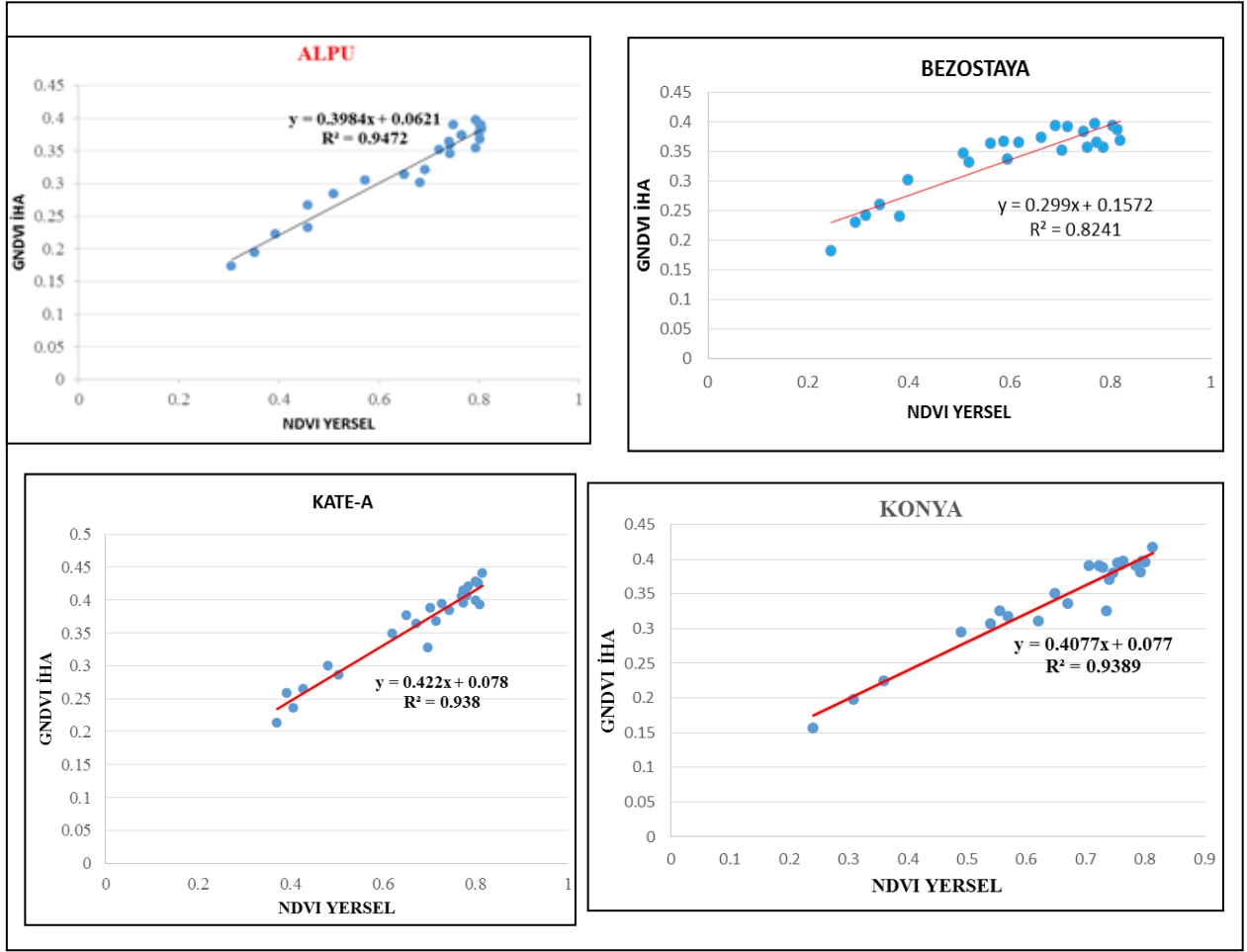
Şekil 9. NIRGB görüntüden GNDVI değerlerinin hesaplanması

## 5. BULGULAR

Çalışma kapsamında yersel ölçümlerle elde edilen NDVI değerleri ve İHA görüntülerinden üretilen GNDVI değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında her bir buğday çeşidinin ekili olduğu 24 parsel vardır. Karşılaştırma işlemi, ilk önce her bir buğday çeşidi için ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonuçları tablo 1 ve şekil 10'da gösterilmiştir.

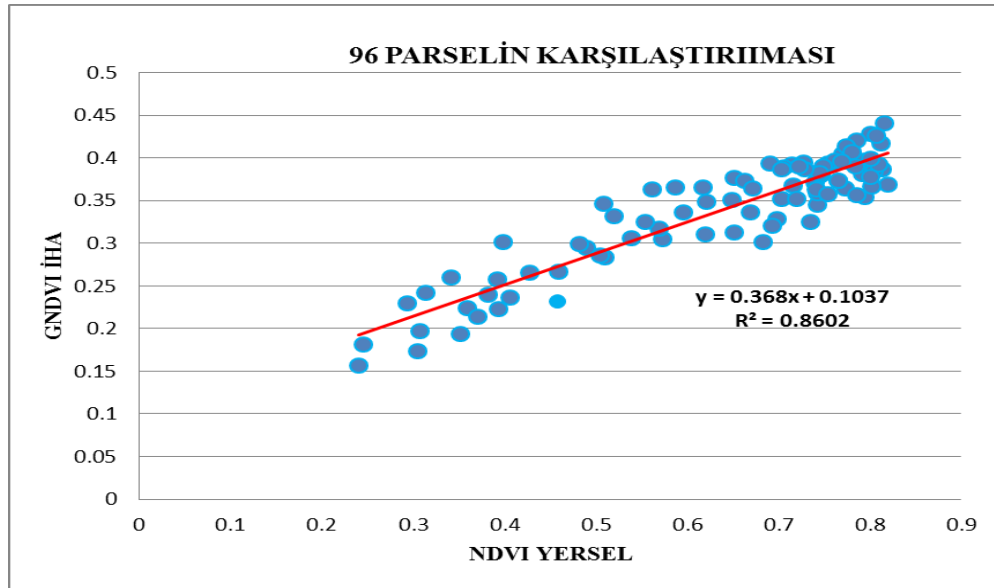
Tablo 1. Karşılaştırma sonucu elde edilen korelasyon ve  $R^2$  değerleri

Buğday Çeşidi	Korelasyon (%)	$R^2$
ALPU	97	0.9472
BEZOSTAYA	91	0.8241
KATE-A	97	0.938
KONYA	97	0.9389



Şekil 10. Buğday çeşitlerine göre NDVI ve GNDVI değerlerinin karşılaştırılması

Çalışma kapsamında 96 parselden elde edilen NDVI ve GNDVI değerlerinin tamamı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda her iki bitki indeksi arasındaki korelasyon % 93 olarak hesaplanmış,  $R^2$  değeri ise 0.8602 olarak belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. 96 parselin NDVI ve GNDVI değerlerinin karşılaştırılması

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, GKTAEM tarlalarından oluşturulan kalibrasyon parsellerinde, yersel ölçümlerle elde edilen NDVI değerleri ile İHA görüntülerinden üretilen GNDVI değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma işlemi buğday çeşitlerine göre ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda yersel yöntemlerle elde edilen NDVI değeri ile İHA görüntülerinden üretilen GNDVI değerleri arasında son derece yüksek bir tutarlılık olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar GNDVI değerinin NDVI'ın uygulandığı alanlarda kullanılabileceğini göstermektedir.

İHA sistemleri kullanılarak tarımsal alanlarda hızlı, yüksek doğrulukta ve düşük maliyette veriler üretilebilmektedir. Bu veriler CBS ortamına aktarılabilen ve birçok farklı amaç için kullanılabilir. Sahip oldukları bu özelliklerden dolayı insansız hava araçlarının gelecek yıllarda, hassas tarım uygulamalarında yeni bir karar destek sistemi olarak yoğun bir şekilde kullanılması kaçınılmazdır.

## 7. TEŞEKKÜR

Bu Çalışma Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 1210E156 nolu proje kapsamında desteklenmiştir

## 8. KAYNAKÇA

**Berni, J., Zarco-Tejada, P. J., Suárez, L., Fereres, E.,** 2009, Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3), 722-738.

**Emekli, N. Y., Topakçı, M.,** 2009, Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Sulama Alanında Kullanımı, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (2), 9-17.

**Genç, L., Turhan, H., Kavdır, İ., Kavdır, Y., Genç, H., Kocabıyık, H., Aktürk, D., Sümer, A., Sarıbrahimoğlu, S.,** 2008, Bitkisel Üretimi Etkileyen Bazı Faktörlerin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Belirlenmesi Kumkale-TİGEM Örneği, *TUBİTAK, Proje No: 104O244*.

**Hunt, E. R., Hively, W. D., Fujikawa, S. J., Linden, D. S., Daughtry, C. S, Mccarty, G. W.,** 2010, Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring, *Remote Sensing*, 2 (1), 290-305.

**Hunt, E. R., Hively, W. D., Mccarty, G. W., Daughtry, C. S. T., Forrester, P. J., Kratochvil, R. J., Carr, J. L., Allen, N. F., Fox-Rabinovitz, J. R., Miller, C. D.,** 2011, NIR-Green-Blue High-Resolution Digital Images for Assessment of Winter Cover Crop Biomass, *Geoscience & Remote Sensing*, 48(1), 86-98.

**Hunt, E., Daughtry, C., Mirsky, S., Hively, W.,** 2014, Remote Sensing With Simulated Unmanned Aircraft Imagery For Precision Agriculture Applications, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, PP (99), 1-6.

**Kalaycı, İ.,** 2010, Bölge Tarımının Sorunları ve Tarımda Modern Yaklaşımlar Panel Sonuçları, *Gümüşhane Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü*.

**Lelong, C. C., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbé, S., Baret, F.,** 2008. Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots, *Sensors*, 8(5), 3557-3585.

**Mathews, A. J., Jensen, J. L.,** 2013, Visualizing and Quantifying Vineyard Canopy LAI Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Collected High Density Structure from Motion Point Cloud, *Remote Sensing*, 5(5), 2164-2183.

**Mulla, D. J.,** 2013, Twenty Five Years of Remote Sensing in Precision Agriculture: Key Advances and Remaining Knowledge Gaps, *Biosystems Engineering*, 114(4), 358-371.

**Penuelas, J., Gamon J. A., Griffinand K. L., Field C. B.,** 1993, Assessing community type, biomass, pigment composition and photosynthetic efficiency of aquatic vegetation from spectral reflectance, *Remote Sens. Environ.*, 46:110-118.

**Primicerio, J., Di Gennaro, S. F., Fiorillo, E., Genesisio, L., Lugato, E., Matese, A., Vaccari, F. P.,** 2012, A Flexible Unmanned Aerial Vehicle for Precision Agriculture, *Precision Agriculture*, 13(4), 517-523.

**Quédraogo, M. M., Degré, A., Debouche, C., Lisein, J.,** 2014, The Evaluation of Unmanned Aerial System-Based Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning to Generate Dems of Agricultural Watersheds, *Geomorphology*, 214, 339-355.

**Swain, K. C., Thomson, S. J., Jayasuriya, H. P. W.,** 2010, Adoption of an Unmanned Helicopter for Low-Altitude Remote Sensing to Estimate Yield and Total Biomass of A Rice Crop, *American Society Of Agricultural And Biological Engineers*, 53, 21-27.



**Vatandaş, M., Güner, M., Türker, U.**, 2005, Hassas Tarım Teknolojileri, *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası*, 6, 3-7.

**Xiang, H., Tian, L.**, 2011, Development of A Low-Cost Agricultural Remote Sensing System Based on an Autonomous Unmanned Aerial Vehicle (UAV), *Biosystems Engineering*, 108(2), 174-190.

**Zhang, C., Kovacs, J. M.**, 2012, The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: A Review, *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.