

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK SULANAN PARSELLERİN BELİRLENMESİ

Mehmet ŞENER ^{ID}, **Tolga ERDEM** ^{ID}, **İlker Hüseyin ÇELEN** ^{ID}
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ
msener@nku.edu.tr, terdem@nku.edu.tr, icelen@nku.edu.tr

Murat TEKİNER ^{ID}
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,
Çanakkale
mtekiner@comu.edu.tr

Mehmet Uğur YILDIRIM ^{ID}, **Mevlüt PEHLİVAN** ^{ID}, **Ahmet ŞEREN** ^{ID},
Hüseyin Uğur KOLSUZ ^{ID}, **Kemal SEYREK** ^{ID}
DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara
muyildirim@dsi.gov.tr, mpehlivan@dsi.gov.tr, aseren@dsi.gov.tr, ukolsuz@dsi.gov.tr,
kseyrek@dsi.gov.tr

Lokman TURAN ^{ID}
DSİ 11. Bölge Müdürlüğü, Edirne
lokman@dsi.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi: 06.02.2020, Makalenin kabul tarihi: 09.07.2020)

ÖZ

Büyük yatırımlar ile gerçekleştirilen sulama sistemlerinin geleneksel yöntemler ile izleme-değerlendirme faaliyetlerinde birçok problemlerle karşılaşmaktadır. Son yıllarda, birçok sektörde olduğu gibi sulama faaliyetlerinin izleme-değerlendirmesinde de sahip olduğu yetenekler nedeniyle Uzaktan Algılama (UA) teknolojilerinden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Bu teknolojiler içerisinde en yenisi İnsansız Hava Araçları (İHA)'dır. Ancak, ülkemizde sahip olduğu yeteneklere karşı İHA'lardan tarımsal faaliyetlerde istenilen düzeyde faydalanılmamaktadır. Bir çok alanda olduğu gibi sulama uygulamalarında da İHA teknolojisinden fayda sağlayacak uygulamaya dönük araştırmalar bu konuda yaşanan problemlerin giderilmesinde büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, DSİ 11. Bölge Müdürlüğüne bağlı 113. Şube Müdürlüğü hizmet alanı içerisinde yer alan 2.111,9 da araziye sahip Temrezli sulama sahasında sulama faaliyetlerinin izlenmesinde İHA'ların kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada, 2017 yılı için bir yandan multispektral kamera görüntüleri ile mevcut bitki deseni saptanmış bir yandan da termal ve multispektral kamera görüntüleri ile sulama faaliyetleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda sulama sahasındaki bitki deseninin; Buğday %47,0, Ayçiçeği %36,6, Çeltik %6,9, Şekerpancarı %4,1, Yem bitkisi %3,7, Mısır %1,5 ve Sebze %0,3 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu bitkiler içerisinde Mısır, Şekerpancarı, Çeltik, Sebze ve Yonca sulu tarım koşullarında yetiştirildiği belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen bu sonuçlar üzerine yapılan değerlendirmede ise İHA'ların tarımsal alanlardaki sulama faaliyetlerinin incelenmesinde etkin bir araç olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur. Bu çalışmanın kullanılan ekipman ve metot açısından ulusal ve uluslararası düzeyde literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: İHA, Multispektral Kamera, Termal Kamera, Bitki Deseni

DETERMINATION OF IRRIGATED PARCEL BY USING UNMANNED AIR VEHICLE AND REMOTE SENSING TECHNOLOGY

ABSTRACT

Many problems are encountered in monitoring and evaluation of irrigation systems activities by using traditional methods. In recent years, Remote Sensing (RS) technologies have been widely used due to the capabilities of monitoring and evaluating irrigation activities. The most recent of these technologies is Unmanned Aerial Vehicles (UAV). However, UAVs are not utilized at the desired level in agricultural activities against the capabilities they have in our country. As in many fields, application-oriented researches that will benefit from UAV technology in irrigation applications are of great importance in eliminating the problems experienced in this regard.

In this study, the utilization possibilities of UAVs for monitoring irrigation activities in Temrezli irrigation system which has 2111.9 da land in the 113th Branch Directorate service area under the 11th Regional Directorate of DSI were investigated. Primarily, the current crop pattern for 2017 was determined by multispectral camera images. Then irrigation activities were examined with thermal and multispectral camera images. Crop pattern in the irrigation field was determined as Sunflower 36.6%, Rice 6.9%, Fodder 3.7%, Sugar beet 4.1%, Corn 1.5%, Wheat 47%, Vegetable 0.3%. On the other hand, irrigated crops were identified as Corn, Sugar Beet, Rice, Vegetable and Alfalfa. As a result of the study, it has been shown that UAVs can be used as an effective tool in the investigation of irrigation activities in irrigation fields. This study is expected to contribute to the national and international literature in terms of equipment and method used.

Keywords: UAV, Multispektral Camera, Thermal Camera, Crop Pattern

1 GİRİŞ

Sulama, artan gıda ihtiyacının karşılanmasında kullanılan en etkili girdidir. Su kullanıcısı olan çiftçilerin etkin bir sulama yapabilmeleri için sulama yönetiminin sulama şebekesinde su dağıtımını en iyi şekilde gerçekleştirmesi gerekmektedir. Sulu tarımın sürdürülebilirliği, sulama yönetiminin neredeyse tek finans kaynağı olan su dağıtım hizmetinin karşılığında topladığı sulama suyu ücretlerine bağlıdır. Toplanan sulama suyu ücretleri, sulama şebekesinin işletilmesi, bakım-onarımının yapılması ve çalışan tüm personelin masraflarının karşılanmasında temel ekonomik kaynaktır. Ancak çok önemli bir finans kaynağı olan sulama suyu ücretleri ülkemizde faaliyet gösteren sulama şebekelerindeki yönetimin, sulanan alanları geleneksel yöntemle tam olarak saptayamaması nedeniyle gerektiği gibi toplanamamaktadır. Sadece Konya ilinde 140.000 ha arazinin kayıt dışı bir şekilde sulandığı bildirilmiştir (Anonim, 2012).

Kayıt dışı sulamalar nedeniyle, yeraltı ve yerüstü su kaynakları bilinçsizce tüketilmekte, ekosistem kirlenmekte ve eksik toplanan sulama suyu ücretleri nedeniyle sulama yönetiminin güçsüzleşmesine neden olmaktadır (TAYEM, 2013).

1990'lı yıllardan sonra ticari olarak uygulanan hassas tarım en önemli devrimlerden birisidir (Crookston, 2006). Hassas tarım genellikle doğru yerde doğru yönetim uygulamaları ile sulama, gübreleme, ilaçlama, tohum, yakıt gibi

girdilerin daha iyi yönetilmesidir (Mulla, 2012). Hassas tarım ile tarla parselleri ayrıntılı incelenip, uygulamaların neticeleri belirlenerek tarımsal girdilerin yönetimini geliştirip bitkisel üretimini ve dolayısıyla çiftçi gelirini arttırmayı hedeflemektedir (Zang ve ark., 2002).

Gelişmiş ülkelerde, bitkisel üretimin farklı aşamalarında uzun zamandan beri kullanılan hassas tarım teknolojileri ülkemizde hala tam anlamıyla kullanılmamaktadır. Yıllar içerisinde özellikle uydu görüntüsü ile analiz edilen sulama şebekeleri sayısı, teknolojideki gelişmelere bağlı olarak İHA'ların kullanımı ile son derece büyük bir hızla artmaktadır.

Bu çalışmada, sulu tarım alanlarındaki bitki deseninin tespit edilmesinde ve sulama faaliyetlerinin izlenmesinde İHA görüntüleme sistemlerinin kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu çalışma, DSİ Genel Müdürlüğü tarafından AR-GE 2017/1 proje numarasıyla desteklenmiştir.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışma alanı olarak, DSİ 11. Bölge Müdürlüğüne bağlı 113. Şube hizmet alanı içerisinde yer alan 41°17'25" ile 41°18'25" kuzey enlemleri ve 27°05'02" ile 27°06'19" doğu boylamları arasında bulunan Temrezli Gölet Sulaması seçilmiştir. Temrezli Gölet Sulaması, Tekirdağ ili, Hayrabolu ilçesinde bulunan ve DSİ'ce inşa edilerek 1995 yılında işletmeye

açılmış ve işletme, bakım ve yönetim sorumluluğu 01/12/2015 tarihinde Temrezli Sulama Kooperatifine devredilmiştir. Kooperatifin sulamakla sorumlu olduğu net sulama alanı 2111,9 dekadır. Çalışma alanında hâkim bitki desenini şeker pancarı, mısır, çeltik ve yonca oluşturmaktadır. Alanda 2012-2016 yılları arasındaki sulama oranları incelendiğinde sırasıyla, %35, %43, %0, %37 ve %36 olarak gerçekleştiği belirtilmiştir.

Çalışma alanının iklimi, Akdeniz ve Karasal ikliminin bir karışımıdır. Sahil kesimlerinde deniz etkisiyle Akdeniz iklimi yaşanırken, iç kısımlarda Karasal iklim kendini gösterir. Yıllık ortalama sıcaklığı 13,8 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı 583 mm'dir. Çalışma sahasının başlıca yerüstü su kaynağı Temrezli Göleti ve Karademir Deresi ve ona bağlı olan kollarıdır. Karademir barajının toplam depolama hacmi 111,6x10⁶ m³'tür (Anonim, 1969).

Uzaktan algılama platformu

Çalışma sırasında uzaktan algılama platformu olarak DJI Matrice 600 Pro model bir İHA kullanılmıştır. DJI Matrice 600 Pro'ya ait bazı teknik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir (DJI, 2019).

Çizelge 1 - DJI Matrice 600 Pro teknik özellikleri

Ağırlık	10kg
Batarya	4500 mAh LiPo
Ebat	61 – 70 cm
GPS Modu	Var
Maksimum Hız	45 – 65 km/h
Uçuş Mesafesi	6500 – 7000 m
Uçuş Süresi	31 - 35 Dakika

Görüntüleme sistemleri: Araştırma alanın görüntülenmesinde multispektral ve termal olmak üzere iki farklı kamera sistemi kullanılmıştır. Bu kameralardan ilki Parrot Sequoia'ye ait multispektral kameradır. Diğer ise Flir firmasına ait DJI Matrice 600 Pro ile uyumlu radyometrik ölçüm yapabilen Zenmuse XT 640x512R model kameradır.

Multispektral kamera sistemi: Sahip olduğu farklı bandlar sayesinde multispektral kameralar azot ihtiyacı, pestisit durumu, su açığı, bitki verim tahmini veya bitki sınıflandırması gibi çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yerdelen ve ark., 2008; Aparicio ve ark., 2000; Royo ve ark., 2003). Parrot Sequoia'ye ait bazı teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir (Parrot, 2019).

Çizelge 2 - Parrot Sequoia Multispektral kamera teknik özellikleri

	72 Gram
Kayıt	64 GB
Sensör	4 Spektral
Band	Yeşil, Kırmızı, Kırmızı Kenar, Kızılötesi
Kamera	16 MP
Çözünürlük	4608x3456

Araştırmada kullanılan multispektral kamera yeşil, kırmızı, kırmızı kenar ve yakın kızılötesi ışın olmak üzere 4 farklı dalga boyundan gelen enerjiyi işleyebilmektedir. Bu kamera ayrıca, 16 MP çözünürlükte RGB görüntü alabilmektedir. RGB görüntü görsel yorumlama ile sulu tarım yapılan alanların belirlenmesinde kullanılmıştır (Bégué ve ark., 2015). Parrot Sequoia, güneş sensörü ile güneşten gelen ışık miktarına göre kameranın görüntü ayarlarını otomatik olarak sağlamaktadır (Parrot, 2019). Diğer yandan kamera, yer kontrol birimi ile kablosuz bağlantı kurulabilecek özelliktedir. Çalışma sırasında Parrot Sequoia model kamera İHA'nın gövdesine monte edilmiştir (Şekil1).



Şekil 1 - Parrot Sequoia multispektral kamera görüntüsü

Termal kamera sistemi: Araştırmada kullanılan ikinci kamera, Flir marka DJI marka İHA ile tam uyumlu, Zenmuse XT 640x512R radyometrik modeli termal kameradır (Şekil 2).



Şekil 2 - Zenmuse XT termal kamera

Bu kamera ile bitki ve toprak sıcaklık farkları gözlenerek toprağın nem durumu ve bitki stres koşulları incelenmiştir. Araştırmada kullanılan Zenmuse XT termal kameranın bazı özellikleri ise Çizelge 3'te verilmiştir (DJI 2019b).

Çizelge 3 - Zenmuse XT termal kamera özellikleri

Termal Görüntüleme	Soğutmasız VOx Mikrobolometre
FPA / Dijital Video Görüntü Formatları	640x512
Pixel Pitch	17 µm
Tam Kare Hızları	30 Hz (NTSC)/25 Hz (PAL)
İhraç Edilebilir Kare Hızları	<9Hz
Duyarlılık (NEdT)	<50 mK at f/1,0
Fotoğraf Formatları	Radyometrik JPEG (8 bit) / JPEG (8 bit) / TIFF (14 bit)
Video Formatı	MP4
Dijital Zum	2x, 4x, 8x
Lens Seçenekleri	7,5 mm, 9 mm, 13 mm, 19 mm

2.2 Yöntem

Temrezli sulama sahası işletme haritasının CBS ortamına aktarılması: Temrezli sulama

sahasına ait 1/5000'lik işletme haritası DSI 11. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiş ve tarayıcıda taranan görüntü, ArcGIS Desktop 10.1 programına aktarılmıştır. Taranan görüntünün sayısallaştırılması amacıyla ArcCatalog modülü üzerinde Temrezli Sulama sahasında ait Future Class dosya oluşturulmuştur. Oluşturulan Future Class üzerine daha önce yüklenen vaziyet planı aktarılarak ArcEditor modülü ile sayısallaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir (v.10.2 Esri). Oluşturulan katmana ait öznelik tablosuna parsel numaraları Ms Excel dosyasından join işlemi ile aktararak dosya hazır hale getirilmiştir.

Bitki sınıflandırması: Belirli segmentlere ayrılan görüntülerde aynı karakteristik özelliğe ya da yakın yansıma değerlerine sahip piksellerin belirli modeller yardımıyla tespit edilerek gruplandırma işlemine sınıflandırma denmektedir (Jähne, 2005). Görüntü sınıflandırma, verilerin anlamlı hale getirilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Bahadır, 2007). Görüntü sınıflandırması yapabilmek için, objelerin birbirinden ayırt edilmesi veya belirlenmesinde, algılayıcılar tarafından kaydedilen ve objelerin sahip olduğu yapısal özelliklere bağlı olarak farklılık gösteren yansıma veya yayılma değerleri kullanılmaktadır (Çölkesen, 2015).

Görsel yorumlama, bitki desenlerini ayırt etmek ve karakterize etmek için en doğru yöntem olmaya devam etmektedir (Bégué ve ark., 2015). Küçük çalışma alanı ve İHA yardımı ile alınan görüntülerin yüksek çözünürlükte olması nedeniyle, çalışma alanına ait ürün sınıflandırması görsel yorumlama ile yapılmıştır (Tempfli ve ark., 2009).

Bitkinin fenolojik gelişimi incelenirken kullanılan bitki indislerinin başında NDVI gelmektedir. En yaygın kullanımı, bitki su stresi, bitki sağlık durumu, bitki metabolik işlemlerinin tahmininde ve biokütle ile bitki veriminin belirlenmesidir (Zarco Tejada ve ark., 2012). Çalışma sırasında kullanılan NDVI indeksi 1 nolu eşitlik ile hesaplanmaktadır (Rouse ve ark., 1973).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

Eşitlikte;

NDVI, normalleştirilmiş bitki örtüsü indeksini, NIR, yakın kızılötesi bandı ve Red, kırmızı bandı göstermektedir.

Uçuş Planlaması: Uçuş planları Drone Deploy yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Drone Deploy wi-fi üzerinden DJI Matrice 600 Pro'ya

bağlanarak İHA'nın temel özelliklerini yönetme yeteneğine sahiptir. Buna göre, seçilen çalışma alanı için uçuş süresi uçuş yüksekliğine, örtüşme miktarına ve uçuş hızına bağlı olarak otomatik olarak hesaplanmaktadır. Araştırma alanı, uçuş yüksekliği, alan ve uçuş emniyeti dikkate alınarak 5 uçuş bölgesine ayrılmıştır. Görüntüleme çalışmaları, 2017 ve 2018 yılları Mayıs-Ekim ayları 10:00-15:00 saatleri arasında, yerden 75 m yükseklikten gerçekleştirilmiştir. Görüntüler uçuş yönünde ve buna dik yönde %75 örtüşme sağlayacak şekilde 1" aralıklı olarak gerçekleştirilmiştir. Kameranın aldığı görüntüler sahip olduğu 32 GB kapasiteli SD karta veya 64 GB kapasiteli dâhili hard diske kaydedilmiştir.

Sulama sahası içerisinde sulu tarım alanları hem multispektral kamera hem de termal kamera kullanılarak belirlenmiştir.

Sulu tarım alanlarının belirlenmesinde multispektral kamera kullanımı: Görüntü işlemenin ilk aşaması, ortomosaik görüntülerin oluşturma sırasında kullanılacak görüntülerin seçilmesidir (Grace ve ark., 2017). İHA ile alınan multispektral görüntülerden ortomosaik görüntünün oluşturması için Erdas Imagine UAV yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, görüntülerin işlenmesi için özel olarak geliştirilmiş bir görüntü işleme programıdır. Program bulut, kafes, doku, dem ve ortomosaik oluşturma vb. tüm fotogrametrik işlemleri yapabilmektedir (Kaimaris ve ark., 2017).

İHA ile alınan görüntülerde yersel ve zamansal çözünürlüğün yüksek olması nedeniyle, sınıflandırmada yüksek doğruluğa sahip olunması adına görsel yorumlama tekniği kullanılmıştır.

Sulu tarım alanlarının belirlenmesinde termal kamera kullanımı: Öncelikle termal görüntü işlemede sıcaklık verisinin işlenebilmesi amacıyla R-JPEG formatında elde edilen görüntüler ortomosaik görüntü elde edilmeden önce Flir firmasına ait ResearchIR Max 4 programı ile 32 bit floating TIFF formatına aktarılmıştır. Aktarılan her bir görüntü ismi ACD See görüntü programında tekrar isimlendirilmiştir. Her bir uçuş bölgesinden elde edilen orijinal R-JPEG görüntüler üzerindeki veri exiftool ile yeni oluşturulan TIFF görüntü üzerine aktarılmıştır. Bu işlemden sonra elde edilen termal görüntüler multispektral görüntüler ile benzer yöntemle Erdas Imagine İHA programında işlenerek UTM WGS 84 koordinat sisteminde ortomosaik görüntüler oluşturulmuştur.

Oluşturulan görüntüler ArcGIS programında daha önce oluşturulan parsel bilgi sistemi üzerine aktarılmıştır. Çalışma sırasında, toprak

ve bitki taç sıcaklığı farklılığından yararlanılarak sulama yapılan parseller belirlenmeye çalışılmıştır (Gençoğlan ve Yazar 1999; Akkuzu ve ark. 2010, Köksal ve ark. 2010, Moran ve ark. 1994, Walker ve Hatfield 1979, Alves ve Pereira 2000).

Ayrıca, İHA üzerinde termal kamera ile elde edilen görüntülerde yüksek çözünürlük elde edilmesi nedeniyle bu görüntüler üzerinde de görsel yorumlama ile de sulama yapılan parseller, sulama boruları, sulama boru ve kanal sızma kayıplarının meydana geldiği bölgeler saptanabilmiştir (Thomson vd. 2012).

Termal görüntüler ile sulama faaliyetlerinin değerlendirilmesinde yersel veri olarak, sulama esnasında veya sonrasında alınan toprak nem değerleri kullanılmıştır. Araştırma alanına ait toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 26 noktadan 0-90 cm için alınan örnekler Ankara DSİ Merkez Laboratuvarlarında test edilmiştir. Test sırasında örneklere ait hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası, kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri ile bünye sınıfları belirlenmiştir (Benami ve Diskin 1965, Klute ve Dirksen 1986). Sulama faaliyetlerinin değerlendirilmesinde kullanmak için 90 cm derinlikten toprak nem ölçümleri yapılmış (Gardner 1986).

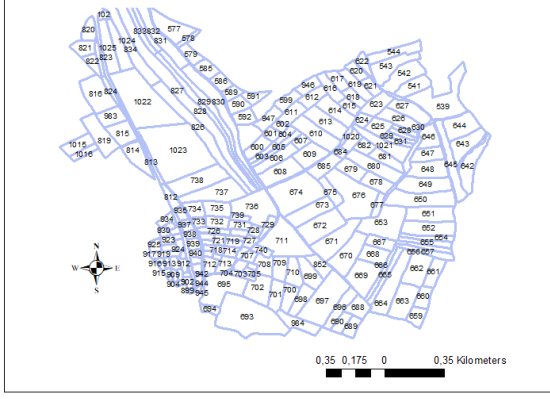
3 BULGULAR

3.1 İşletme haritasının CBS ortamına aktarılması

Çalışma sahasına ait DSİ 11. Bölge Müdürlüğünden temin edilen vaziyet planı ArcGIS Desktop 10.2 programına aktarılmıştır. Sulama sahasına ait vaziyet planı ArcGIS Desktop programında ArcMap modülü üzerinde Arc Editör kullanılarak, UTM WGS84 35 N koordinat sisteminde sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan dosyanın öznetelik tablosuna her bir parselin Parsel No, Ada No ve Kadastro Numarası bilgileri girilmiştir (Şekil 3).

3.2 Toprak özelliklerine ilişkin sonuçlar

Yapılan analizler sonucunda araştırma alanına ait toprakların genellikle killi (C) bünyeye sahip oldukları belirlenmiştir. Örneklere ilişkin KSTK değerlerinin ise 105,3-215,4mm/90 cm arasında olduğu saptanmıştır. Hacim ağırlıklarının ise 1,20–1,52 g/cm³ arasında olduğu belirlenmiştir.

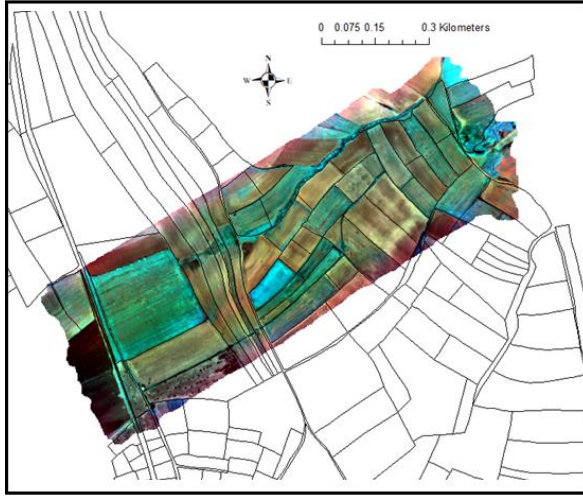


Şekil 3 - Sayısallaştırılmış işletme haritası

3.3 Bitki sınıflandırma uygulamaları

Araştırma alanı, uçuş yüksekliği, alan ve uçuş emniyeti dikkate alınarak 5 uçuş bölgesine ayrılmıştır.

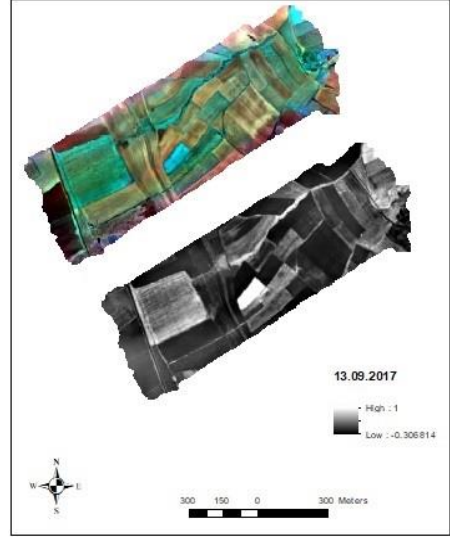
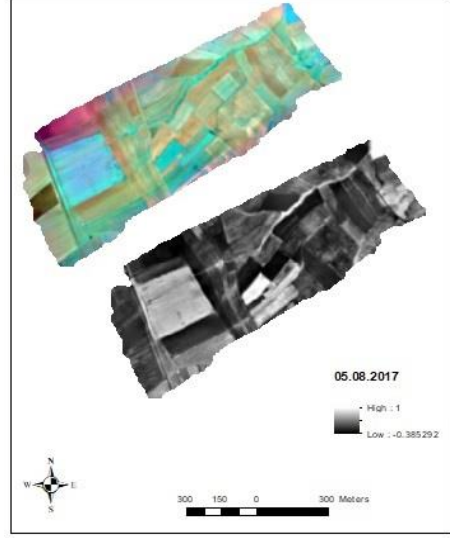
Araştırma sırasında kullanılan Parrot Sequoia multispektral kamera vasıtası ile her bir uçuş bölgesi için farklı tarihlerde alınan görüntülerden Erdas Imagine UAV programı kullanılarak ortomosaik görüntüler (Şekil 4) ve NDVI bitki indeksleri elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 4 - Çalışma alanına ait ortomosaik görüntü

Gerek İHA ile elde edilen görüntülerin yüksek çözünürlükte sonuçlar üretmesi gerekse nispeten küçük bir arazi üzerinde çalışılması nedeniyle bu görüntüler ArcGIS programında daha önce oluşturulan parsel bilgi sistemi üzerine atılarak her bir parsel için bitki çeşidi görsel yorumlama ile saptanmıştır (Valta-Hulkonen ve ark., 2003). Saptanan bitki çeşidi parsel bilgi sistemine aktarılmıştır (Şekil 6).

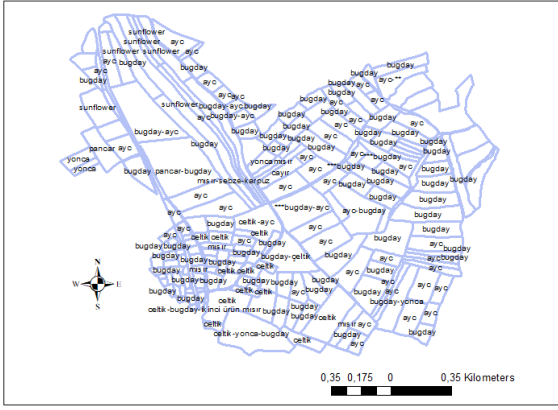
Buna göre sulama sahasında yetiştiriciliği yapılan bitkilerin alansal dağılımı Çizelge 4'te verilmiştir (Sener vd., 2018).



Şekil 5 - Sulama sahasına ait 05.08.2017-13.09.2017 tarihleri multispektral ve NDVI görüntüleri

Çizelge 4 - Sulama sahasında yetiştirilen bitkilerin dağılımı

Bitkiler	Alan (da)	Oran (%)
Ayçirdeği	773,2	36,6
Çeltik	145,3	6,9
Yem Bitkisi	78,5	3,7
Şekerpancarı	85,5	4,1
Mısır	31,5	1,5
Buğday	991,7	46,9
Sebze-		0,3
Karpuz	6,0	
Toplam	2.111,9	100,0



Şekil 6 - Çalışma alanına ait bitki deseni

3.4 Sulu tarım alanlarının belirlenmesi

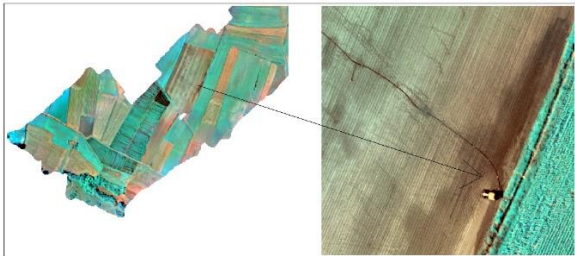
Sulu tarım alanlarının belirlenmesinde iki farklı metot kullanılmıştır. Bunlardan ilki multispektral görüntü ile diğeri ise termal kamera görüntüleri ile sulama alanlarının belirlenmesidir. Bu görüntülerden ayrıca parsellerde kullanılan sulama yöntem ve unsurları ile bazı sulama uygulamaları rahatlıkla tespit edilebilmiştir.

3.4.1 Multispektral kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesi

Çalışma sahasında Mayıs ayından itibaren üç gün aralıkla araziye gidilerek uçuşlar yapılmış ve araziye ait çekilen görüntüler Erdas Imagine programında işlendikten sonra ArcGIS programına aktarılmışlardır.

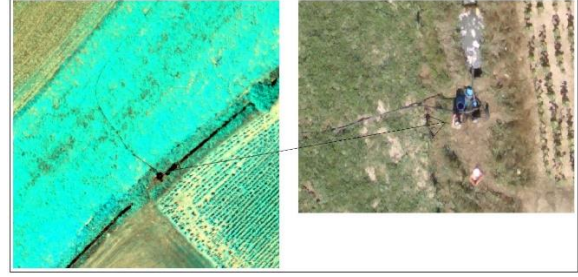
Tüm uçuş görüntüleri incelendiğinde, çeltik parselleri dışındaki parsellerde yağmurlama sulama yöntemi kullanıldığı belirlenmiştir. Multispektral kamera ile elde edilen görüntülerin yersel çözünürlükleri, sulama yapılan parsellerin saptanmasında büyük kolaylık sağlamıştır.

Şekil 7'de ikinci ürün mısır yetiştirilen parselde sulama esnasında çekilmiş bir görüntü görülmektedir. Bu görüntü içerisinde hem sulama boruları hem de traktör kuyruk mili ile çalışan su pompası görülmektedir.



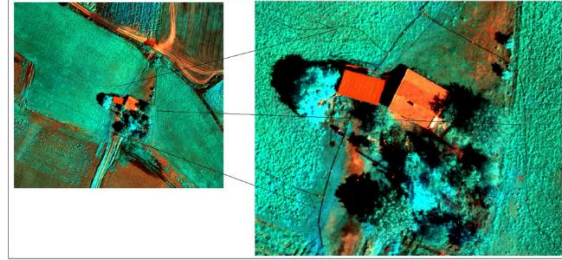
Şekil 7 - 08.07.2017 tarihli multispektral görüntü

Şekil 8'deki görüntüde ise karpuz yetiştirilen parselde su pompası ve sulama boruları açık bir şekilde görülmektedir.



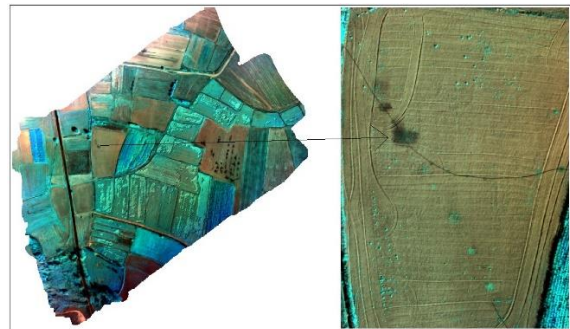
Şekil 8 - 12.07.2017 tarihli multispektral görüntü

Şekil 9'da da benzer şekilde yonca yetiştirilen parselde sulama boruları açık bir şekilde görülmektedir. Görüntü incelendiğinde, aynı anda iki farklı parselin sulanabilmesi amacıyla serilen dört farklı lateral hat olduğu saptanmıştır.



Şekil 9 - Yonca yetiştirilen parselde yağmurlama sulama borularının görünüşü

Şekil 10'da sulama kanalından ikinci ürün mısır parseline su iletmek için kullanılan sulama boruları görülmektedir. Bu görüntüden hem sulama yapılan parsel hem de iletim hattı üzerinde meydana gelen sızma belirlenmiştir.



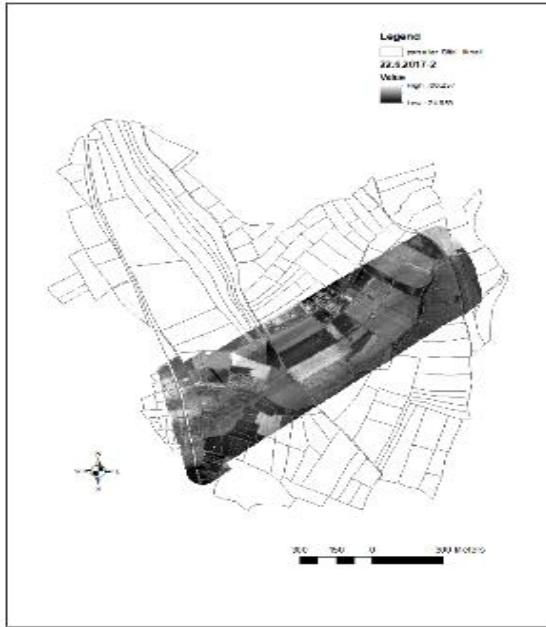
Şekil 10 - 20.09.2017 tarihli multispektral görüntü

Tüm görüntülerin incelenmesi neticesinde, sulama sahasında yer alan sulama kanalları,

sulama boruları, sulama pompası ile sulama personeli gibi birçok detay multispektral kamera vasıtası ile rahatlıkla tespit edilebilmiştir. Diğer yandan, sulama faaliyetleri ile ilgili bazı ayrıntılar ve özellikle meydana gelmiş sızma kayıpları da kolayca belirlenebilmiştir.

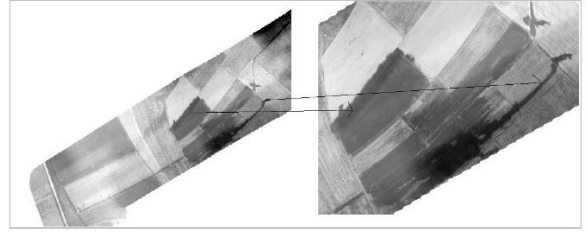
3.4.2 Termal kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesi

Bitkiler su ihtiyaçlarının karşılanması durumunda kökleri ile aldıkları suyun yaklaşık %98'ini terleme ile atmaktadırlar. Bu ilişkiden yararlanılarak bitkilerin stres altında olup olmadıkları ya da sulanıp sulanmadıkları bitki taç sıcaklığındaki farklılıklardan yararlanılarak saptanabilmektedir (Sener, 2019). Aşağıda 22.06.2017 tarihinde oluşturulan termal ortomosaik görüntü verilmiştir (Şekil 11).



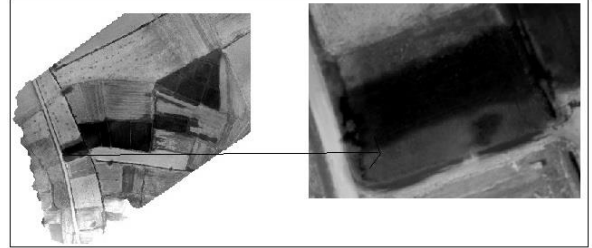
Şekil 11 - 22.06.2017 tarihli termal görüntü

Sulama sezonu içerisinde alınan termal kamera görüntüleri incelendiğinde, hem bitki örtüsünün cılız kaldığı ilk vejetasyon döneminde çıplak topraktaki sıcaklık farkına bağlı sulama faaliyetleri saptanmış, hem de ilerleyen dönemlerdeki bitki taç sıcaklığındaki farklılık nedeniyle yapılan sulamalar saptanabilmiştir. Şekil 12'de mısır, sebze, karpuz ve yonca yetiştirilen parseller görülmektedir. Burada karpuz ve yonca parsellerinde gerçekleştirilen yanlış sulama uygulamaları sonucunda fazla suyun komşu parsellere sızdığı net bir şekilde fark edilmektedir.



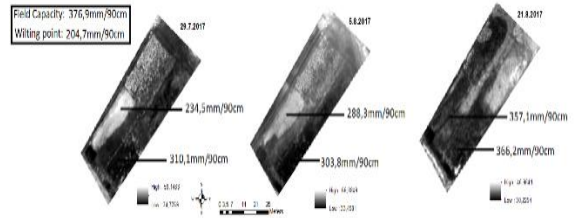
Şekil 12 - 05.08.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 13'te ise şekerpancarına ait parselde yağmurlama başlıklarının hizmet ettiği alanda su dağılımı kolaylıkla görülebilmektedir.



Şekil 13 - 09.09.2017 tarihli termal görüntü

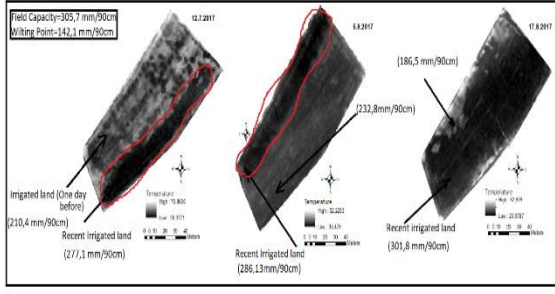
Çalışma sırasında ayrıca, parsellerde toprak nem değerleri ile de sulama faaliyetinin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki şekillerde içerisinde farklı sebzelerin yetiştirildiği bir parseldeki sulama faaliyetlerine ilişkin toprak nem değerleri ve sıcaklık haritası verilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14 - Bir parselde ait toprak nem değerleri

Şekilden de izlendiği gibi sulama yapılan parsel kısımlarında sıcaklık daha düşük toprak nem değeri tarla kapasitesine daha yakın iken sulama yapılmayan kısımlarda bunun tam tersi olarak toprak nem değeri düşük ve sıcaklık değerleri ise daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Şekil 15'te ise yonca yetiştirilen bir parseldeki farklı tarihlerde çekilmiş görüntüler yer almaktadır.



Şekil 15 - Bir parsel için toprak nem değerleri

Bu görüntülerde parselin uzun kenarı boyunca yerleştirilen lateral hat boyunca sulama hattı açık bir şekilde görülmektedir. Sulama yapılan ve henüz sulama yapılmayan alanlarda saptanan toprak nem değerleri ile tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri kıyaslanarak sulama yapılan parseller net bir şekilde ortaya konabilmektedir.

Şekillerde verilen termal görüntülerin tamamı göz önüne alındığında hem sulama yapılan parsellerin belirlenebilmesi hem de kanal ve iletim hatlarından meydana gelen sızmaların tespit edilebilmesinin mümkün olabileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Gonzales-Dugo ve ark. (2015) ile Neiff ve ark. (2015) bu çalışmaya benzer olarak toprak sıcaklığı ve su absorpsiyonunu ölçmek için görünür yakın ve termal kızılötesi görüntüleme sistemlerinin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Sulama şebekelerinde bitki deseninin belirlenmesi çok uzun yıllardır uzaktan algılama ile ilgilenen araştırmacıların çalışmaları arasında yer almaktadır. Bu amaçla yıllar itibarıyla farklı kaynaklar ve metodlar kullanılmıştır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak yer, zaman ve ekonomiklik boyutunda daha iyi veri sağlayan yöntemler geliştikçe araştırmacılar bu yöntemlere yönelmiş ve yeni teknikler kullanmışlardır. Diğer birçok sektörde olduğu gibi bitki sınıflandırma işleminde de son yıllarda İHA'lar daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

İHA'ların su yönetimine yardımcı olabilecek potansiyele sahip olup olmadığının araştırıldığı bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Araştırmada kullanılan İHA, yağışlı ve rüzgârlı hava koşullarında kullanımı sınırlanmaktadır. Rüzgâr hızının düşük olduğu günler ve saatlerde uçuş yapılması tavsiye edilmektedir.
- İHA üzerindeki özellikle multispektral kameranın sahip olduğu donanımın kapasite

ve hız limitleri, günlük yapılan uçuş işlemlerinin zamanında tamamlanabilmesi açısından son derece belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Birim alandan alınan verinin yüksek olması nedeniyle yüksek performansa sahip bilgisayarlar ile çalışılması önerilmektedir.

- İHA üzerinde bulunan multispektral kameradan elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin, bitki deseninin belirlenmesinde yüksek kullanım olanağına sahip olduğu belirlenmiştir.
- Benzer şekilde İHA'ya takılan termal kameradan elde edilen görüntüler ile hem çıplak toprak üzerindeki hem de bitki taç yüzeyindeki sıcaklık farkı nedeniyle sulama uygulamaları rahatlıkla tespit edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.
- Uçuş süresi dikkate alındığında, özellikle büyük sulama sistemlerinde sabit kanatlı İHA'ların kullanımı kullanıcıların işlerini kolaylaştıracaktır.

5 KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2012. Konya Ovası Projesi ve Konya Tarımsal Eylem Planı Raporu, 24s
- [2] Tayem, 2013. Adana Tarımsal Sulama Altyapısının Analizi Sulamanın Sorunları Ve Çözüm Önerileri. T.C. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, Adana, 90s
- [3] Crookston, K., 2006. A top 10 list of developments and issues impacting crop management and ecology during the past 50 years. Crop Science, 46, 2253-2262
- [4] Mulla, D.J., 2012. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. Biosystem Engineering. Special Issue: Sensing in Agriculture Review.(114). 358-371
- [5] Zhang, N., Wang, M., Wang, N. 2002. Precision agriculture: a worldwide overview. Computers and Electronics in Agriculture, 36, 113e132
- [6] DJI, 2019a. DJI Matrice 600 Pro Teknik Özellikleri <https://www.dji.com/matrice600-pro> (Erişim Tarihi: 10.05.2019)
- [7] Yerdelen, A., Mermer, A., Dedeoğlu, F., Yıldız, H., Kaya, Y., Süzer, S., Öcal, M. B. 2008. Edirne İlinde Ürün Deseninin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama

- Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi ve Ayçiçeği Verim Tahmini, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 17 (1-2)
- [8] Aparicio, N., D Villegas, J., Casadesus, J.L., Araus and C. Royo, 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agron. J.*, 92:83–91
- [9] Royo, C.N., Aparicio, D., Villegas, J., Casadesus, P., Monneveux and J.L. Araus 2003. Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting. Mediterranean conditions. *Int. Journal of Remote Sensing*, Vol:24: No: 4 403–4 419
- [10] Parrot. 2019. Parrot Sequoia Multispektral Kamera Teknik Özellikleri, <https://www.parrot.com/business-solutions-us/parrot-professional/parrot-sequoia#parrot-sequoia-> (Erişim Tarihi: 10.05.2019)
- [11] Bégué, A., Arvor, D., Lelong, C., Vintrou, E., Simoes, M. 2015. Agricultural systems studies using remote sensing. In *Remote sensing Handbook. Vol. II: Land Resources: Monitoring, Modeling, and Mapping*; Thenkabail, P.S., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; Taylor and Francis Group: London, UK; New York, NY, USA, pp. 113–130
- [12] DJI. 2019b. Zenmuse XT Termal Kamera Teknik Özellikleri, <https://www.dji.com/zenmuse-xt?site=brandsite&from=nav> (Erişim Tarihi: 10.05.2019)
- [13] Jähne, B. 2005. *Digital Image Processing*, 6nd ed., Springer Berlin Heidelberg Press
- [14] Bahadır, M. 2007. Yalova İli Arazi Kullanımının Uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üni., Afyon
- [15] Çölkesen, İ. 2015. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak benzer spektral özelliklere sahip doğal nesnelerin ayırt edilmesine yönelik bir metodoloji geliştirme, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 247s
- [16] Tempfli K, Kerle N, Huurneman G C & Janssen LLE (eds.) 2009. *Principles of Remote Sensing*. Enschede, the Netherlands: ITC
- [17] Zarco-Tejada PJ, González-Dugo V, Berni JAJ. 2012. Fluorescence, temperature and narrowband indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a microhyperspectral imager and a thermal camera. *Remote Sens Environ* 117:322–337
- [18] Rouse JW, R H Haas, J A Shell and D W Deering. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS1. In *Proc. 3rd Earth Resources Technology Satellite Symp.*, 1: 309317. NASA SP351. Washington, D.C.: NASA
- [19] Grace NLS, Mitishita E, Gonçalves J 2017. Use of UAV platform as an autonomous tool for estimating expansion on invaded agricultural land. *Bulletin of Geodetic Sciences, Articles Section, Curitiba*, v. 23, No 3, 509-519
- [20] Kaimaris D, Patias P, Sifnaiou M 2017. UAV and comparison of image processing software. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*. Vol 5, 1, 18-27
- [21] Gençoğlan C, Yazar A 1999. Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisinde infrared termometre değerlerinde yararlanılarak bitki su stresi indeksi (CWSI) ve sulama zamanının belirlenmesi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23: 87–95
- [22] Akkuzu E, Camoglu G., Kaya U 2010. Diurnal Variation of canopy temperature differences and leaf water potential of field-grown olive trees (*Olea europaea* L. Cv. Memecik). *Philippine Agricultural Scientist*, 93 (4): 399–405
- [23] [Köksal ES, Üstün H, İlbeyi A 2010. Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sinir değerleri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (1): 25–36
- [24] Moran MS, Rahman AF, Washburne JC, Goodrich DC, Waltz MA and Kustas WP 1996. Combining the Penman-Monteith equation with measurements of surface temperature and reflectance to estimate evaporation rates of semiarid grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80:87-109
- [25] Walker GK, Hatfield JL 1979. Test of stress-degree-day concept using multiple planting dates of red kidney beans. *Agronomy J.*, 71:967-971
- [26] Alves I and Pereira LS 2000. Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling

- with infrared thermometers: A new approach. *Irrigation Science*, 19:101-106
- [27] Thomson SJ, Ouellet CM, DeFauw SL, Huang Y, Fisher DK 2012. English P.J. Potential and Challenges in Use of Thermal Imaging for Humid Region Irrigation System Management, *Journal of Agricultural Science*, 4(4)
- [28] Benami A ve Diskin MH 1965. Design Of Sprinkler Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agriculture Engineering Inst. Israel, 23s
- [29] Klute A and Dirksen C 1986. Hydraulic Conductivity And Diffusivity; Laboratory Methods, *Soil Methods Of Soil Analysis*. Edited By A. Klute. American Society of Agronomy. Madison. Wise, Chap, 28,pp, 200-203
- [30] Gardner, W.H. 1986 Water Content. In: Klute, A. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA-SSSA. Agronomy No. 9, Madison, WI. USA. 493-544
- [31] Valta-Hulkkonen K, Partanen S & Kanninen A 2003. Remote sensing as a tool in the aquatic macrophyte mapping of a eutrophic lake: a comparison between visual interpretation and spectral sorting. *Proceedings of the 9th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science*, pp. 79– 90, Espoo, FI
- [32] Sener, M., Pehlivan, M., Tekiner, M., Alkan, C., Ozden, U.E., Erdem, T., Celen, H.H., Seren, A., Aytac, S.A., Kolsuz, H.U., Seyrek, K., Guresci, G., Kose, G., Turan, L. 2018. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Remote Sensing for Crop Pattern Mapping, Turkey. *Fresen. Environ. Bull.* 27, 8831-8837
- [33] Sener, M., Pehlivan, M., Tekiner, M., Ozden, U.E., Erdem, T., Celen, H.H., Seren, A., Aytac, S.A., Kolsuz, H.U., Seyrek, K., Guresci, G., Kose, G., Turan, L. 2019. Monitoring of Irrigation Schemes by Using Thermal Camera Mounted UAVs. *Fresen. Environ. Bull.* 28, 4684-4691
- [34] Gonzalez-Dugo V, Hernandez P, Solis I, Zarco-Tejada PJ (2015). Using High-Resolution Hyperspectral and Thermal Airborne Imagery to Assess Physiological Condition in The Context of Wheat Phenotyping. *Remote Sensing*, 7: 13586-13605.
- [35] Neiff N, Dhliwayo T, Suarez EA, Burgueno J, Trachsel S (2015). Using An Airborne Platform To Measure Canopy Temperature And NDVI Under Heat Stress in Maize. *Journal of Crop Improvement*, 29 (6): 669-690