



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAKTÖRDE FARKLI YÖNLENDİRME SİSTEMLERİYLE YAPILAN EKİME AİT BİTKİ DAĞILIM DÜZGÜNLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ VE SPEKTRAL ANALİZE DAYALI BİTKİ KONUMUNUN TESPİTİ

Nurettin KAYAHAN

DOKTORA TEZİ

Tarım Makinaları ve Teknoloji Mühendisliği
Anabilim Dalı

Nisan-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

TRAKTÖRDE FARKLI YÖNLENDİRME SİSTEMLERİYLE YAPILAN EKİME AİT BİTKİ DAĞILIM DÜZGÜNLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ VE SPEKTRAL ANALİZE DAYALI BİTKİ KONUMUNUN TESPİTİ

Nurettin KAYAHAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat AYDIN

2020, 105

Jüri
Prof. Dr. Cevat AYDIN
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ
Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Osman ÖZBEK

Bu çalışmada operatör, GPS ve otomatik kontrollü yönlendirme olmak üzere 3 farklı yöntemle ekim yapılmıştır. Her bitkiye gerekli optimum besin alanları voronoi poligonları kullanılarak değerlendirilmiştir. Yaşam alanlarının elde edilmesinde voronoi poligonları kullanılmıştır. CORS-RTK GPS ile alınan bitki koordinatları CBS programına yüklenip her bitkiye ait voronoi poligonu elde edilmiştir. Yaşam alanlarının kıyaslanması poligon alan ve çevre değerlerinden elde edilen şekil katsayıları kullanılarak yapılmıştır. Operatör kontrollü yönlendirme uygulamasında şekil katsayısı 0,731 GPS kontrollü yönlendirme uygulamasında 0,746 ve otomatik kontrollü yönlendirme uygulamasında 0,715 olarak bulunmuştur. Operatör kontrollü yönlendirme uygulaması ile kıyaslandığında GPS kontrollü yönlendirme uygulamasında % 2 pozitif yönde iyileşme, otomatik kontrollü yönlendirme uygulamasında % 2 negatif yönde azalma olduğu görülmüştür. Uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır (P>0,05). Çalışmada aynı zamanda spektral analiz ve GPS' e dayalı bitki yeri tespiti yapılmıştır. Hava platformu ile multispektral kamera kullanılarak parsellerden alınan resimlere spektral analiz yapılmış ve görüntü işleme kullanılarak bitki yerleri tespit edilmiştir. Yer kontrol noktaları kullanılarak resimler georeferanslandırılmıştır. Tespit edilen bitki koordinatları ile gerçek bitki koordinatları kullanılarak ortalama kareler hatası hesaplanmış ve arasındaki mesafeler belirlenmiştir. Gerçek bitkiler ile tespit edilen bitkiler arasında ortalama 87,99 mm fark bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: RTK, Voronoi, NDVI, CBS, Uzaktan Algılama

ABSTRACT

Ph.D THESIS

DETERMINATION OF PLANT DISTRIBUTION UNIFORMITY OF SOWING WITH DIFFERENT GUIDANCE SYSTEMS IN TRACTOR AND SPECTRAL ANALYSIS BASED PLANT LOCATION DETECTION

Nurettin KAYAHAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Cevat AYDIN

2020, 105

Jury
Prof. Dr. Cevat AYDIN
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ
Assoc. Prof. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ
Asst. Prof. Dr. Osman ÖZBEK

In this study, sowing was carried out with 3 different methods: operator, GPS and automatic controlled guidance. The optimum nutrient areas required for each plant were evaluated using voronoi polygons. Voronoi polygons were used to obtain nutrient areas. The plant coordinates taken with CORS-RTK GPS were loaded into the CBS program and the voronoi polygon for each plant was obtained. Comparison of nutrient areas was made using shape coefficients obtained from polygon area and perimeter values. The shape coefficient was 0,731 in the operator controlled guidance application and 0,746 in the GPS controlled guidance application and 0,715 in the automatic controlled guidance application. Compared to the operator controlled guidance application, it was observed that there was a 2% positive improvement in the GPS controlled guidance application and a 2% negative decrease in the automatic controlled guidance application. As a result of the statistical analysis, it was determined that the difference between the applications was insignificant (P>0,05). In the study, plant location detection based on spectral analysis and GPS was also performed. Spectral analysis was performed on the pictures taken from the parcels using aerial platform and a multispectral camera and plant locations were determined using image processing. Pictures are georeferenced using ground control points. The mean squares error was calculated by using the plant coordinates and the actual plant coordinates and the distances between them were determined. An average of 87,99 mm difference was found between real plants and detected plants.

Keywords: RTK, Voronoi, NDVI, GIS, Remote Sensing

ÖNSÖZ

Günümüzde gelişen teknoloji ile GPS, CBS, otomatik kontrol ve uzaktan algılama gibi yenilikler tarımda oldukça yer edinmekte ve daha hassas tarımsal uygulamaların önünü açmaktadır. Bu çalışma ile ekim düzgünlüğünün GPS, CBS ve hesaplamalı geometriye dayalı henüz yeni sayılan bir yaklaşımla iki boyutlu olarak değerlendirilmesi ve uzaktan algılamaya dayalı bitki konum tespiti amaçlanmıştır.

Bu araştırmanın hazırlanmasında ve yürütülmesinde en başından sonuna kadar bana yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Cevat AYDIN hocama, tüm Bölüm Hocalarıma, bilgi ve tecrübelerini eksik etmeyen Prof. Dr. Kazım ÇARMAN, Prof. Dr. Süleyman SOYLU ve Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ hocalarıma, çalışmamda bilgi, beceri ve manevi desteğini eksik etmeyen Dr. Öğr. Üyesi Osman ÖZBEK ve Doç. Dr. Ali Yavuz ŞEFLEK hocalarıma manevi desteklerini eksik etmeyen değerli eşim, çocuklarım, annem ve babama tezimin yürütülmesinde mali destekte bulunan S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü`ne, tüm katkılardan dolayı çok teşekkür ederim.

Nurettin KAYAHAN
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

ÖNSÖZ ..... **iii**

İÇİNDEKİLER ..... **iv**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **v**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Bitki Skalasında Çiftçilik ve Bitki Haritalama 1
1.2. GPS Temelli Otomatik Traktör Yönlendirme Sistemleri 2
1.3. Ekim Düzgünlüğü 3
1.4. Hesaplamalı Geometri 3
1.5. Mısır Bitkisi 5
1.6. Tarımda Uzaktan Algılamada Kullanılan NDVI 5
1.7. Tarımsal Alanda GPS ve CBS Kullanımı 6

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **9**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **15**

3.1. Meteryal 15
3.2. Yöntem 30

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **55**

4.1. Denemede Kullanılan Mısır Tohumlarının Fiziksel Özellikleri 55
4.2. Bitki Gözlemleri ve KEBA, BO, İO, Değerleri 55
4.3. Bitki Yaşam Alanlarına Ait Veroni Poligonları ve Şekil Katsayıları 56
4.4. Uzaktan Algılama ve Spektral Analize Dayalı Bitki Yeri Tespitine ilişkin sonuçlar 85

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **90**

5.1. Sonuçlar 90
5.2. Öneriler 91

KAYNAKLAR **92**

ÖZGEÇMİŞ **96**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
m	: Metre

Kısaltmalar

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CCD	: Charge Coupled Device
CGDD	: Toplanmış Büyüme Gün Düzeyi
CORS	: Continuously Operating Reference Stations
DGPS	: Differential Global Positioning System
GIS	: Geographic Information System
GPS	: Global Positioning System
GUI	: Graphical User Interface
İHA	: İnsansız Hava Aracı
NDVI	: Nomalized Difference Vegetation Index
rmse	: Karesel Ortalama Hata
RTK	: Real Time Kinematic
USB	: Universal Serial Bus
YKN	: Yer Kontrol Noktası

1. GİRİŞ

Günümüzde tarım sürekli gelişen teknolojik yeniliklerden daha fazla verimlilik ve ekonomik etkinlik gibi faydalar sağlamıştır. Bu teknolojik gelişimde esas olarak operatöre daha yüksek iş oranları sağlayan tarla uygulamalarının yoğun mekanizasyonu üzerinde durulmuştur. Daha büyük ve daha güçlü makinelerle etkinliği arttırma trendi toprağa olan zararı, yüksek kimyasal ve yüksek yakıt girdisi risklerinden dolayı kritik bir noktaya gelmiştir. Büyük ölçekli makinelerin aynı zamanda hassas tarımın temel ihtiyaçlarını sağlayamama sakıncasının olduğu görülmektedir (Griepentrog ve ark., 2005).

Makine boyutlarının ve ağırlıklarının büyüme trendi ileride yerini güvenilir otonom tarla uygulamalarına olanak veren bilgi tabanlı teknolojilere bırakacaktır (Griepentrog ve ark., 2005). Bu tür teknolojiler başlı başına her bitkiyi baz alan tarımsal uygulamaların önünü açabilir (Blackmore ve Griepentrog, 2002; Griepentrog ve ark., 2003).

1.1. Bitki Skalasında Çiftçilik ve Bitki Haritalama

Klasik ve geleneksel tarımda değişkenler genellikle tarla düzeyinde ele alınarak arazi uygulamalarında sabit dozlar kullanılmaktadır. Yeni ürün yönetim stratejileri ise girdi ya da uygulama dozunu daha değişken düzeyde uygulamak için arazinin toprak ve bitki özelliklerinin benzer olduğu daha küçük parsellere bölünmesi çözümünü sunar. Yapılan bazı çalışmalarda ise çok daha yüksek alansal çözünürlük kullanılarak daha küçük parseller yerine başlı başına bitkiyi temel alan girdi ya da uygulamalara yer verilmiştir. Bu yüksek otomasyon ve yoğun bilgi gerektiren sistemler, her bitkinin ihtiyacının ayrı ayrı belirlenmesini ve başlı başına her bitkinin ihtiyacına göre uygulama ve girdi oranını hedefleyen sistemlerdir (Bitki Skalasında Çiftçilik) (Griepentrog ve Blackmore, 2007).

Bu tür tarımsal sistemler bitkilerin konumları ile ilgili doğru güvenilir bilgilere, hatta mümkünse bitkilerin gelişim durumları ile ilgili ek bilgilere ihtiyaç duyar. Yüksek doğruluklu bitki haritaları hâlihazırda aşağıda sayılan birkaç otomatik kontrollü tarla işleminin yapılabilmesine izin verir:

- Taşıtlara kılavuzluk etme (örn: sıraya paralel çalışan taşıtlar)

- Donanım ve aletlere kılavuzluk etme (örn: sıra arası ve sıra içerisinde yabancı ot mücadele araçları)
- Başlı başına bitkiye sıvı ya da granül uygulamaları (örn: insektisit, fungusit, gübre vb.)
- Başlı başına her bitkinin sağlık durumu ve gelişim durumunun ölçülmesi (e.g. görsel ve multispektral ölçümler)(Griepentrog ve ark., 2005).

1.2. GPS Temelli Otomatik Traktör Yönlendirme Sistemleri

Mekanizasyon ve otomasyondaki gelişmeler nedeniyle son yıllarda tarımsal verimlilik önemli ölçüde artmıştır. Tarımsal otomasyon ile üretim maliyetleri düşmüş, el emeğine olan ihtiyaç azalmış ve ürün kalitesi artmıştır (Edan ve ark., 2009).

Bu ilerlemeler, çeşitli sensörlerin ve aktüatörlerin geliştirilmesiyle elde edilmiş, bunun sonucunda otomatik yönlendirme sistemli traktör ve değişken düzeyli uygulama gibi birçok otomatik sistemin önünü açmıştır. Otomatik yönlendirme, tarım makinelerinin otomasyonu için aktif bir çalışma alanı olmuştur. Traktörler, biçerdöverler, püskürtücüler ve dağıtıcılar gibi tarım araçlarının otomatik yönlendirilmesi, çeşitli tarımsal aletlerin çalışması sırasında operatörlerin direksiyonu sürekli olarak ayarlama ihtiyacını azaltan bir dizi bileşen içermektedir (Groover ve Grisso, 2009).

Tipik bir otomatik yönlendirme sistemi donanım ve yazılım olmak üzere iki bileşenden oluşur. Donanım bileşenlerini GPS, direksiyon açısı sensörü ve direksiyon motoru gibi çeşitli sensörler ve aktüatörler oluştururken yazılım bileşenlerini yol planlayıcısı, navigasyon denetleyicisi ve direksiyon denetleyicisi gibi unsurlar oluşturmaktadır (Han ve ark., 2015).

Traktörlerde kullanılan GPS temelli otomatik yönlendirme sistemleri (auto-guidance) çiftçilere yetiştiricilikte karlılığın iyileştirilmesi, azalan uygulama maliyeti gibi avantajlarının olduğu görülmüştür (Bergtold ve ark., 2009) Otomatik yönlendirme teknolojisinin ekonomik faydaları:

- Gübreleme ve pestisit uygulamalarında aynı yere tekrar uygulama ve uygulama yapılmayan alan kalmasını azaltmak
- Uygulama zaman etkinliğinin daha iyi olması (örn: gece çalışabilme)
- Damla sulama sistemlerinin doğru yerleştirilmesi

- Hassas tarımsal uygulamalar (örn: değişken oranlı girdi uygulaması) (Lewis, 2003).

1.3. Ekim Düzgünlüğü

Ekim işleminde temel amaç çimlenme, gelişim, sıra arası işleme, ve hasat için optimal koşulları sağlayacak şekilde tohumların yatay ve düşey konumda yerleştirilmesidir (Páltik ve ark., 2005).

Kaliteli bir ekim işleminde iyi tohum kullanımının yanında, doğru ekim yöntemine karar verilmesi, doğru makine seçimi ve doğru uygulama verimde artış sağlar ve gereksiz işlemleri azaltarak maliyeti düşürür (Yazgi ve ark., 2012).

Tarımsal ürünlerin gelişiminin bitkilerin spatial dağılımının düzenlenerek iyileştirilebileceği görülmüştür (Weiner ve ark., 2001; Andrade ve Abbate, 2005).

Yapılan birçok araştırmada ekim düzgünlüğünün sadece sıra üzeri uzaklıklar kullanılarak belirlendiği görülmektedir. Fakat verim ve bitki gelişimine esas etkili faktör bitki yaşam alanı olup bu da iki boyutlu olarak incelenmelidir (Karayel, 2010).

Tohumların yatay ve dikey dağılım kalitesi; sıra arası mesafe, ekim derinliği, toprak durumu, ekici dizaynı, tohum yoğunluğu ve operatör becerisi tarafından etkilenir (Griepentrog, 1998).

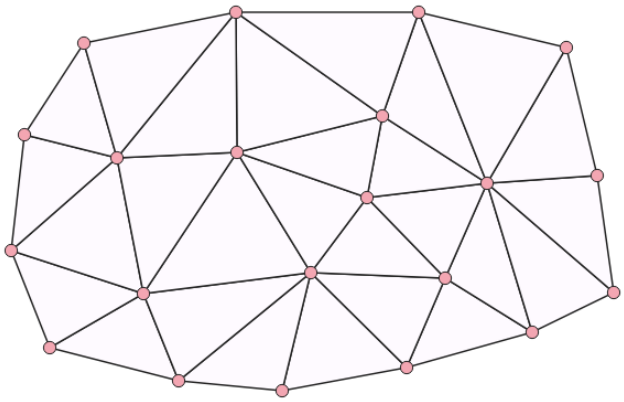
Daha iyi bir tohum dağılımı esas olarak; daha iyi verim ve kalite, daha iyi yabancı ot rekabeti, daha etkili fiziksel yabancı ot kontrolü ve kimyasal uygulama olmak üzere üç temel fayda sağlar (Griepentrog ve Blackmore, 2007).

1.4. Hesaplamalı Geometri

Bir araştırma dalı olarak ortaya çıkan ve diğer kuramsal alanlarda nispeten yeni denenebilecek hesaplamalı geometri, günümüz dünyasında pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Örneğin, sayısal arazi modellerinin oluşturulması, bir harita üzerinde iki nokta arasındaki en kısa (engellerin içinden geçmeyen) yolun bulunması ve bir arazideki noktaları temsil eden alanların hesaplanması, bu alanda sayılabilecek en önemli problemlerden birkaçıdır (Karayel, 2010).

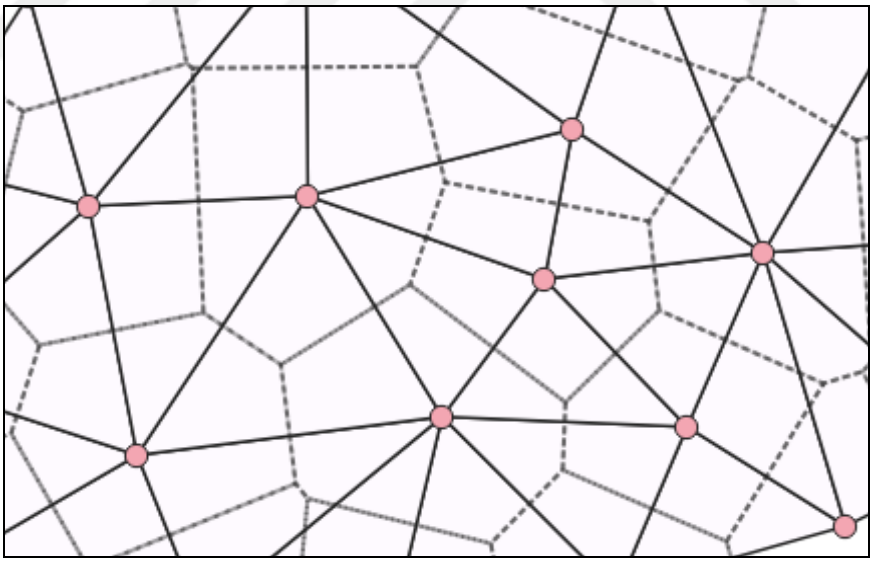
Hesaplamalı geometri içerisinde yer alan delaunay üçgenlemesi yapılırken her bir noktayı kendisine en yakın nokta ile birleştiren doğru parçası bir üçgen kenarını

oluşturmaktadır (Şekil 1.1). Oluşan üçgenler en olası eşkenar üçgenlerdir (eşaçılık özeliği).



Şekil 1.1. Delaunay üçgenlemesi

Bir noktanın voronoi çokgeni herhangi bir noktayı, kendisine en yakın konumdaki komşu noktalardan ayırmaktadır. Şekil 1.2' de görüldüğü gibi çokgenin kenarları, nokta ile komşu noktaları birleştiren doğru parçalarının kenar orta dikmelerinden oluşmaktadır (Yanalak, 2001).



Şekil 1.2. Voronoi poligonları

Bu çalışmada bitki dağılım düzgünlü yaşam alanları yönünden değerlendirilmiştir. Yaşam alanları belirlenirken voronoi poligonları kullanılmıştır. Poligon alanları daireye ne kadar yakınsa yaşam alanlarının o kadar iyi olduğunu göstermektedir. Özellikle yatay düzlemdeki bitki dağılımının çizinin sağına ya da soluna doğru bozulması poligonların sağa ya da sola daha fazla kaymasını sağlayacak

ve daireselliğini bozacaktır. Bu nedenle iki boyutlu tohum dağılım düzgünlüğü hakkında değerlendirme yapmada voronoi poligonlarının kullanılması etkin bir yöntemdir.

1.5. Mısır Bitkisi

Mısır; kullanım alanlarının artışıyla önemi günden güne artan bir bitkidir. Önceden sadece insan ve hayvan beslenmesi için düşünülen mısır tanesi, kompozisyonunda taşıdığı besin maddeleriyle nişasta bazlı şeker sanayinin, bitkisel yağ sanayinin ve biyodizel yakıt üretiminde ham madde olmuş ve bu öneminden dolayı ekim alanı yönünden dünyada ikinci sıraya yükselmiştir (Koca ve ark., 2010).

Ülkemizde ise 2004'den bu yana mısırın hızla artan ekim alanı, üretimi ve verimine karşın talebi karşılayacak üretim miktarına ulaşılamamıştır. 2007 yılı itibariyle 550 bin ha üretim alanı ve 3.8 milyon ton üretimi olan mısırın tüketimi ise yaklaşık 4.8 milyon ton olup üretim ile tüketim arasındaki bu fark ithalat ile kapatılmaktadır (Koca ve ark., 2010).

Mısır ekim alanı ve üretim bakımından genel tarla ziraatı içerisinde küçük bir yere sahip olan Konya'da, Konya Ovası Projelerinin (KOP) peyder pey devreye girmesiyle sulanan alanlarda mısırın münavebeye girme şansını giderek artırmakta ve önemli bir üretim potansiyelini ortaya çıkarmaktadır (Ayrancı ve Sade, 2004).

1.6. Tarımda Uzaktan Algılamada Kullanılan NDVI

Uzaktan algılama, fiziksel temas olmadan yersel ve zamansal değişiklikleri değerlendirmek için herhangi bir platformdan ve mesafeden yapılan ölçümlerle nesneler hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı olarak tanımlanır (Vatandaş ve ark., 2005).

Uzaktan algılama, aktif ve pasif olmak özere ikiye ayrılır. Bunlardan aktif uzaktan algılama, incelenecek cisim ya da yüzeye yapay olarak gönderilen, enerjinin, yansıdıktan sonra analiziyle karakterize olur. Radar (Radio detection and ranging) olarak adlanan, aktif yöntem, bu sınıf içerisinde yer alır. Pasif uzaktan algılama ise, doğada tamamen doğal yollarla güneş ışınımı, aracılığıyla yayılan elektromanyetik radyasyonun cisim ve yüzeylerle etkileşimde bulunarak onların fiziksel, ve kimyasal özellikleri hakkında istenilen bilgileri, sağlama yöntemi olarak aktif uzaktan algılamadan ayrılır (Kavak, 1998).

Uzaktan algılamanın esası, yeryüzündeki tüm obje veya olguların değişik dalga boylarındaki elektromanyetik radyasyonu yansıtma veya yaymadaki farklılıklarının, bu obje veya olguların tespitinde kullanılmalarına dayanır. Dolayısı ile yeryüzündeki her bir obje veya olgunun farklı elektromanyetik enerji dalga boylarına karşı yapmış olduğu tepkime farklı olacağı için her birinin kendine has bir spektral imzası oluşur. Örneğin, etrafımızda gördüğümüz renkler aslında, objelerin kendilerine has özelliklerinden dolayı elektromanyetik enerjinin gözle görünür dalga boylarının bulunduğu elektromanyetik spektrum bölgesindeki dalga boylarının bir kısmını soğurup bir kısmını geçirdikten sonra yansıttığı kısmına verilen isimlerdir (Çorumluoğlu ve ark., 2007).

Bitkilerin farklı dalga boylarındaki güneş ışınlarına verdikleri bu tepkilerden yaralanılarak uzaktan algılama tekniğinin tarım alanındaki kullanımında bitki örtüsüne ait bazı özellikleri belirlemek amacıyla çeşitli deneysel bitki indeksleri geliştirilmiştir.

Yakın zamana kadar kullanılan en yaygın bitki indeksi, normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI)'dir (1) ve bu indeks, bitkilerin yakın kızılötesi dalga boyundaki enerji biçimi için verdiği yüksek yansıma ve görünür bölgedeki kırmızı dalga boyundaki enerji için verdiği yüksek absorpsiyon özelliğinden yararlanılarak geliştirilmiştir.

$$\text{NDVİ} = \frac{\text{NIR} - \text{VIS}}{\text{NIR} + \text{VIS}} \qquad (1)$$

Bu eşitlikte,

NDVİ: Normalize edilmiş bitki indeksi

NIR: Bitkiden yansıyan yakın kızılötesi dalga boyundaki ışın yüzdesi

VIS: Bitkiden yansıyan görünür dalga boyundaki ışın yüzesi

1.7. Tarımsal Alanda GPS ve CBS Kullanımı

GPS sistemin amacı, yörüngeleri bilinen uydulardan eşzamanlı olarak gönderilen sinyaller yardımıyla bağıl uzaklıkları ölçerek GPS alıcısının konumunu belirlemektir (Eren ve Uzel, 1995). Dünyanın her yerinden 24 saat boyunca hava koşullarından bağımsız olarak, kullanıcılara üç boyutlu konum, hız ve zaman bilgisi sağlayan uydu bazlı bir sistemdir. Sistemde çalışan 21 asıl 3 yedek olmak üzere toplam 24 adet uydu bulunmaktadır. Ancak ortalama ömrü 10 yıl olan bazı uyduların hala sorunsuz olarak çalışması nedeniyle Kasım 2005 tarihi itibariyle toplam 30 adet GPS uydusu faaliyet göstermektedir. Uydular, dünyanın çevresinde 6 farklı yörünge düzlemi üzerinde

hareket etmektedirler. Yerden yükseklikleri 20200 km olup dünya çevresindeki dolanımlarını yaklaşık 11 saat 58 dakikada tamamlamaktadırlar. Yörünge düzlemleri ekvator düzlemi ile 55° lik açı yapacak eğikliğe sahiptir. Uyduların bu şekildeki tasarım ve geometrik düzeni ile dünya üzerinde herhangi bir yerden herhangi bir anda en az 4 adet uydu görülebilmesi amaçlanmıştır. Çünkü yeryüzündeki bir alıcının koordinatlarının belirlenebilmesi için eşzamanlı gözlenebilen en az 4 uyduya ihtiyaç duyulmaktadır (Salgın, 2007).

GPS alıcılarından, özellikle kurulacak bir CBS için toplanacak değişik öz nitelik verilerine ait konumsal bilgilerin üretilmesinde bir avuç içi bilgisayar ile entegre olarak faydalanılabileceği gibi, uzaktan algılamanın kullanıldığı durumlarda ise, yer doğrulama verileri ile birlikte toplanacak konumsal verilerin elde edilmesinde de faydalanılmaktadır. Buların dışında, tarım arazilerinin yüksek doğruluklu, sayısal haritalarının hızlı bir şekilde GPS tekniğiyle üretilmesi de imkan dahilindedir. GPS kullanılarak, hızlı, kolay ve yüksek bir doğrulukla arazinin sayısal haritasının üretilmesi, hassas tarımın arazide gereksinim duyacağı temel konumsal verileri sağlama açısından oldukça önemlidir (Çorumluoğlu ve ark., 2007).

CBS genel manada, konumsal verilerle tanımlanan değişik konulardaki verileri kullanma ve analiz etme kapasitesine sahip bilgisayar tabanlı bir araçtır (Yomralıoğlu, 2000). Bu veriler sayısal ortama daha önceden girilmiş veya kağıt üzerinde tutulan mevcut kayıt verileri olabileceği gibi, devlet kurumlarının yapmış olduğu kayıtlardan, hava fotograflarından veya bir GPS alıcısından elde edilen verilerden de oluşabilir (Çorumluoğlu ve Aydın, 2002). CBS teknolojisi, farklı kaynaklardan elde edilen veriler arasında ilişki kurma ve sonuçları görüntüleme kapasitesinin yanı sıra istatistiki analizler ve sorgulamalar yapan genel veri tabanı işlemlerine de olanak sağlayarak bütünleşik sonuçlar üretebilme imkanı verir. Örneğin, konu arazi toprağındaki besin dağılımı ile toprak tipi arasında bir ilişki kurarak, yetiştiriciye, bu bilgiyi analiz edip, arazideki verimi düşük toprağın verimini arttırıcı çalışmaları yapma imkan ve seçeneklerini sunar ve böylece hasat zamanında o alandan alınacak ürünün rekoltesini arttırma olanağı sağlar (Çorumluoğlu ve ark., 2007).

CBS' nin temel bileşenleri; donanım, yazılım, veri, kullanıcı ve kullanılan yöntem olmak üzere beş temel grupta incelenebilir (Geymen ve Dedeoğlu, 2016). CBS'in önemli bileşenlerinden olan veriler mekânsal ve mekânsal olmayan veriler olmak üzere iki sınıfta toplanır. Mekânsal (geometrik) veriler, yeryüzünde herhangi bir coğrafi konuma ait doğal ve yapay objelerin geometrisi veya konumunun sayısal

ifadeleridir. Mekânsal olmayan (geometrik olmayan) veriler ise geometrisi belirlenen bu objelerin tanımlayıcı ve açıklayıcı özellikler taşıyan öznitelik verileridir (Erbay ve ark., 2018)

Tüm alanlarda olduğu gibi tarımsal üretim aşamasında; üretimi olumsuz etkileyen unsurların incelenmesi ve gerekli olan tedbirlerin alınması, bilgilerin en hızlı ve etkin biçimde değerlendirilip sorunların çözülmesi gerekmektedir. Günümüzde bilgi teknolojileri çok farklı alanlarda, farklı meslek gruplarında, farklı amaçlarla insanlara yoğun bir şekilde hizmet etmektedir. Bu bilgi teknolojilerinden Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ekonomik, politik, sosyal ve kültürel, mühendislik gibi birçok alanda kaynakların yönetimi ve birbirleri ile entegrasyonunun yapılmasındaki karmaşık analizlerin hızlı ve verimli gerçekleştirilmesinde önemli bir yere sahiptir (Gençoğlu ve Uçan, 2016)

Bu çalışmanın amacı, tarımsal üretimde bitki skalasında hassasiyet gerektiren uygulamalara veri sağlamak amacı ile bitkilerin haritalanmasında akademik alanda daha önce kullanılmamış olan daha etkili ve düşük maliyetli temeli uzaktan algılamaya dayalı yöntem geliştirmektir. Ayrıca, çalışma kapsamında operatör kontrollü, GPS kontrollü ve yerli üretim otomatik kontrollü yönlendirme sistemi ile ekim yaparak bitki dağılım düzgünlüğünü GPS, CBS hesaplamalı geometri ile yaşam alanı yönünden değerlendirmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Geleneksel ve hassas tarımdan sonra ortaya çıkan yeni bir yaklaşım olan bitki skalasında çiftçilik ve yetiştiricilik süresi boyunca başlı başına bitkiyi referans alan daha yüksek çözünürlüklü yoğun ve sürekli veriye ihtiyaç duyar. Bu yaklaşımda en önemli noktalardan birisi her bitkinin konumlarının ayrı ayrı belirlenerek bitki haritalarının elde edilmesidir.

Tarım ürünlerinin noktasal olarak haritalanması mekanik yabancı ot kontrolü gibi sonraki tarla uygulamalarında optimizasyon amaçlı kullanılabilir (Griepentrog ve ark., 2006; Griepentrog ve ark., 2007). Tarımsal üretimde bitkilerin yerlerinin haritalanması takip eden tarla işlemlerinde özellikle de hassas sistemlerde kullanılabilir veriler elde edilmesini sağlar (Griepentrog ve Blackmore, 2007).

Yahya ve arkadaşları (2009) traktör uygulamalarının performansını coğrafi konumuna göre kaydederek haritalamayı sağlayan veri alma ve diferansiyel GPS sistemini Massey Ferguson 3060 model traktör üzerine başarılı bir şekilde yerleştirmişlerdir. Bu sistem ile traktör üzerine yerleştirdikleri transduserler ile traktör teorik hızı, gerçek hızı, yakıt tüketimi, arka tekerlek torku, PTO torku, işleme derinliği gibi ölçümleri gerçek zamanlı olarak ölçülmekte, görüntülenmekte ve kaydedilmektedir. Aynı zamanda sisteme entegre DGPS ile traktör uygulamalarındaki tarla performansı spatial olarak haritalanabilmektedir. Geliştirilen sistemin killi tınlı toprakta diskli pullukla tarla performansının haritalanmasında başarılı olduğu belirtilmiştir.

Griepentrog ve Blackmore (2007), ekim kontrol ve robotik tohum yerleştirme sistemi geliştirmişlerdir. Ekim işleminde tohum haritalamak için pasif veri kaydetme sistemi ve aktif grid ekici sistem kullanılmıştır. Sistem ile temel olarak tohumların en iyi gelişim durumu sağlanacak şekilde özellikle sıralar arası optimum tohum dağılımını sağlamak için ekici düzenlerin birbiriyle senkronize çalışması sağlanır ve aynı zamanda araç üzerindeki navigasyon sistemi ile her ekici ayağın tohumu bıraktığı anda konumu daha sonraki işlemler için kaydedilir. Ayrıca sistemin topladığı tohum haritalarını kullanarak çalışan bir sıra arası ve sıra üzeri harita tabanlı GPS ile çalışan çapalama ünitesi geliştirilmiştir. Çapalama makinası her bitkiye haritadan konumlarına göre ayrı ayrı muamele yapacak şekilde dizayn edilmiştir. Deneme sonucunda çapalama ünitesinin 2 km/h çalışma hız ile tarlanın % 84'ünü, 4 km/h hızla % 79' unu işlediği görülmüştür.

Karayel (2010), ekim sonrası tohum dağılımını incelemek için bitkilere düşen yaşam alanını incelemiş, yaşam alanının değerlendirilmesinde hesaplamalı geometriden faydalanılmıştır. Aynı zamanda sıra üzeri uzaklıkların ölçülmesine dayalı dağılım düzgünlüğü de belirlenmiştir. Çalışma sonucunda özellikle sıra arası daraldıkça dağılım düzgünlüğünün yaşam alanı ile değerlendirilmesinin daha iyi sonuç vereceği bildirilmiştir.

Tillett ve arkadaşları (1998), bitki skalasında çiftçilik için robotik bir sistem geliştirmişlerdir. Karnabahar bitkisi yaptıkları çalışmada tarlada noktasal olarak doğrudan her bitkiye ayrı ayrı ilaçlama yapan otonom kontrollü bir araç geliştirmişlerdir. Küçük bir bahçe traktörü üzerine navigasyon ve bilgisayarlı kontrol ünitesi yerleştirmişler ve aynı zamanda CCD, hareket sensörü ve pusula gibi algılayıcılarla donatmışlardır. CCD ve diğer algılayıcılar ile alınan verileri analiz edilerek araç kontrol verisi ve bitkilere yapılacak uygulamanın miktarı elde edilmiş ve her bitkinin ihtiyacına göre ilaçlama memelerini uygun olarak ayarlayan araç üzerindeki selenoid valflerin kontrol edilmesi sağlanmıştır.

Moon ve arkadaşları (2013) traktör için etkili yol noktası tabanlı navigasyon algoritması geliştirmek amacıyla bilgisayar similasyon modeli geliştirmişlerdir. Bilgisayar simülasyonu kavisli yolda bir traktörün kinematik hareketi ve tekerlek patinaj ve toprak yanal kuvveti karakteristikleri temel alınarak yapılmıştır. Simülasyon programının testi RTK-GPS alıcılı ve otomatik yönlendirme sistemli Tong Yang TX 803 marka bir traktör ile yapılmıştır. Testlerde traktörün izlediği yol ile simülasyon ile elde edilen yol ile yakın olduğu görülmüştür.

Derrick ve Bevly (2009) düz bir sıra takip eden tarım tarım traktörünün yanal pozisyonunu kontrol etmek için model referanslı bir adaptif kontrol sistemi uygulaması üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada tarım traktörlerinin farklı uygulamalar için farklı ekipmanların bağlandığı konfigürasyonlarında traktörün yatay pozisyonlara istikrarlı tepkiler vermesi amaçlanmıştır. Algoritmanın simülasyon sonuçları bakımsız yönlendirici aktüatörü nedeniyle düşük performans göstermiş olup, aktüatör hesaba katılarak algoritmada yapılan modifikasyonlar ile ideal performansa yaklaşılmıştır.

Altinkaradağ (2014); traktörler için otomatik dümenleme sistemi geliştirmek ve bu sistemin traktörlere monte edilerek testlerinin gerçekleştirilmesi için yaptığı çalışmada; direksiyon kontrol ünitesi, konum belirleme sistemi, kullanıcı ara yüzü ve merkezi kontrol ünitesinden oluşan bir sistem geliştirmiştir. Otomatik dümenleme sisteminde traktörün konumu küresel konum belirleme sistemi ile belirlenmiştir. Bu

konum bilgilerini işleyen bir elektronik kontrol ünitesinin verdiği komutlar sayesinde elektrohidrolik valfler traktörü yönlendirilmiştir. Geliştirilen sistemin laboratuar testlerinde konum belirleme sistemi testi, rota takibi testi, valf ile dümenleme kontrol testi, CAN BUS ile GNSS verilerin alımı testleri ve dümenleme açı testleri sonucunda bileşenlerin sorunsuz ve uyumlu bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Saha testleri olarak GNSS sabit noktalarda ve yolda denenmiş ve verileri kaydedilmiştir. Rota takip performansı testinde geliştirilen kameralı ölçme sistemi ile yapılan testlerde en küçük ortalama sapma değeri 0,44m olarak 18 km/h hızda, en büyük ortalama sapma değeri ise 0,124m olarak 2,4 km/h hızda ölçülmüştür. Tarlada ekipmansız olarak yapılan testlerde ortalama olarak 0,163 m sapma ölçülmüştür. Ekipmanlarla yapılan testlerde ortalama sapma 0,32 m olarak ölçülmüştür. Tarla testleri sonucunda, ekipmanların otomatik dümenleme sisteminin performansına etki ettiği saptanmıştır. Kontrol yapısının hıza bağlı olmaması sebebiyle hızın artmasıyla sapmaların azaldığı ortaya çıkmıştır.

Baio (2012) şeker kamışı hasadında otomatik yönlendirme sisteminde kullanımın doğruluğunu, kamış kaybı ve operasyonel tarla etkinliğini manüel yönlendirilen bir sistem ile karşılaştırmıştır. Tarla testlerinde otomatik yönlendirmeli ve manüel yönlendirme sistemi kullanılarak birbiriyle karşılaştırılmıştır. Uygulamalar gece ve gündüz 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Uygulamalar sırasında hasat makinesinin planlanan ve gerçekte izlediği yollar arasındaki hatayı belirlemek için konumu kaydedilmiştir. Sonuç olarak planlanan yollar ile makinenin izlediği yollar arasındaki doğruluk bakımından gece ve gündüz uygulamalarında otomatik kontrol sistemi daha iyi sonuç vermiştir. Otomatik yönlendirme sistemi ile kamış kaybında önemli bir azalma olmadığı görülmüştür. Operasyönel tarla etkinliğinin otomatik ve manuel yönlendirme sistemlerinde aynı olduğu görülmüştür.

Zhang ve arkadaşları (1999) Case-IH Magnum[1] 7220 tarım traktörü üzerinde otomatik yönlendirmeli tarım aracı araştırma platformu geliştirilmiştir. Otomatik yönlendirme bilgisi sağlamak için bu platformda GPS, jeomanyetik yön sensörleri ve makine görüş sistemleri kullanılmıştır. Tarla testleri otomatik olarak giden aracın maksimum sapmasının sensör bileşenleri ile 0,15 m'den az, GPS- jeomanyetik yön sensörleri ile 0,20 m'den az ve sadece görüş tabanlı direksiyon kontrol stratejileriyle 0,15 m'den az olduğunu göstermiştir. Test sonuçları; bu yönlendirme sisteminin tarımsal traktörler için istenen yollarda tatmin edici otomatik yönlendirme gerçekleştirebildiğini göstermiştir.

Gan- Mor ve Clark (2001) yaptıkları bir çalışmada çiftçilerin trafiği kontrol etmek için santimetre doğruluğunda GPS temelli otomatik yönlendirme sistemi kullanarak hektar başına 22 dolar kar edebileceklerini bildirmişlerdir.

Weidong ve arkadaşları (2010) düz hat uygulamalarında tarlada ilerleyen tarım makineleri için lightbar ile destekli yönlendirme sistemi geliştirmiştir. Sistem Visual Basic 6.0, MapObjects 2.2, RS232 seri port iletişimi, DGPS, dokunmatik ekran, elektronik harita bileşenleri kullanılarak geliştirilmiştir. Sistem lightbar yönlendirmesi ile tarımsal aracı yönlendirebilir şekilde tasarlanmıştır. Sistem, tarım makinelerinin yönlendirme işlevini gerçekleştirebilecek, işletme seyrini kaydedebilecek ve tarımsal üretim ve bilgi yönetimi için uygun olan alanı ve uygulamayı hesaplayabilecek şekilde geliştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda sapmanın ± 0.25m aralığında olduğunu görülmüştür.

Keskin ve arkadaşları (2018) otomatik yönlendirme sistemlerini kullanan yaklaşık 110 çiftçiden 55'inin yüz yüze görüşme yöntemiyle deneyimlerini ve memnuniyetlerini değerlendirmişlerdir. Çiftçilerin büyük bir kısmının (% 34.5) 200-300 hektarlık bir arazi alanına, ardından 50-100 hektarlık bir alana (% 23.6) sahip olduğu görülmüştür. En yaygın (% 49.1) GNSS sinyal düzeltme yöntemi, yıllık abonelik ücreti gerektiren RTK + CORS + GSM'dir. Katılımcı çiftçiler otomatik yönlendirme sistemini daha çok toprak işlemede (% 98.2), ardından ekim (% 47.3) ve gübreleme (% 29.1) işlemlerinde kullanmaktadır. Karşılaştıkları sorunların çoğu (% 83,3) donanımla ilgilidir. Sistemin sağladığı en büyük faydalar düz toprak sırtları (% 98.2), esnek çalışma saatleri (% 92.7), zaman tasarrufu (% 80.0), yakıt tasarrufu (% 80.0) ve iş gücü tasarrufu (% 50.9) olarak belirlenmiştir. Kullanıcıların çoğunluğu sistemden "Çok memnun" (% 81,8) ve "Memnun" (% 16,4) olarak belirlenmiştir. Ancak bunların% 96,4'ü diğer Hassas Tarım teknolojilerini kullanmamakta ve en büyük nedeni (% 54,5) hakkında herhangi bir bilgiye sahip olmamalarıdır. Bu nedenle çiftçilerin diğer Hassas Tarım teknolojileri konusunda eğitime ihtiyaçları olduğu ortaya çıkmıştır.

Keskin ve arkadaşları (2017), dört farklı tarihte değişen hız koşullarında arazi hızını ölçmek için iki düşük maliyetli GPS alıcısının etkinliğini araştırmışlardır. Bir tarım traktörüne monte edilmiş yardımcı tekerlek üzerindeki bir döner şaft encoder referans olarak kullanılmıştır. GPS hızı ile enkoder hızı arasında hem artan hem de azalan hızlarda gecikme süresi olduğu gözlenmiştir. Alıcı 1 için ortalama gecikme süresi 3.6 ile 5.2 sn arasında bulunurken, alıcı 2'nin 1.7 ila 2.5 sn arasında bir gecikme süresi bulunmuştur. GPS alıcıları sabit hızlı çalışma koşullarında güvenilir veriler

sağlamıştır; ancak düşük maliyetli GPS alıcıları kullanılırken değişen hız koşullarında dikkatli olunmalıdır.

Tekin ve Fornale (2019), mekansal heterojenliği haritalamak ve bitki koşulları ile ilişkisini araştırmak için düşük maliyetli ve uygulaması kolay bir sistem geliştirmiştir. Çalışma ile Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksinin (NDVI) İHA tabanlı görüntü yakalama aracı ile kolay bir şekilde üretilmesi amaçlanmıştır. Sisteminin ana parçaları, satın alınan İHA ve modifiye edilmiş dijital kameralardır. Bu çalışma için ticari uçak modelleri kullanılarak iki farklı sabit kanatlı İHA üretilmiş ve açık kaynak kodlu otopilot yazılımı kullanılmıştır. Görüntüleri yakalamak için iki küçük dijital kamera (Nikon ve Canon) test edilmiştir. Bunlar 380 nm ila 1100 nm arasında değişen elektromanyetik enerjiyi yakalamak için modifiye edilmiştir. Kamera kalibrasyon testleri yapılmış ve İHA tabanlı görüntü elde etme sistemi başarıyla geliştirilmiştir.

Talebpour (2016) gelişme döneminde bitkinin azot durumunu belirlemek için, yakın algılama tekniğinin kullanılması ve değişken oranlı gübre uygulamaları için ucuz ve basit bir sistemin tasarlanmasını amaçlamıştır. Araştırmada iki farklı şeker pancarı çeşitine azotun 5 değişik oranı (0, 60, 90, 120, 150 kgN/ha) uygulanarak tesadüf blokları deneme deseninde farklı azot oranlarının, verim, şeker içeriği, α-amino N ve NDVI değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Deneme sonucu kuadratik polinom modelinde verim ve şeker içeriği ile azot oranları arasındaki ilişki tanımlanarak, 115.64 kgN/ha azot gübrelemesinin verim ve şeker içeriği için optimum miktar olduğu belirlenmiştir. Araştırmada NDVI değerlerinin kullanılması 93. gün ekim tarihinden sonra yaklaşık 1486 CGDD' inde önerilmiştir. Bu döneme ait NDVI değerleri ile azot oranları arasındaki ilişkiden yararlanarak, bitkinin azot durumu, dolayısıyla üst gübrelemede kullanılması gereken azot gübre miktarı belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında gübre yönetim alanlarını dikkate alarak değişken oranlı gübreleme işlemini gerçekleştirmek amacıyla bir sistem geliştirilmiştir. Yazılım, GPS, kontrol ve ayarlama bölümlerinden oluşan sistemin performansı enterpolasyon doğruluğu ve yanıt süresi açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar enterpolasyon işleminin doğruluğunu 0.94 (R^2) olarak belirlenirken, yanıt süresi 1 m/s ilerleme hızında artan ve azalan gübre oranları için sırasıyla 4.44 s ve 4.63 s olarak belirlenmiştir.

Uav kullanılan bir çalışmada (Berni ve ark., 2009) insansız hava araçları ile uzaktan algılama verilerinin elde edilebilirliği incelenmiş ve tarımsal alanların görüntülenmesinde kolay bir şekilde bu araçların kullanılabileceği gösterilmiştir.

Sakamoto ve arkadaşları (2012) ucuz kamera sistemi ile ürün gelişimindeki dönemsel değişimleri gözlemlemişler ve sistemin etkin olduğunu belirlemişlerdir.

Hassan ve arkadaşları (2019) sulu ve susuz yetiştirilen otuz iki buğday çeşidinde, bir İHA üzerine monte edilmiş Sequoia sensörü kullanılarak büyüme döngüsü boyunca NDVI'ı gözlemlemiştir. Çalışmada İHA ve Greenseeker 'den tespit edilen NDVI arasında R^2 = 0.38 ila 0.90 arasında anlamlı korelasyonlar gözlenmiştir.

Guan ve arkadaşları (2019) yüksek çözünürlüklü normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) değerlerini belirlemek için küçük insansız hava araçları (İHA) kullanmıştır. Multispektral algılama için, kompakt bir multispektral sensör (Parrot Sequoia) ile donatılmış iki tip küçük İHA (DJI Phantom 4 ve DJI Phantom 4 Pro) kullanılmıştır. Görüntü işleme sırasında, NDVI haritalarının bir grubundaki deneysel grafiklerde veya alanlarda NDVI değerlerini hesaplamak için bir toplu görüntü hizalama algoritması geliştirilerek kullanılmıştır. Pirinç için, tahıl verimi ile NDVI arasında en yüksek ilişki erken üreme ve geç olgunlaşma aşamalarında elde edilmiştir. Buğday için, NDVI değerleri orta üremeden erken olgunlaşma aşamalarına kadar verim ile yüksek derecede ilişkili bulunmuştur (R^2 = 0.601-0.809). Ayrıca, NDVI değerlerini kullanarak, hem pirinç hem de buğday için gübre uygulama miktarını tespit etmek mümkün olmuştur. Çalışma sonucunda, İHA ile ele edilen NDVI değerlerinin pirinç ve buğday üretimi sırasında verimi tahmin etmede ve gübre uygulama miktarlarını tespit etmede etkili olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Meteryal

Bu çalışma, Konya ilinde, S.Ü. Ziraat Fakültesi Sarıcalar Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yapılmıştır. Çalışma arazisi köşe noktalarına ait koordinatlar Çizelge 3.1' de verilmiştir. Çalışma mısır ekimi yapmak amacı ile 100 m uzunluğunda 2,8 m genişliğinde 12 adet parsel kullanılmıştır. Şekil 3.1' de deneme arazisinin genel görünüşü verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme arazisine ait köşe noktaları koordinatları

Köşe no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465650,981	4216445,764
2	465701,374	4216440,670
3	465665,901	4216533,914
4	465716,402	4216531,815



Şekil 3.1. Çalışma arazisinin genel görünüşü

Şekil 3.2' de deneme arazisine ait uydu görüntüsü görülmektedir



Şekil 3.2. Deneme arazisine ait uydu görüntüsü

Bu parsellerde ekim sırasında operatör kontrollü, GPS kontrollü ve otomatik kontrollü olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak dört tekerrür halinde tesadüf blokları deneme desenine göre uygulamalar yapılmıştır.

Deneme arazisinden 3 farklı derinlik profilinden alınan toprak örneklerinin analiz edilmesi ile elde edilen toprak özellikleri Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme arazisine ait toprak analiz sonuçları

Derinlik (cm)	0-30	30-60	60-90	Ortalama
Tekstür Sınıfı	Killi-Tın	Killi-Tın	Killi-Tın	
pH	7,44	7,50	7,47	7,47
EC	463,00	393,00	491,00	449,00
Kireç (%)	13,44	13,29	13,29	13,34
Org Madde (%)	2,16	1,43	1,48	1,69
Azot (ppm)	29,01	22,79	37,30	29,70
P (ppm)	9,40	3,84	5,07	6,10
Ca (ppm)	7314,28	7374,92	7449,64	7379,61
K (ppm)	891,47	425,41	397,77	571,55
Mg (ppm)	465,73	429,07	482,43	459,07
Na (ppm)	142,99	157,50	125,47	141,98
Cu (ppm)	1,74	1,72	2,00	1,82
Fe (ppm)	4,06	5,17	5,51	4,91
Mn (ppm)	13,56	10,28	11,31	11,71
Zn (ppm)	0,75	0,26	0,40	0,47
B (ppm)	0,82	0,93	0,15	0,64

Denemede ekim işlemi 16.05.2018 tarihinde, hasat işlemi ise 19.09.2018 tarihinde yapılmıştır. Bu döneme ait Mayıs-Eylül aylarına ait meteorolojik veriler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Mısırın yetişme dönemine ait aylık meteorolojik veriler

Ay	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama rüzgar hızı (m s^{-1})	Bağıl nem (%)	Yağış (mm)
Mayıs	18.1	1.9	68.6	40.4
Haziran	21.0	1.8	55.8	17.2
Temmuz	24.9	3.6	43.8	3.2
Ağustos	24.3	2.8	39.7	2.4
Eylül	20.0	2.8	45.3	7.2

Ekim öncesi daha önceki ürünün hasadı sonrası goble ile sürülmüş ve kazayağı çekilmiş arazide tohum yatağı hazırlamak için Şekil 3.3' görülen arkasında ise dişli merdane bulunan dik milli toprak frezesi kullanılmıştır. Frezede toplam 20 adet dövme bor çeliğinden yapılmış bıçak bulunmakta olup arkasında bulunan dişli merdane 325 mm çapındaki boru üzerine 19 adet 10 mm'lik platinadan oluşturulan dişlerin kaynaklanmasıyla oluşturulmuştur.



Şekil 3.3. Tohum yatağı hazırlamada kullanılan dik milli toprak frezesi

Araştırmada Çizelge 3.4'te bazı özellikleri verilen kuyruk milinden hareket alan, dört sıralı, asılır tip, vakumlu pnömatik hassas ekim makinası kullanılmıştır (Şekil 3.4). Denemede 32 delikli ve delik çapı 4.5 mm olan tohum diskleri kullanılmıştır. Makine sıra arası 70 cm olup sıra üzeri 16 cm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.4. Araştırmada kullanılan hassas ekim makinası

Çizelge 3.4. Pnömatik hassas ekim makinası teknik özellikleri

Uzunluk (mm)	2100
Genişlik (mm)	3400
Yükseklik (mm)	1590
Kuyruk Mili Devri	540
Ayak tipi	Balta

Ara çapa yapmak için önünde kazayağı bulunan 3 tam 2 yarım üniteli frezeli araçapa makinası kullanılmıştır (Şekil 3.5). İlaçlama için 800 L depo hacmine ve yelpaze huzmeli memelere sahip standart tarla pülverizatörü kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Denemede kullanılan ara çapa makinesi



Şekil 3.6. Denemede kullanılan ilaçlama makinesi

Arazide sulama ve gübreleme işlemleri damla sulama sistemi ile yapılmış olup sistem bir ana hat üzerine bağlı lateral damla sulama borularından oluşmaktadır. Şekil 3.7'te damla sulama sisteminin genel görüntüsü görülmektedir.

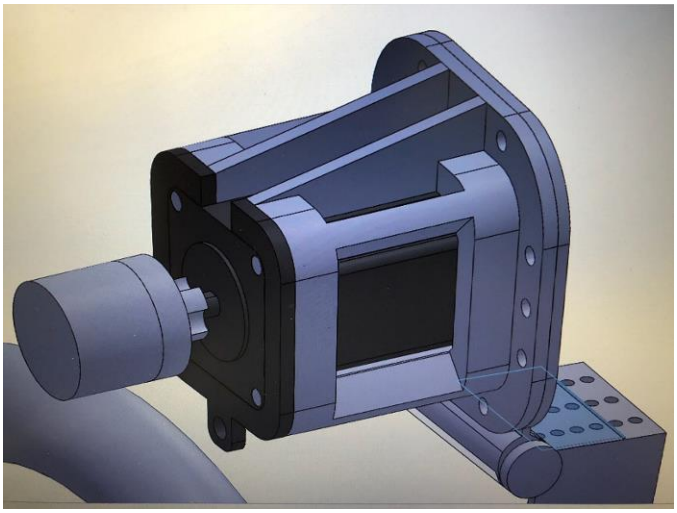


Şekil 3.7. Sulama sistemi

Denemelerde ekim yapılırken GPS kontrollü yönlendirme sistemi olarak Agrisign firmasına ait yönlendirme sistemi kullanılmıştır. Sistem standart dizüstü bilgisayar üzerine kurulu bir yönlendirme yazılımı ve bu bilgisayara bağlı traktör üzerine sabitlenen yüksek hassasiyetli çalışan CORS-RTK temelli GPS ünitesinden oluşmaktadır.

Otomatik kontrollü yönlendirme sistemi ile ekimde ise yine Agrisign firmasına ait yönlendirme sistemine firma tarafından direksiyon kontrol ünitesi, tekerlek açıölçeri vb. ek donanımların ilave edilerek oluşturulan prototip sistem kullanılmıştır. Sistem, standart dizüstü bilgisayar üzerinde çalışan yönlendirme yazılımı, direksiyona hareket veren servo motor, servo motor sürücüsü ve elektronik kontrol donanımından oluşmaktadır.

Sistem ekimde kullanılan NEW HOLLAND marka TD 110 model traktöre monte edilmiştir. Traktöre adapte edilmesi için daha önceden üç boyutlu olarak tasarlanan ve traktör direksiyon üzerindeki vida yerlerine bağlanabilmesi için üzerinde montaj delikleri bulunan sac malzeme lazer tezgâhında kesilerek hazırlanmış ve traktöre bağlanmıştır. Direksiyon; üzerindeki mile kauçuk takoz bağlanan servo motor ile hareket ettirilmekte ve bu servo motor üç boyutlu olarak tasarlanan ve daha sonra 3 boyutlu yazıcı ile oluşturulan plastik kovan içerisine yerleştirilmektedir (Şekil 3.8). Motor kovanı direksiyona monte edilen sac parçaya mafsallı ve yaylı olarak istenildiğinde direksiyondan ayrılabilecek şekilde bağlanmıştır (Şekil 3.9). Sistemin traktör üzerindeki genel görünüşü Şekil 3.10’ de verilmiştir.



Şekil 3.8. Servo motor için yapılan motor kovanına ait üç boyutlu tasarım

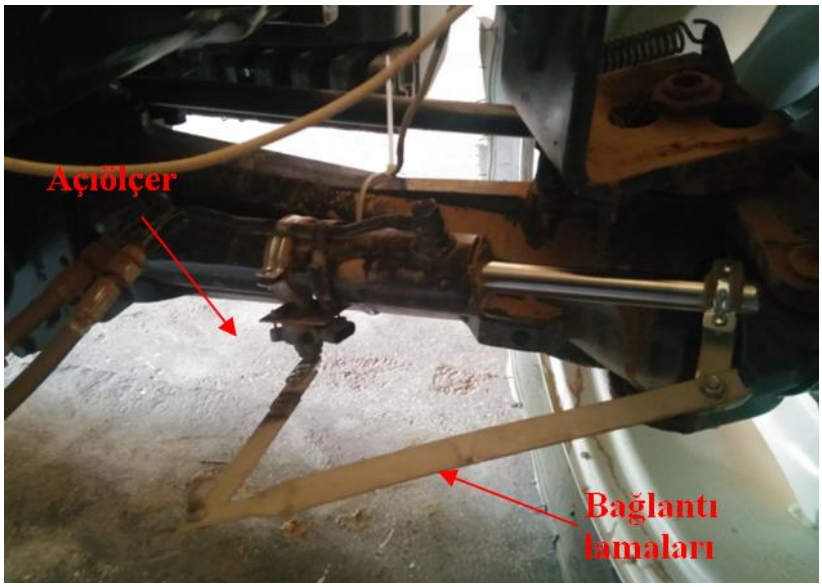


Şekil 3.9. Servo motorun montajı



Şekil 3.10. GPS ve otomatik kontrol sisteminin genel görünüşü

Yönlendirme sisteminin bileşeni ve tekerlek açı değişimini ölçmede kullanılan endüstüriyel açıölçerin montajında birbirine mafsallı olarak vida ile bağlanan iki adet lama ve vidalı kelepçeler kullanılmıştır. Açıölçer ön teker yönlendirme pistonunun silindiri üzerine sabit olarak kelepçe ile montaj edilmiş, lamaların biri açıölçere diğer ucu ise hareketli piston üzerine bağlanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Açıölçerin montaj edilmesi

Yönlendirme sisteminde GPS anteni olarak SL 500 model CORS-RTK prensibine göre çalışan santim hassasiyetinde ölçüm yapabilen GPS cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Yönlendirme sisteminde kullanılan GPS anteni

Yönlendirme sistemi çalışma öncesi AB hattında düz hareket edecek şekilde ayarlanmıştır. GPS anteni yüksekliği, traktöre bağlanan ekipmanın asılır tip olduğu, bağlanan makinenin iş genişliği, uzunluğu, traktörden uzaklığı ve GPS' ten uzaklığı sisteme önceden girilmiştir. GPS kontrollü yönlendirme sistemi ile ekimde servo motor direksiyondan ayrılmakta ve operatör direksiyonu program ekranındaki yönlendirmelere göre sağa yada sola hareket ettirerek kullanmaktadır. Otomatik modda ise servo motor

direksiyona birleştirilmekte ve sistemin otomatik olarak direksiyonu çevirmesi ile yönlendirme yapılmaktadır.

Uzaktan algılama verilerinin elde edilmesinde ADC Lite marka multispektral sensör kullanılmıştır (Şekil 3.13). Bu sensör 3.2 megapiksel (2048 x 1536 piksel) CMOS sensora sahip olup landsat uydusunun TM2, TM3 and TM4 bantlarına eşdeğer yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarını kaydedebilir özelliktedir. Sensörun çalışma voltajı 5-12 V ile olup kamera ile arazide görüntü alınırken 2 hücreli lityum polimer batarya kullanılmıştır. Sensöre ait bazı özellikler Çizelge 3.5' te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Multispektral sensör özellikleri

Sensör Boyutları (mm):	6.55 x 4.92
Piksel Boyutu (mikron):	3.2
Kamera Lensi Odak Uzunluğu (mm):	8.0
Sensör tipi	3.2 Megapiksel CMOS sensör (2048 x 1536 piksel)
Lens tipi	C mount
Hafıza	Kompakt Flash
Gövde	Hafif kompozit gövde



Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan multispektral sensör

Multispektral sensör ile alınan görüntülerde görüntü kalitesi piksel başına düşen uzunluk cinsinden ifade edilmektedir. Yükseklik arttıkça bu değer artmakta, azaldıkça düşmektedir. Kullanılan sensöre ait irtifaya bağlı çözünürlük değerleri Çizelge 3.6' te verilmiştir.

Çizelge 3.6. İrtifaya bağlı piksel başına düşen sensör çözünürlüğü

Yer Seviyesinden Yükseklik (m)	Piksel başına zemin çözünürlüğü (mm)	Kaplama alanı (genişlik x yükseklik) (m)
122	48.8	100 x 75
213.4	85.4	175 x 131
365.8	146.3	300 x 225
915	366	749 x 563

Görüntü almada visual sensörler yerine uzaktan algılama aracı olan multispektral sensör kullanılmasının sebebi, güneşten gelen farklı dalga boylarının bitkiler tarafından emilen-yansıtılan dalga boylarını ölçerek hassasiyeti arttırmak ve fazla ışık, gölge ve diğer bitkilerin oluşturacağı dezavantajları ortadan kaldırmaktır. Bu sensörün ölçtüğü dalga boylarındaki radyasyonun emilme ve yansıtma gibi özelliklere bitkiler daha spesifik tepki verdiklerinden daha keskin bir ayırma yapmak mümkündür.

Deneme alanında uzaktan algılama verilerinin georeferanslandırılması ve görüntüler üzerinde kalibrasyon yapılması amacı ile yer kontrol noktaları tesis edilmiştir. Yer kontrol noktaları yüksek irtifa görüntüleri için arazinin 4 köşesinde 40 mm çapında 1 m uzunluğunda boru malzemenin yere beton ile terazilenerek sabitlenmesi ve üzerine 20 cm çapında teflon plakanın vidalanmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 3.14). Alçak irtifa görüntüleri için ise her parsel içinde ölçüm alınan bölümlerin 4 köşesine çakılan 1 m boyunda çelik profilin üzerine 20 cm çapında teflon plakanın vidalanmasıyla yer kontrol noktaları oluşturulmuştur (Şekil 3.15).



Şekil 3.14. Arazi köşe noktalarına beton ile sabitlenen YKN görüntüsü



Şekil 3.15. Parsellerdeki ölçüm noktalarına sabitlenen YKN'ları

Kalibrasyon amaçlı teflon kullanılmasındaki amaç güneşten gelen elektromanyetik spektrumda bitkileri ayırt etmek amacı ile kullanılacak olan bantları emissive etmeden büyük çoğunluğunu (yaklaşık % 100) geri yansıtmasıdır.

Çalışmada uzaktan algılama platformu olarak DJI marka Inspire 1 V2 model döner kanatlı İHA ve Skywalker model sabit kanatlı İHA kullanılmıştır (Şekil 3.16). Döner kanatlı İHA dahili GPS sensörü, otonom uçuş kontrolü, ulturasonik zemin algılama sensörü donanımlarına sahip olup uçuş sırasında irtifa bilgisini kontrol edildiği telefon ekranına göndermektedir. Sabit kanatlı İHA uçuş kontrolörü ve uçuş bilgilerinin aktarılmasını sağayan telemetriye sahip olup irtifa vb. bilgiler açık kaynak kodlu uçuş kontrol yazılımıyla kontrol edilmektedir. Sensörün İHA' lara bağlanmasında velkro kayışı ve ucak lastik malzemesi kullanılmıştır (Şekil 3.16). Kullanılan İHA'lara ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.7'da verilmiştir.



Şekil 3.16. A: Döner kanatlı görüntüleme sistemi, B: Sabit kanatlı görüntüleme sistemi

Çizelge 3.7. Kullanılan İHA' lara ait özellikler

Döner kanatlı İHA özellikleri	
Ağırlık	3060 g (pervaneler ve pil dahil)
GPS Gezinme Doğruluğu	Dikey: 0,5 m Yatay: 2,5 m
Maksimum Eğim Açısı	35 °
Maksimum Yükselme Hızı	5 m / s
Maksimum İniş Hızı	4,1 m / s
Maksimum Hız	79 km / saat
Max Kalkış Deniz Seviyesi	2500 m
Maksimum Rüzgar Hızı Direnci	10 m / s
Maksimum Uçuş Süresi	Yaklaşık 18 dk
Çalışma Sıcaklığı	-10 ° ila 40 ° C
Maksimum Kalkış Ağırlığı	3500 g
Kontrol mesafesi	3500 m
Sabit kanatlı İHA	
Model	Skywalker
Uçuş süresi	1 saat
Kanat açıklığı	1,8 m

Döner kanatlı İHA ile görüntü alımı için üreticisi firmaya ait DJI GO programı cep telefonuna yüklenmekte ve telefonun İHA kumandasına USB portu bağlanmasıyla

uçuş bilgileri telefon ekranında görülmektedir (Şekil 3.17). Görüntüler alınırken bu program ile uçuş irtifası kontrol edilmiştir.



Şekil 3.17. Drone kontrol yazılımına ait ekran görüntüsü

Sabit kanatlı İHA dizistü bilgisayara yüklenen açık kaynak kodlu uçuş kontrol yazılımı ile kontrol edilmiş ve sabit irtifada görüntü alması sağlanmıştır.

Çalışmada yer kontrol noktalarının ve bitkilerin koordinatlarının belirlenmesinde CORS-RTK prensibine göre çalışan santim hassasiyetinde ölçüm yapabilen SATLAB marka SL 500 model GPS, el terminali, topcon marka carbon fiber jalon ve standart terazili tripod kullanılmıştır (Şekil 18-19).



Şekil 3.18. Denemede kullanılan SL 500 GPS sistemi



Şekil 3.19. Denemede GPS Jalon ve tripod

Çalışmada multispektral verilerin analiz edilmesinde PixelWrench2 programı kullanılmıştır. PixelWrench2, multispektral görüntülere özgü araçlar içeren güçlü bir görüntü düzenleme programıdır. Program, Tetracam algılama sistemleri olan ADC veya MCA ailesinden NIR / Yeşil / Kırmızı veya diğer yakalanan görüntü bantlarını işleyerek, kullanıcı tanımlı veya standart algoritmalara göre bitki stresi veya izlenen spesifik özelliklerin görüntülenmesi için yeniden oluşturur. Program ile çok bantlı görüntülerden bitkiye dair özelliklerin elde edildiği ve farklı renklerle görünmesi sağlandığı birçok bitki indeksinin hesaplaması yapılabilmektedir.

PixelWrench2 programında spektral analiz yapılan görüntülerde bitki yerlerinin belirlenmesinde ve bitki tohum izdüşüm alanlarının belirlenmesinde FIJI görüntü işleme programı kullanılmıştır. Fiji programı, yaşam bilimleri alanında verileri işlemesi ve analiz etmesi için güçlü bir yazılım olup açık kaynak kodludur. Ayrıca daha sonra görüntüler üzerinde düzenleme yapmak amacı ile GIMP görüntü düzenleme programı kullanılmıştır. GIMP, GNU / Linux, OS X, Windows ve diğer işletim sistemleri için kullanılabilen platformlar arası bir görüntü düzenleyicisidir.

GPS ile alınan konum verilerinin uygun dönüşümlerinin yapılmasında Satlab GNSS Ofis Yazılımı ve Google Earth yazılımı kullanılmıştır. Bitkilerden ve yer kontrol noktalarından alınan konum verilerinin görüntülenmesi işlenmesi, voronoi poligonlarının oluşturulması, alanlarının ve çevrelerinin hesaplanması, uzaktan algılama görüntülerinin georeferanslandırılması, gerçek bitki konumları ile görüntülerden belirlenen bitki konumlarının arasındaki mesafelerin ölçülmesi işlemleri QGIS CBS programı ile yapılmıştır. QGIS Açık Kaynaklı bir Coğrafi Bilgi Sistemi olup ücretli ve güçlü CBS yazılımlarında mevcut olan birçok özelliği barındırmaktadır. QGIS şu anda çoğu Unix platformunda, Windows ve macOS'ta çalışmaktadır. QGIS, Qt araç kiti (https://www.qt.io) ve C ++ kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanımı kolay bir grafik kullanıcı arayüzüne (GUI) sahiptir.

Kullanılan programların çalıştırılması ve diğer veri analizler için Asus marka Intel Core i5 2.4 GHz işlemciye, 4 GB belleğe ve 320 GB sabit sürücüye sahip standart bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. İstatistik analizer Minitab programında yapılmıştır.

Ekilen tohumların boyutlarını ve arazide bitki çaplarını ölçmek için 0.01 mm hassasiyete ve 0-200 mm ölçüm aralığına sahip dijital kumpas kullanılmıştır. Tohumların bindane ağırlığı ölçümlerinde 0.01 g hassasiyetinde dijital göstergeli elektronik hassas terazi kullanılmıştır. Bitkilerin arasındaki mesafelerin ölçülmesi amacıyla 10 m uzunluğunda bir çelik şerit metre kullanılmıştır. Arazide hasat sırasında bitkilerin ağırlıklarını ölçmek amacı ile 1 gram hassasiyetinde 4 V’ luk şarjlı terazi kullanılmıştır.

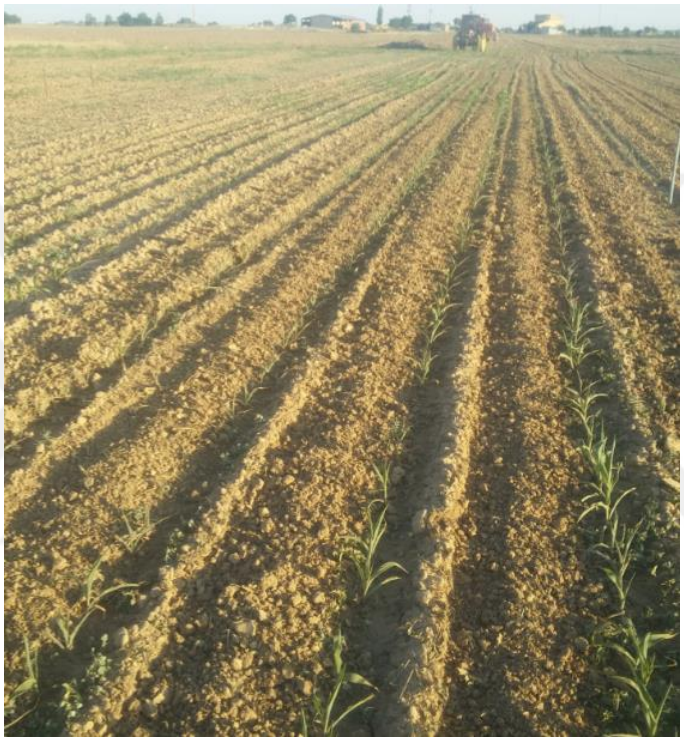
Tohumların kritik hızlarının belirlenmesinde invertör elektrik motoru, fan ve hava sütunu kısımlarından oluşan kritik hız ölçüm düzeni kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Arazide ekim yapılmadan önce dik milli freze ile tohum yatağı hazırlamıştır. Sıra arası mesafesi 70 cm olan ekim makinasının sıra üzeri mesafesi 16 cm olarak ayarlanmış olup ekim makinası gübre normu dekara 40 kg DAP olacak şekilde ayarlanmıştır.

16 Mayıs 2018 tarihinde operatör kontrollü, GPS yönlendirmeli ve otomatik yönlendirmeli olmak üzere 3 farklı yöntemle tesadüf blokları deneme düzenine göre 4 tekerrürlü olarak ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir parselin genişliği 2.8 m uzunluğu 100 m’ dir.

28 Mayıs 2018 tarihinde ilk filiz çıkışı gerçekleşmiş olup 09 Haziran 2018 de çıkış tamamlanmıştır. Sulama işlemi damla sulama ile yapılmış olup yetiştiricilik boyunca toplamda 496 mm su verilmiş ve üst gübre uygulaması da ara çapalardan sonra dekara toplamda 40 kg üre formunda damla sulama ile verilmiştir. Yetiştiricilik döneminde 1 kere ara çapa, 1 kez yabancı ot ilaçlaması yapılmıştır. Yabancı ot ilacı olarak dekara 70 ml gelecek şekilde Mustang kullanılmıştır. Şekil 3.20' de 1.çapalama sonrası bitkilerin ve tarlanın durumu görülmektedir.



Şekil 3.20. 1. Çapalama sonrası bitkilerin genel görünüşü

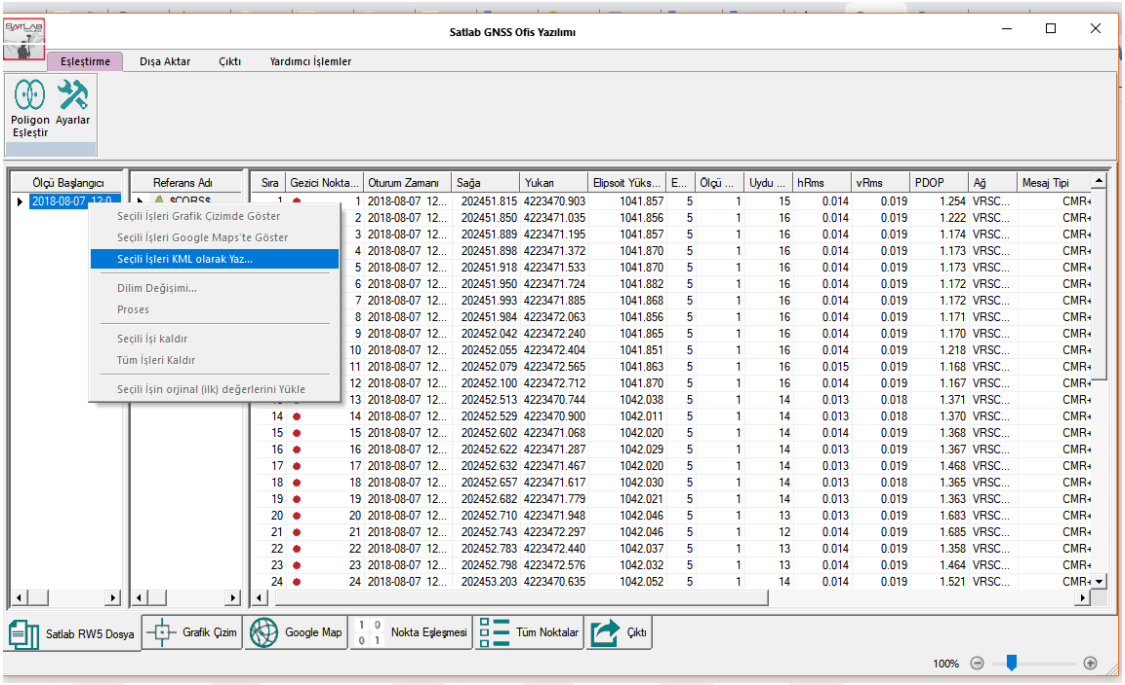
Parsellerdeki mısırlar 19 Eylül 2018 tarihinde hasat olgunluğuna erişmiş ve bu tarihte verim ve kalite özelliklerine ait hasat ölçümleri yapılmıştır. Şekil 3.21'de hasat döneminde bitkilerin durumu görülmektedir.



Şekil 3.21. Hasat öncesi bitkilerin genel görünüşü

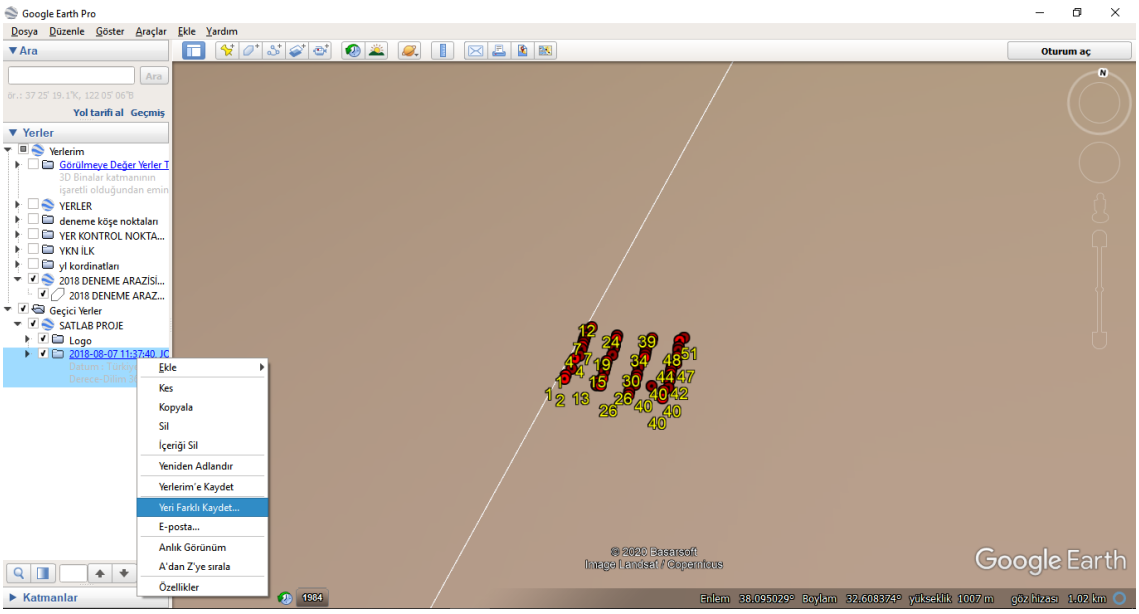
Bitkilerin tohum dağılım düzgünlüğünü belirlemek amacı ile her bitkiye ait voronoi poligonlarının oluşturduğu yaşam alanına dayalı yöntem kullanılmıştır. Teorik olarak bir bitkinin ideal yaşam alanı dairedir. Oluşturulan yaşam alanlarının, ideal yaşam alanı olan daireye geometrik olarak ne kadar yakın olduğunu belirlemek için şekil katsayısı kullanılmıştır (Griepentrog, 1998). Şekil katsayısının 1'e yaklaşması yaşam alanının da aynı oranda daire şekline yaklaştığını göstermektedir. Şekil katsayısı, ideal yasam alanı olan daireyi çevreleyen çemberin çevresinin bitkinin yaşam alanı olarak hesaplanan poligonun çevresine oranıdır.

Filiz çıkışından sonra yaşam alanlarını belirlemek amacı ile her parselde (4 sıra) belirlenen 2 m uzunluğunda alandaki bitkilerin koordinatları yüksek doğruluğa sahip CORS-RTK GPS cihazı ile ölçülmüştür. GPS cihazı tarafından Rw5 formatında kaydedilen bitkilere ait koordinatlar ilk önce Satlab GNSS Ofis Yazılımına yüklenerek burada Google Earth Pro programına yüklenmek üzere ham KML formatına dönüştürülmüştür (Şekil 3.22).



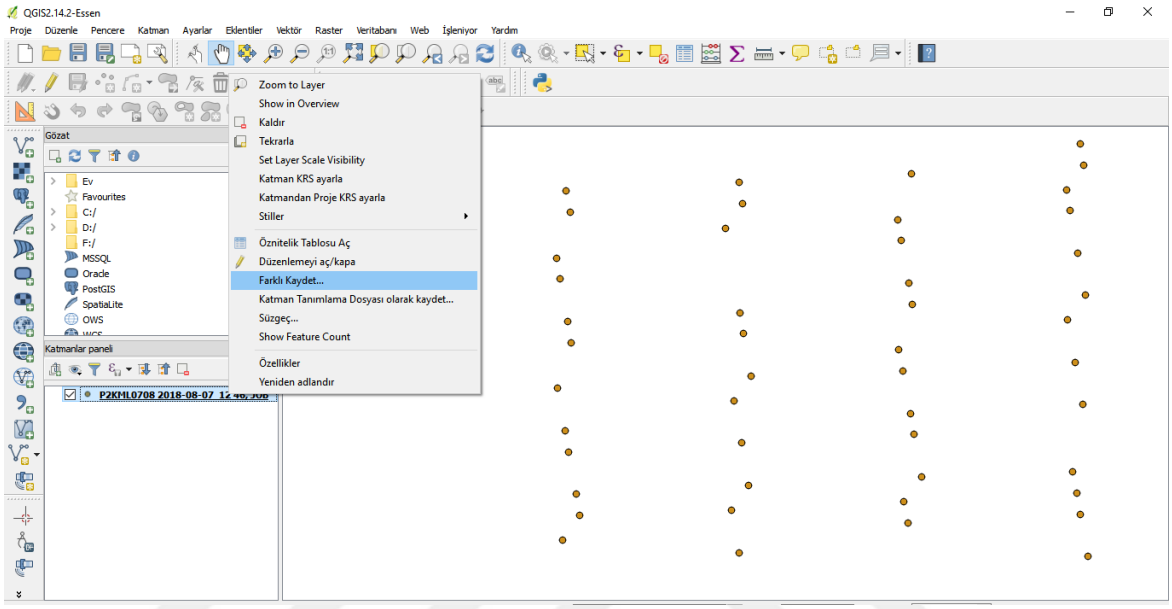
Şekil 3.22. Bitki koordinatlarının Satlab GNSS Ofis Yazılımına yüklenerek uygun dönşümlerin yapılması

Daha sonra koordinatlar Google Earth Pro programında Şekil 3.23' teki ekran görüntüsünde görüldüğü gibi farklı kaydet seçeneğiyle QGIS programının açabileceği KML dosyasına dönüştürülmüştür.

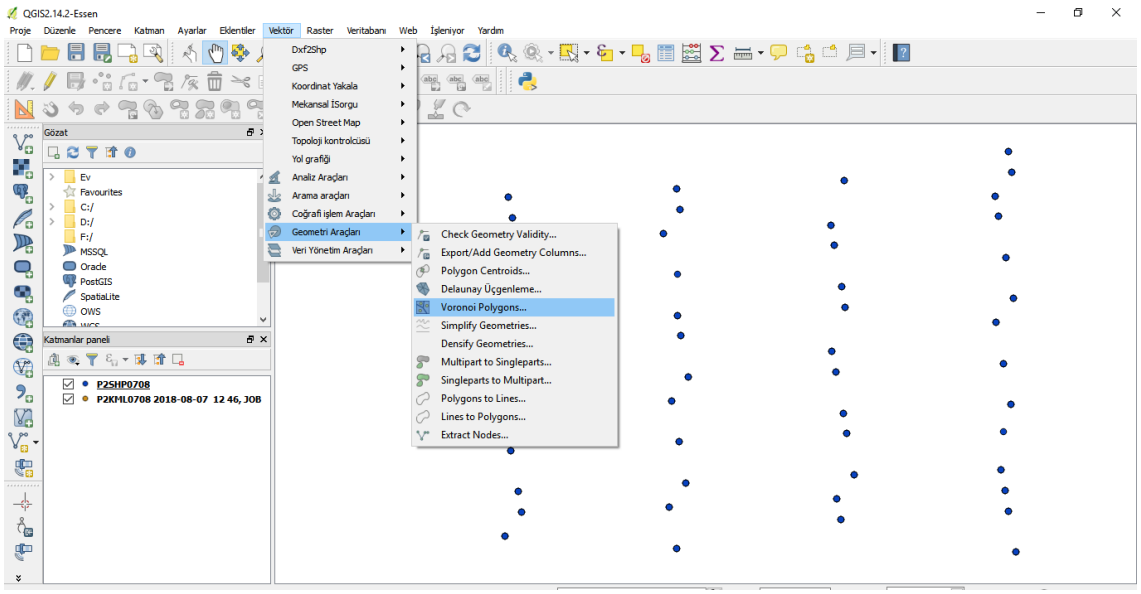


Şekil 3.23. Bitki koordinatlarının Google Earth Pro Yazılımına yüklenerek uygun dönşümlerin yapılması

Elde edilen KML dosyaları QGIS CBS programına yüklenerek farklı kaydet seçeneği ile ESRI shapefile dosyasına dönüştürülmüştür (Şekil 3.24). Katmanlar içerisinde bitkilere ait shapefile dosyası seçili iken Şekil 3.25' teki ekran görüntüsünde görüldüğü üzere vektör sekmesinden geometri araçları içerisinde bulunan voronoi komutu seçilerek her bitkiye ait voronoi poligonlarının hesaplanması sağlanmıştır.

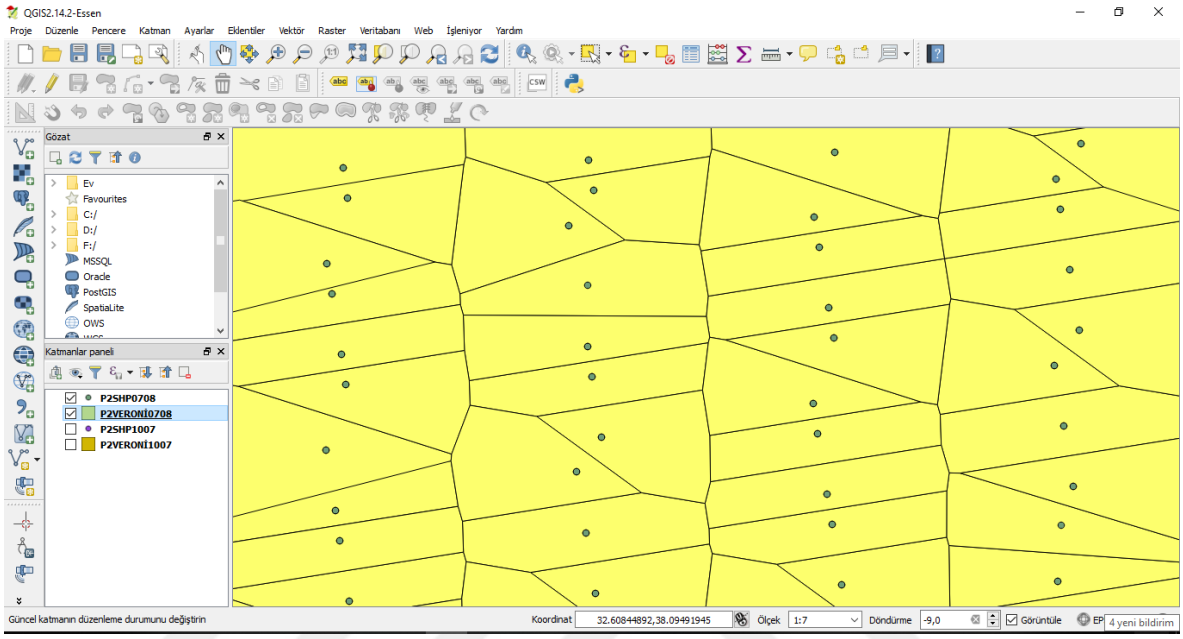


Şekil 3.24. Bitki koordinatlarının QGIS programına yüklenerek ESRI shapefile dosyasına dönüştürülmesi

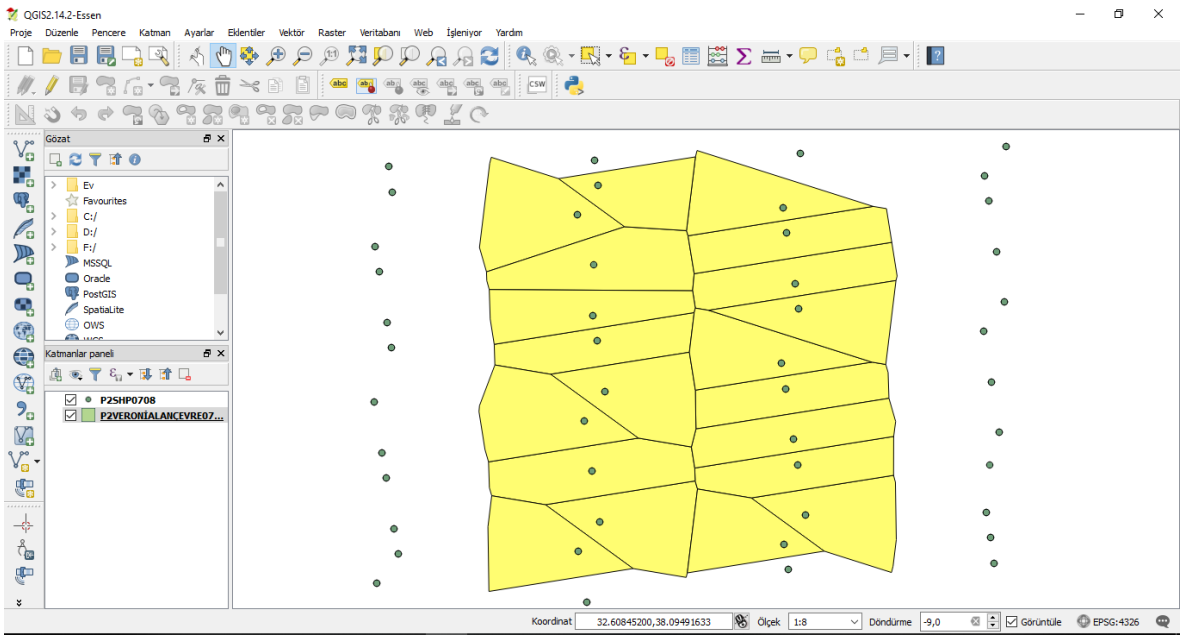


Şekil 3.25. Bitkilere ait voronoi poligonlarının hesaplanması

Bitkilere ait voronoi poligonlarının hesaplanmış hali Şekil 3.26' da görülmektedir. Bu poligonlar içerisinden Şekil 3.27'de görüldüğü üzere her parsel için orta sıralara ait 20 adet poligon alanları ve çevreleri hesaplanmak üzere seçilmiş ve diğerleri silinmiştir.

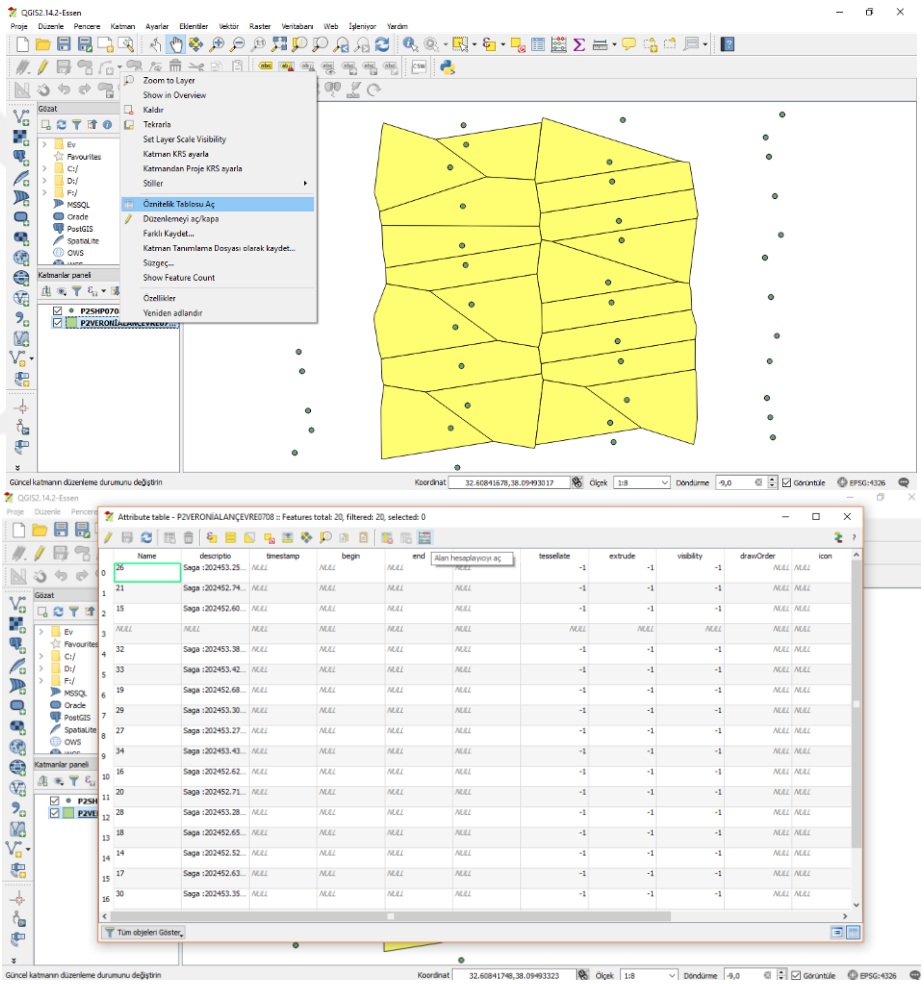


Şekil 3.26. Bitkilere ait voronoi poligonları

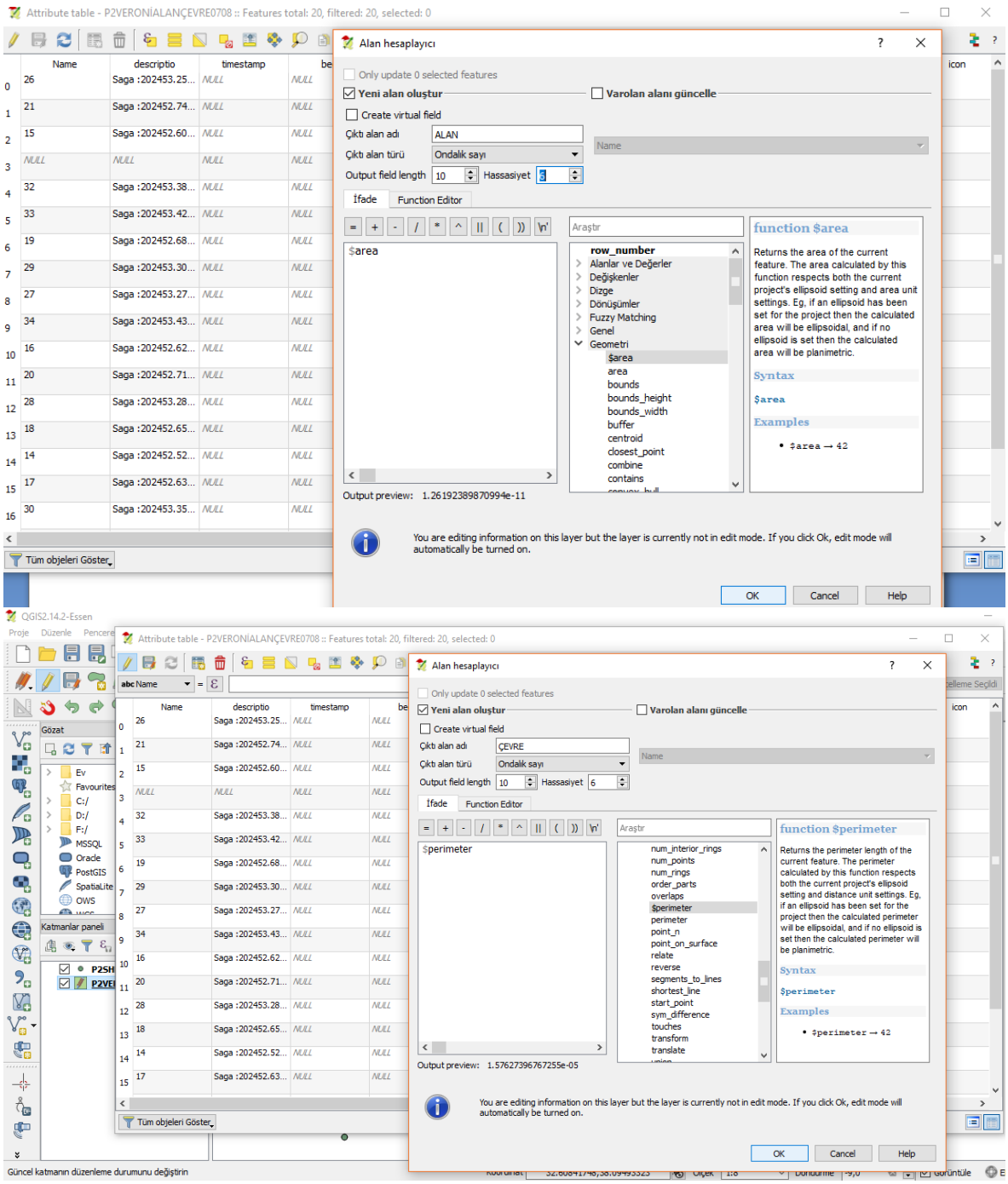


Şekil 3.27. Hesaplamalarda kullanılmak üzere seçilen poligonlar

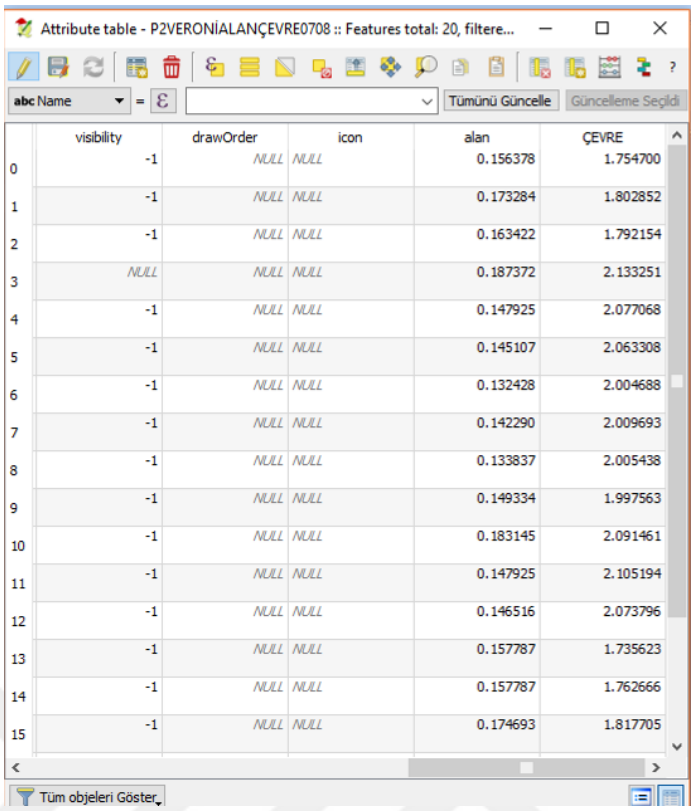
Seçilen poligonların olduğu dosyanın öznitelik tablosuna girilerek yeni alan oluştur butonu seçilmiştir (Şekil 3.28). Ekrana gelen alan oluşturma sekmesinde ilk önce poligon alanlarını hesaplatmak amacı ile geometry seçeneği içerisinden $area seçilerek öznitelik tablosuna poligonların alanlarının hesaplandığı yeni bir sekme eklenmesi sağlanmıştır. Poligon çevrelerinin hesaplanması amacı ile yeni alan oluştur tekrar seçilerek geometry seçeneği içerisinden $perimeter seçilerek poligon çevrelerinin hesaplanarak öznitelik tablosuna eklenmesi sağlanmıştır (Şekil 3.29). Şekil.30' de öznitelik tablosundaki poligon alan ve çevre değerleri görülmektedir. Tüm hesaplamalar ED 50 koordinat sisteminde yapılmıştır.



Şekil 3.28. Seçilen poligonların öznitelik tablosunun açılması



Şekil 3.29. Öznitelik tablosuna alan ve çevre değerlerinin eklenmesi



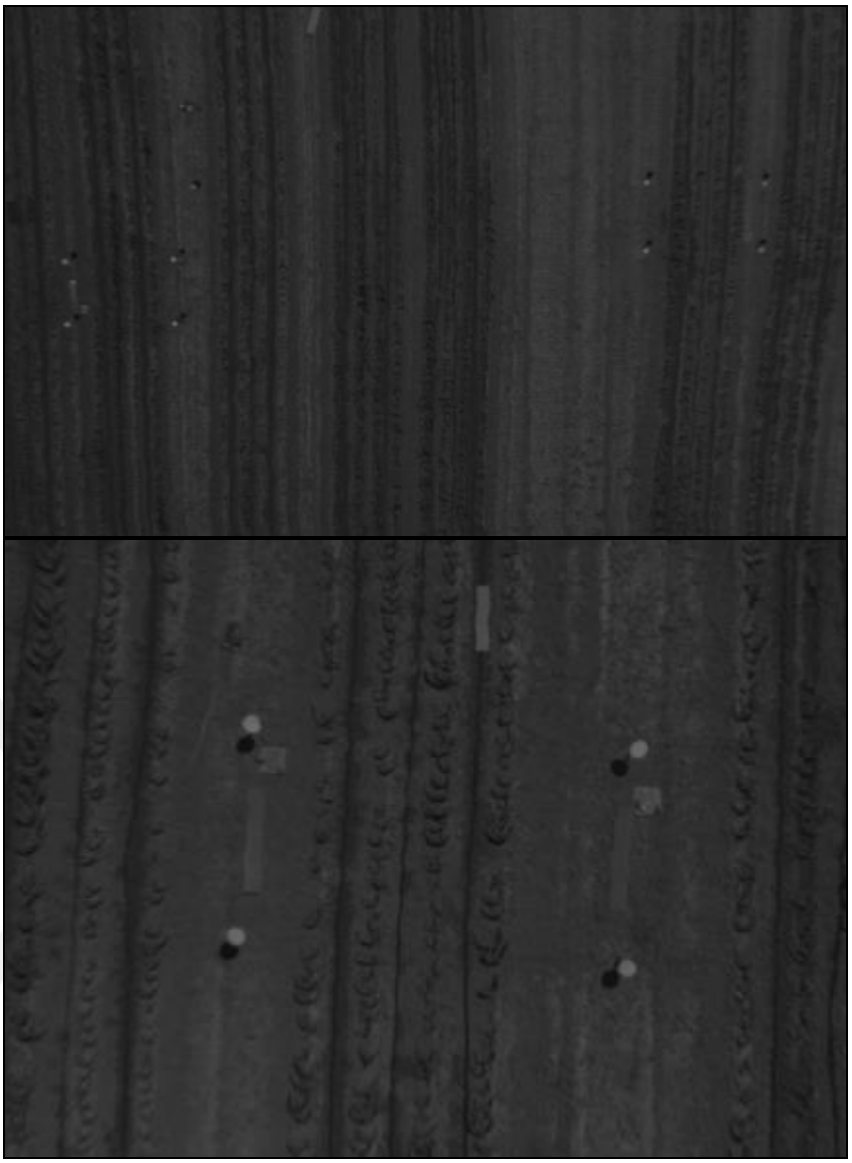
	visibility	drawOrder	icon	alan	ÇEVRE
0	-1	NULL	NULL	0.156378	1.754700
1	-1	NULL	NULL	0.173284	1.802852
2	-1	NULL	NULL	0.163422	1.792154
3	NULL	NULL	NULL	0.187372	2.133251
4	-1	NULL	NULL	0.147925	2.077068
5	-1	NULL	NULL	0.145107	2.063308
6	-1	NULL	NULL	0.132428	2.004688
7	-1	NULL	NULL	0.142290	2.009693
8	-1	NULL	NULL	0.133837	2.005438
9	-1	NULL	NULL	0.149334	1.997563
10	-1	NULL	NULL	0.183145	2.091461
11	-1	NULL	NULL	0.147925	2.105194
12	-1	NULL	NULL	0.146516	2.073796
13	-1	NULL	NULL	0.157787	1.735623
14	-1	NULL	NULL	0.157787	1.762666
15	-1	NULL	NULL	0.174693	1.817705

Şekil 3.30. Öznitelik tablosunda oluşturulan poligonlara ait alan ve çevre değerleri

Poligonların alan ve çevreleri elde edildikten sonra poligonlara ait dosyalar farklı kaydet menüsünden Excel programının açabildiği ve öznitelik tablosundaki değerlerin görülebildiği dbf formatında kaydedilmiştir. Bu dosyalar Excel programında açılarak ideal daire yarıçapı, çevresi ve her bir yaşam alanına ait şekil katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen şekil katsayıları Minitab programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur.

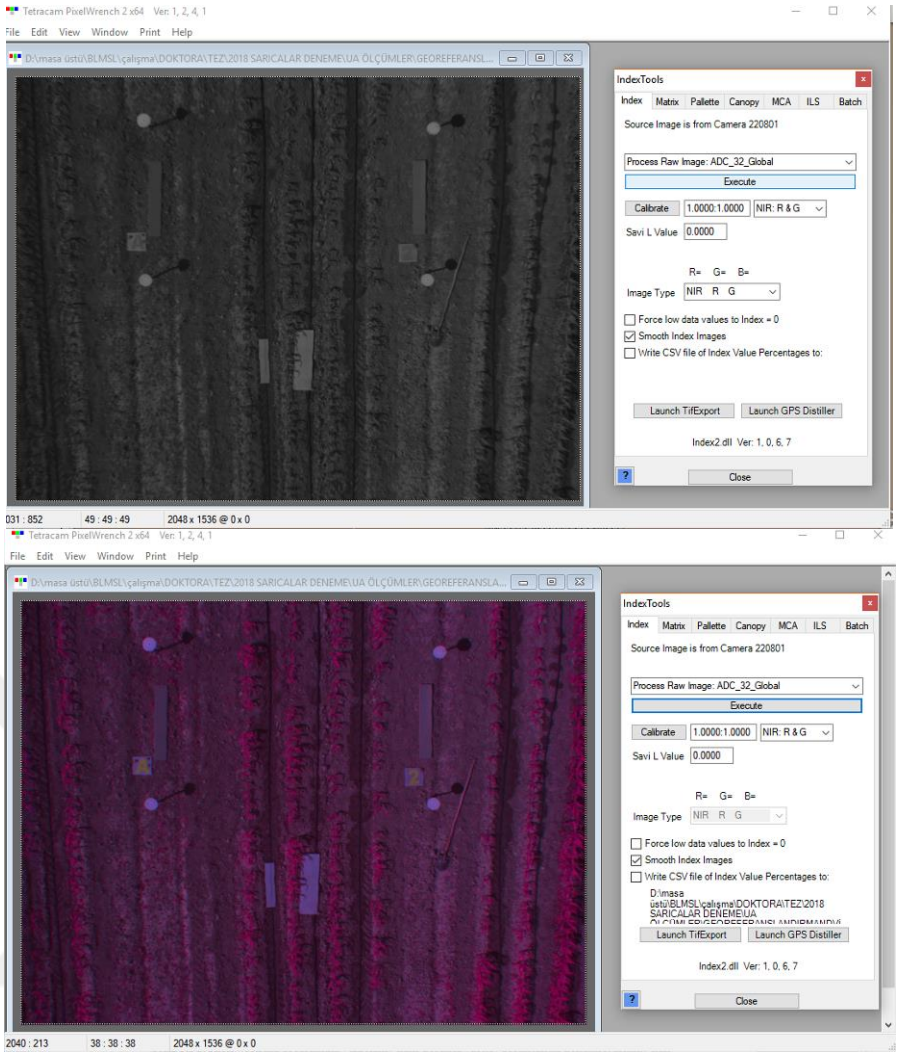
Çalışmada bitki konumlarının belirlenmesi amacı ile yeşil aksama oldukça duyarlı olan NDVI kullanılmıştır. Araziden görüntü alımı öncesi her parselde belirlenen alanlarda 4 köşeye gelecek şekilde yer kontrol noktası sabitlenmiştir. Görüntünün hangi parsele ait olduğunun anlaşılması için parseller üzerine 30x30 cm beyaz polikarbon malzeme üzerine kırmızı renk ile yazılan harf ve rakamlı işaretleyiciler yerleştirilmiştir.

Bitkilerin görüntüleri 15-20 Temmuz tarihleri arasında hava koşullarının İHA uçuşuna elverişli olduğu durumlarda güneşin en dik olduğu saatin 1 saat öncesi ve sonrası arasında kalan saatlerde gökyüzü bulutsuz iken alınmıştır. 15, 25, 50 ve 100 m olmak üzere 4 farklı yükseklikten yer kontrol noktaları görüntü içerisinde kalacak şekilde görüntüler alınmıştır (Şekil 3.31).



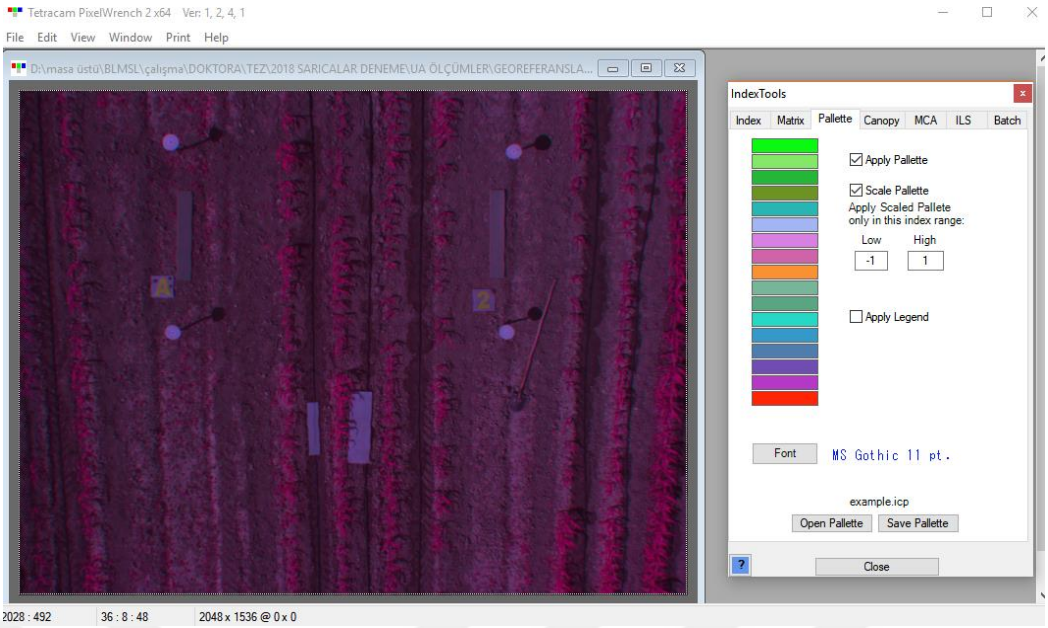
Şekil 3.31. Farklı yüksekliklerden alınan ham multispektral görüntüler

Alınan görüntüler üzerinde yapılan analizlerde yüksekliğe bağlı çözünürlüğün düşmesi sebebiyle yüksek görüntülerin olumsuz sonuçlar verdiği görülmüş ve 25 m yükseklikten çekilen görüntülerin içersinden görüntü yatay paralelliği, uygun exposure zamanı gibi etkenler göz önünde bulundurularak en uygun 3 görüntü analizler için seçilmiştir. Seçilen görüntüler PixelWrench2 programına yüklenmiş öncelikle index tool menüsünden ham görüntüler color processed işlemine tabi tutularak falso renklerle zenginleştirilmiştir (Şekil 3.32). Görüntü üzerinden yer kontrol noktaları üzerindeki teflon plakalar üzerinden bir kesit seçilerek indeks tool menüsündeki kalibrasyon seçeneği ile yansıma değerlerinin kalibrasyonu yapılmıştır.

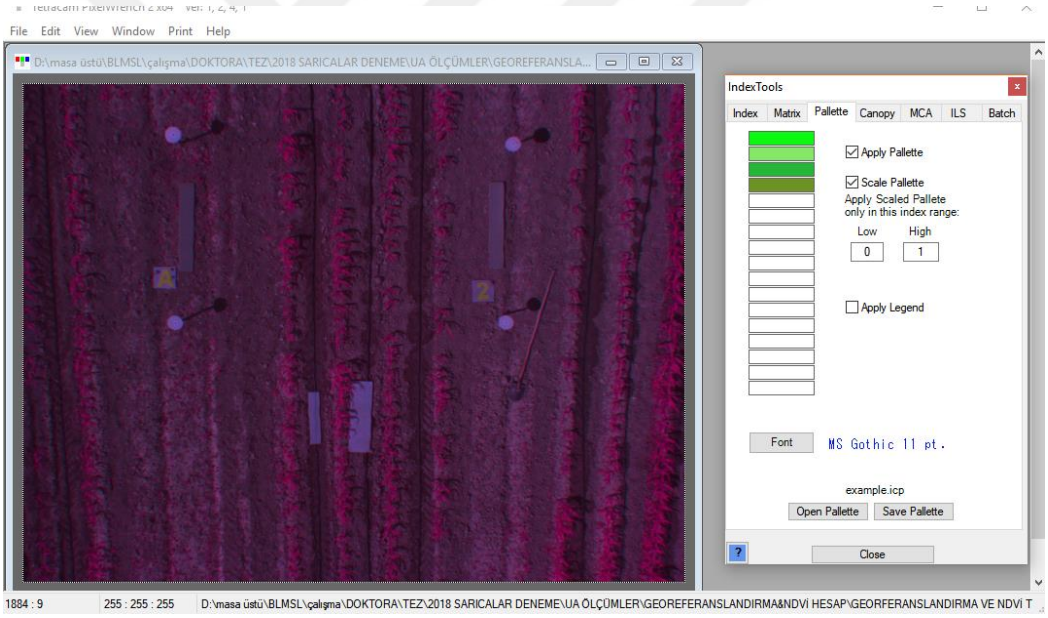


Şekil 3.32. PixelWrench2 programına yüklenmiş ham görüntü (üstte) görüntünün zenginleştirilmiş hali (altta)

Program ile NDVI analizi yapıldığında görüntülerdeki her piksel için Şekil 3.33'de görülen renk paletinden NDVI değerinin büyüklüğüne göre kırmızıdan yeşile doğru renklendirme yapılır. NDVI' nin en yüksek değerde olduğu, yani vejetasyonun yoğun olduğu pixeller yeşil diğer pikseller ise yeşilden kırmızıya doğru renk almaktadır. Bitki tespiti yapmayı kolaylaştırmak için yeşil dışındaki tüm renk paletlerine Şekil 3.34' deki gibi beyaz renk atanmış ve NDVI analizi sonucunda vejetasyon olan yani bitki olan yerlerin yeşil diğer kısımların ise beyaz olması sağlanmıştır.

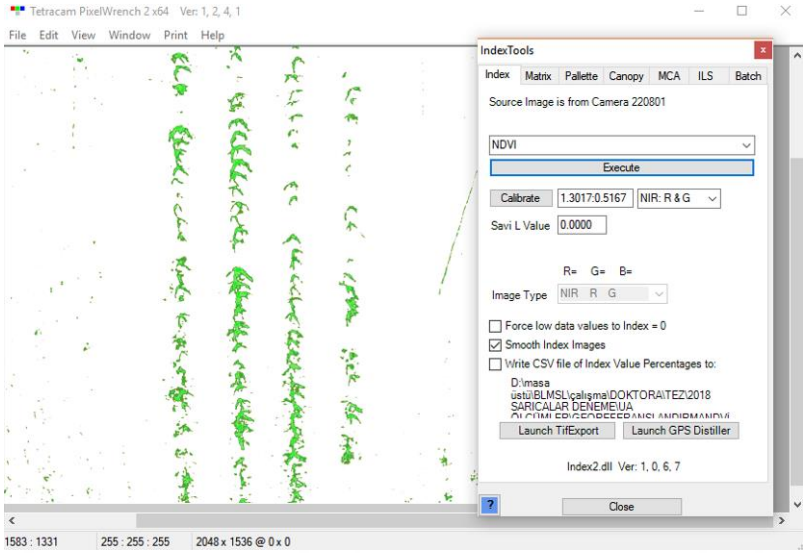


Şekil 3.33. PixelWrench2 programında NDVI renk paleti



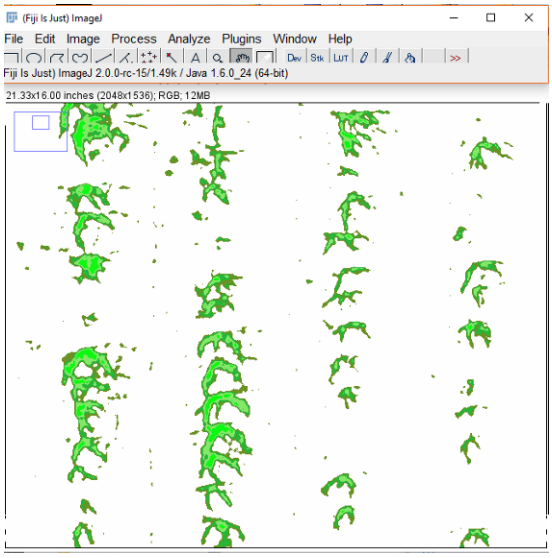
Şekil 3.34. PixelWrench2 programında değiştirilen NDVI renk paleti

Daha sonra index tool menüsünden NDVI hesaplaması yapılmış olup bitkilerin daha belirginleştiği görüntü elde edilmiştir (Şekil 3.35).

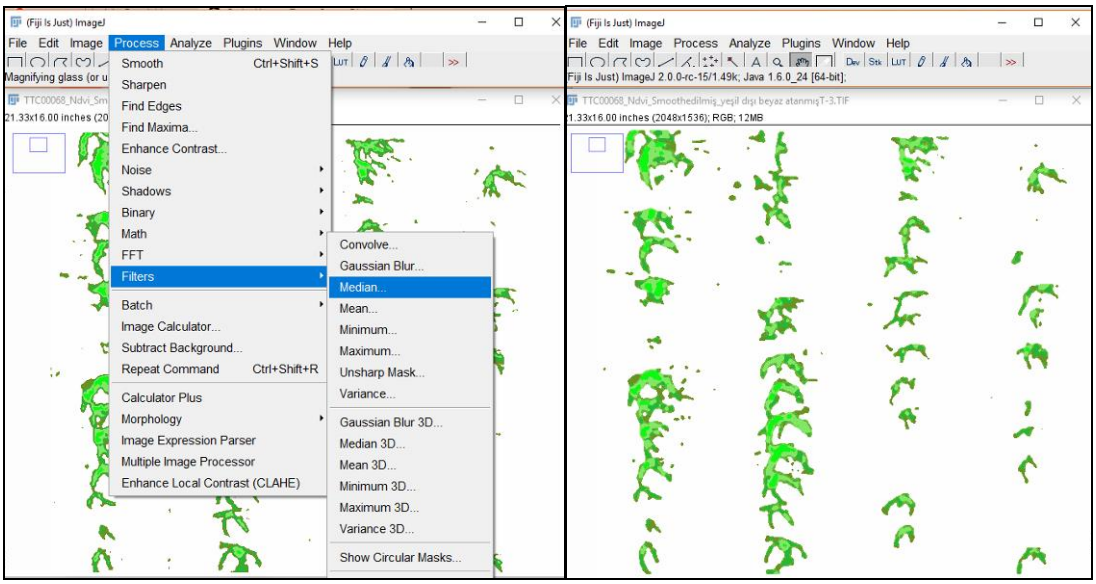


Şekil 3.35. NDVI görüntüsü

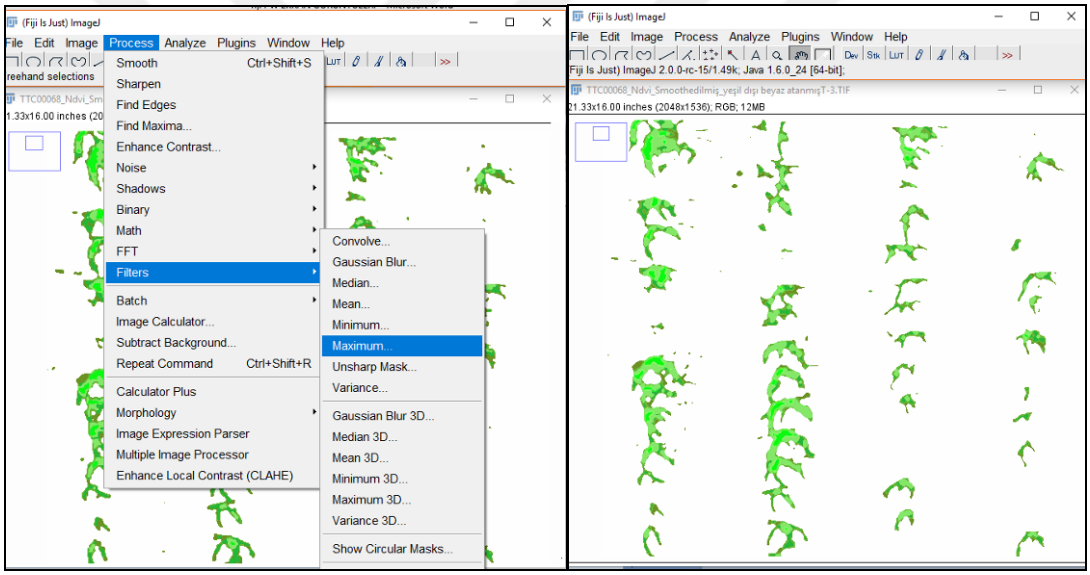
Elde edilen NDVI görüntüsü tiff formatında dışa aktarılmış, Fiji görüntü işleme programına yüklenmiş ve bitkilerin belirginleşmesi için nesnelerin belirgin hale gelmesini sağlayan median ve maksimun filtresi uygulanmış ve resim binary resme dönüştürülmüştür (Şekil 3.36-39).



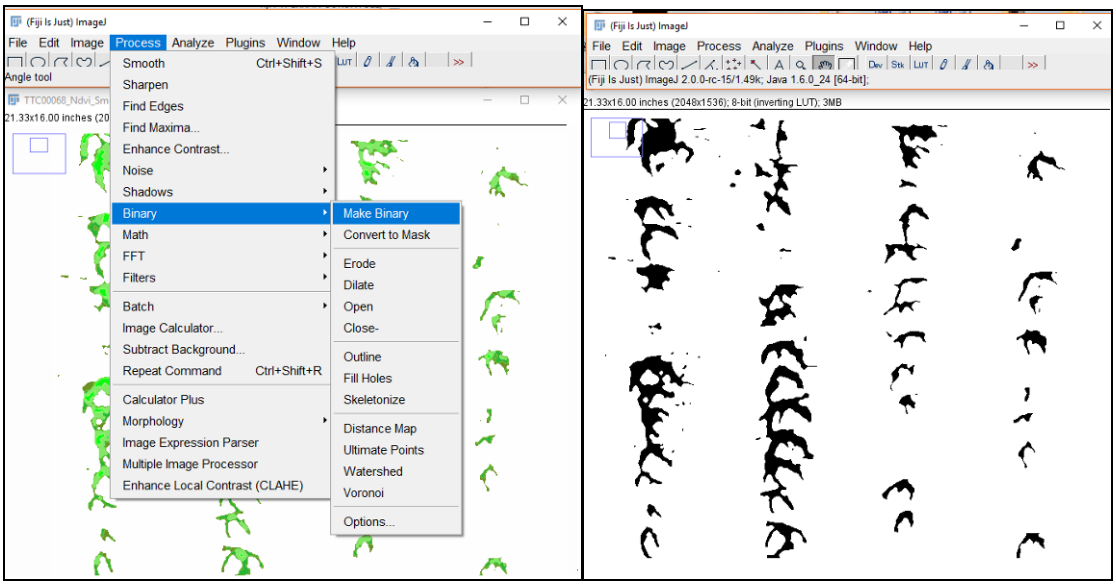
Şekil 3.36. Fiji programına görüntünün yüklenmesi



Şekil 3.37. Median filtresi uygulanması

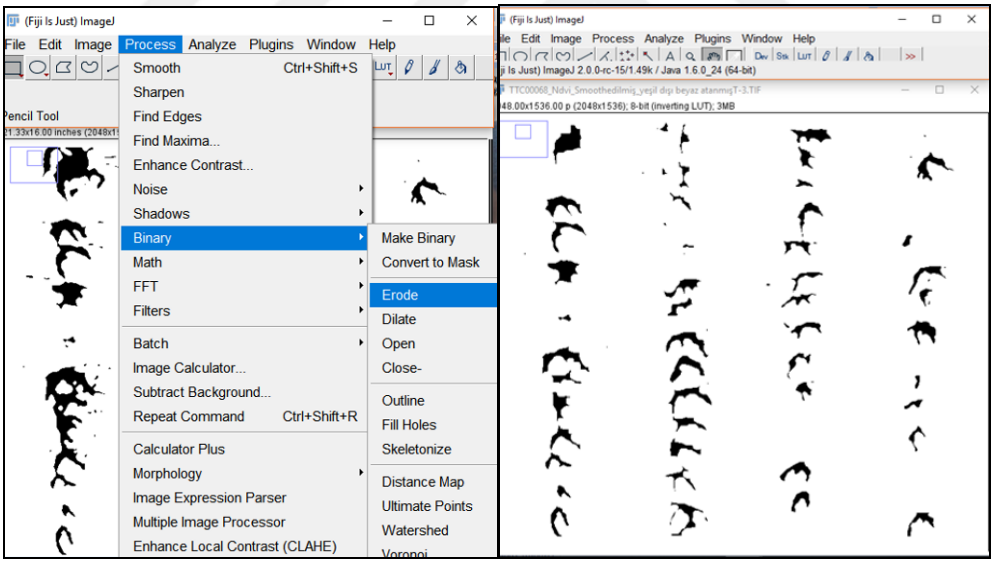


Şekil 3.38. Maximun filtresi uygulanması



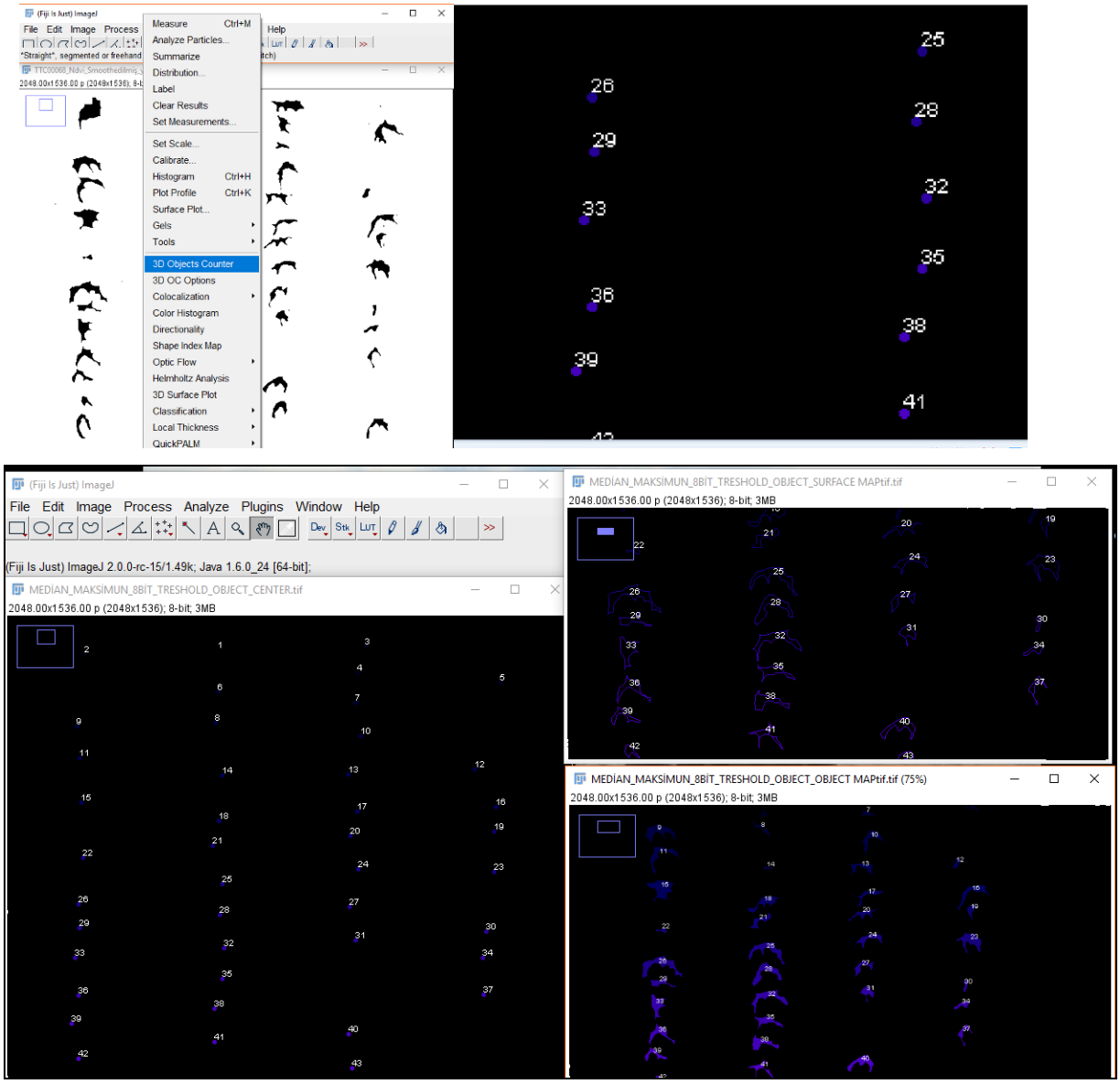
Şekil 3.39.Görüntünün binary yapılması

Görüntü üzerinde bitkilerin birbirinden ayrılması ve bitki olmayan küçük objelerin silinmesi için erode komutu uygulanmıştır (Şekil 3.40).



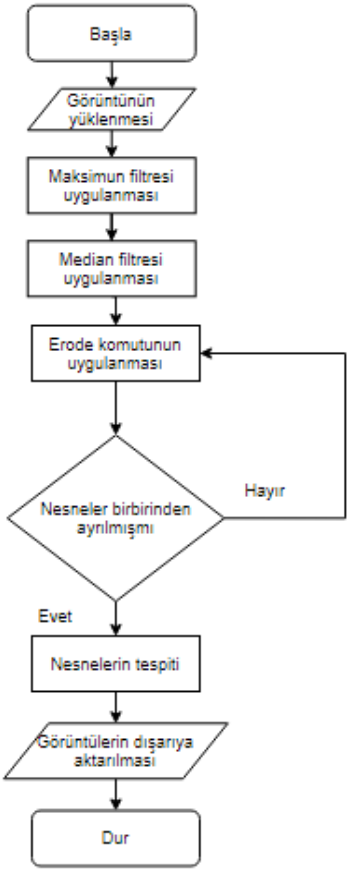
Şekil 3.40.Erode komutunun görüntüye uygulanması

Daha sonra 3D Object Counter menüsünden bitkiler obje olarak tespit edilmiş ve Şekil 3.41' ta görülen merkez noktaları, yüzey haritası ve obje haritası şeklinde görüntüler elde edilmiştir.



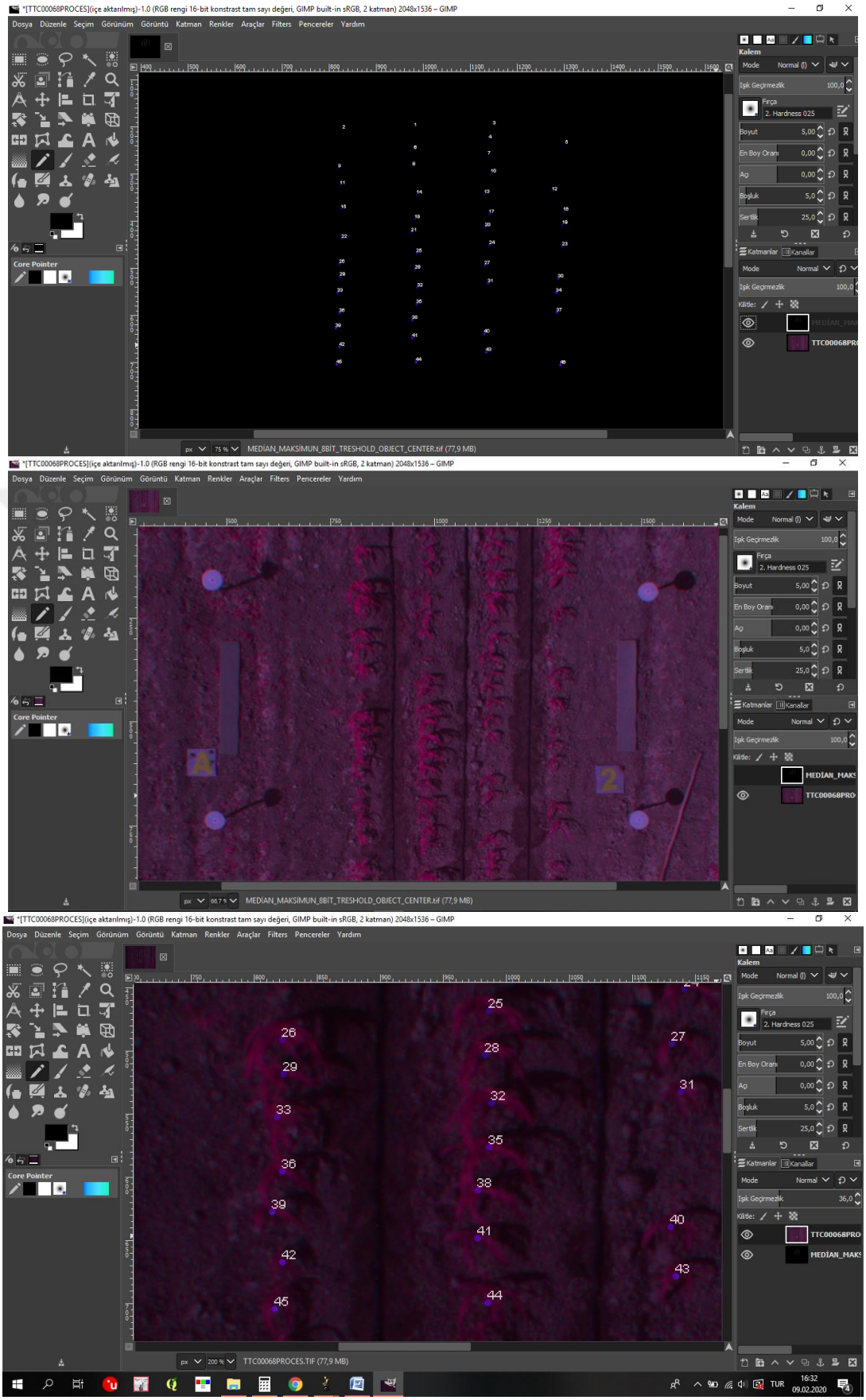
Şekil 3.41. 3D Object Counter ile bitki yerlerinin belirlenmesi

Görüntü işleme yapılırken uygulanan adımların algoritmaları Şekil 3.42' te görülmektedir. Bu adımlar işlem yapılan tüm görüntülerde tekrarlanmıştır.



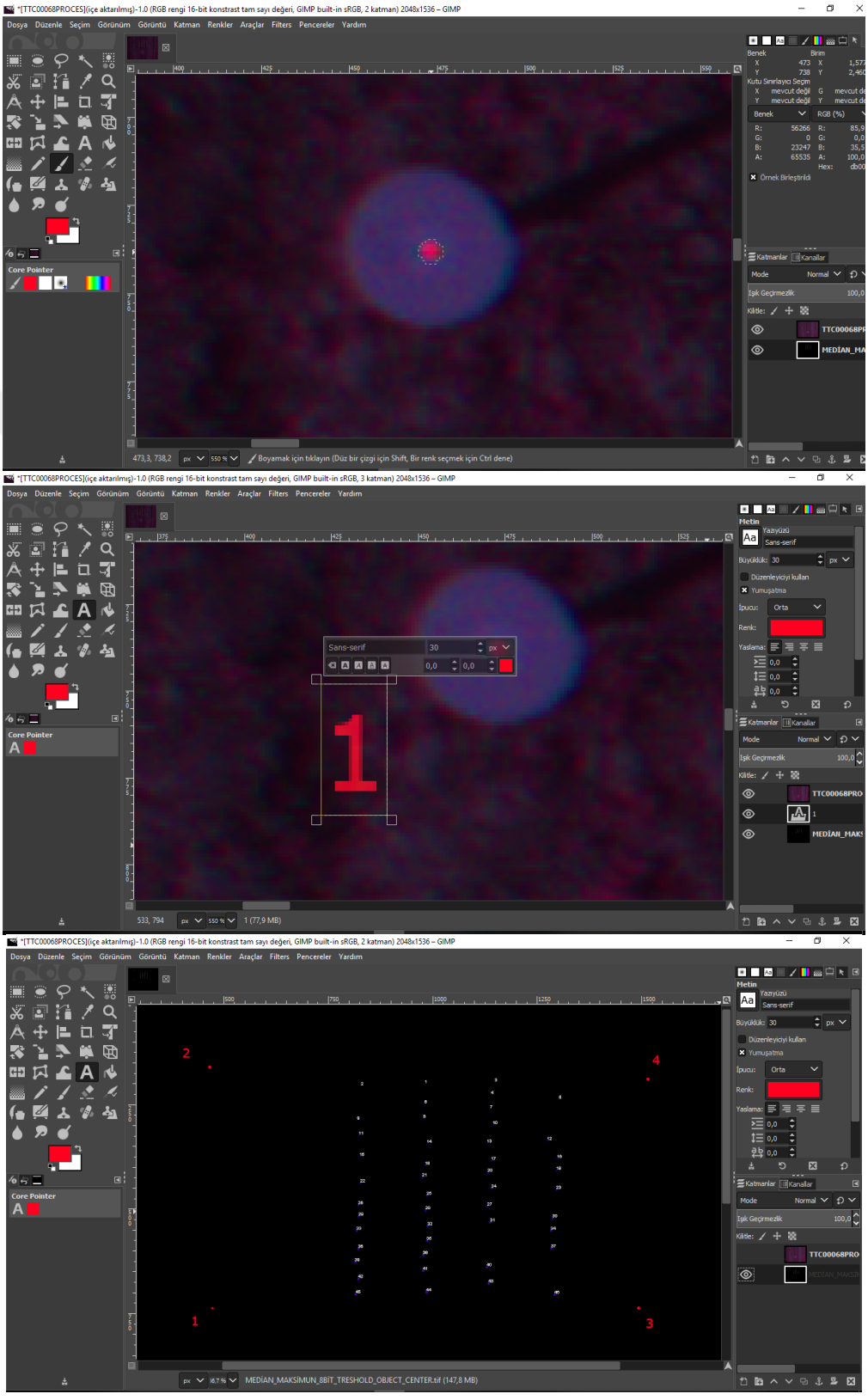
Şekil 3.42. Görüntü işleme algoritması

Bitki merkez noktalarının olduğu görüntü Fiji programından tiff olarak export edilmiştir. Görüntülerin georeferanslandırmasında kullanılacak olan yer kontrol noktalarının spektral analiz ve görüntü işleme sırasında görüntülerden silinmesi nedeniyle görüntü üzerinde yer kontrol noktalarının işaretlenmesi için görüntüler GIMP programına yüklenmiştir. Aynı zamanda zengineştirilmiş ve herhangi bir işleme tabi tutulmayan üzerinde yer kontrol noktaları belirgin olan görüntü de alt katman olarak programa yüklenmiştir. Bitki merkez noktalarının olduğu görüntü şeffaflaştırılarak alt katmanda YKN' lerin görülmesi sağlanmıştır (Şekil 3.43).



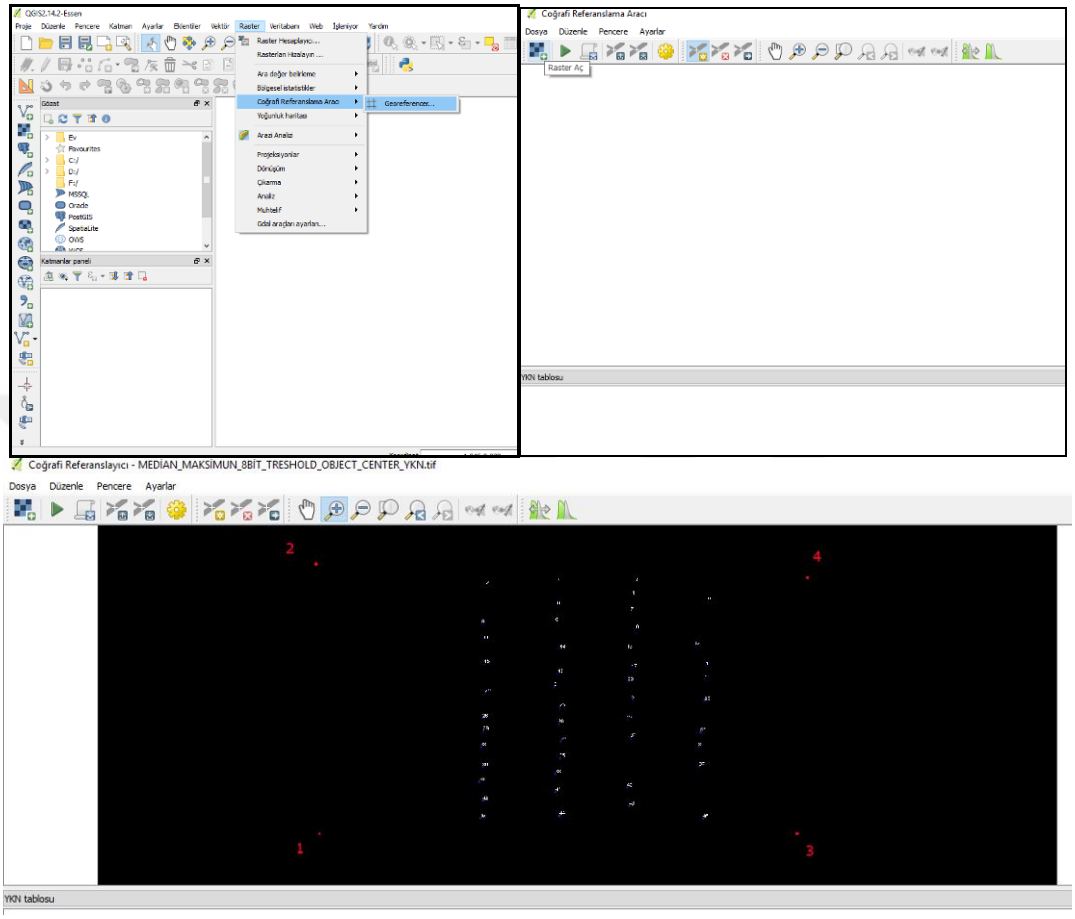
Şekil 3.43. Görüntülerin katmanlar halinde GIMP programına yüklenmesi ve üst katmanın şeffaf hale getirilmesi

Daha sonra YKN' ler kalem seçilerek kırmızı renk ile işaretlenmiş ve yanlarına numaraları yazılmıştır (Şekil 3.44). Daha sonra düzenlenen görüntü tiff olarak CBS programına yüklenmek üzere dışarı alınmıştır.



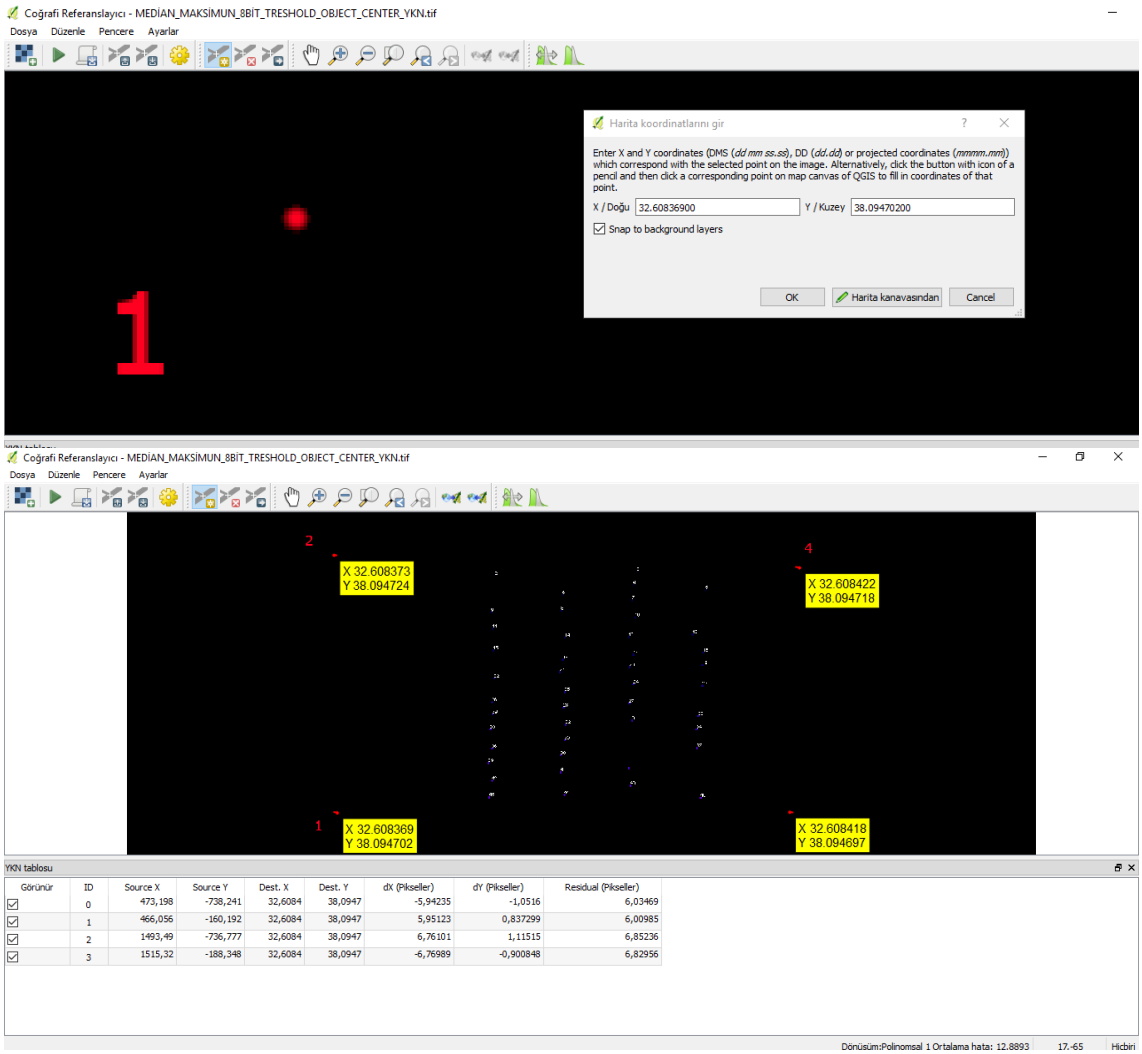
Şekil 3.44. YKN'lerin işaretlenmesi ve numaralandırılarının yazılması

Görüntü daha sonra QGIS CBS yazılımına georeferanslama aracı üzerinde bulunan raster aç menüsü ile yüklenmiştir (Şekil 3.45).



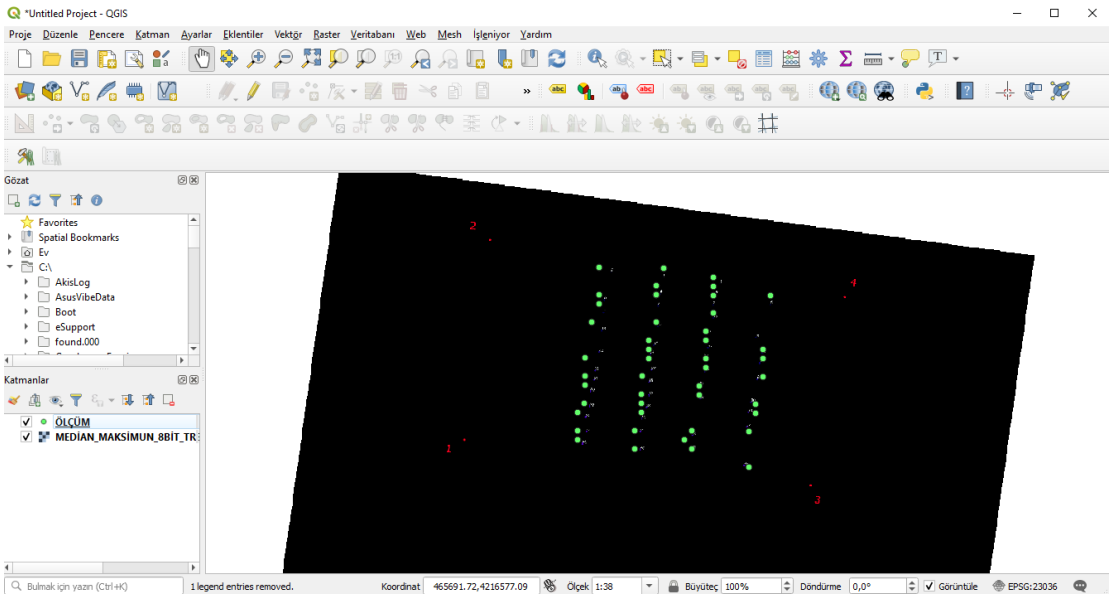
Şekil 3.45. Görüntünün QGIS georeferanslama aracına yüklenmesi

Nokta ekle sekmesi seçilerek yer kontrol noktaları tek tek seçilmiş ve açılan pencereden daha önceden GPS ile ölçülen yer kontrol noktalarına ait koordinatlar Şekil 3.46' te görüldüğü gibi girilmiştir.



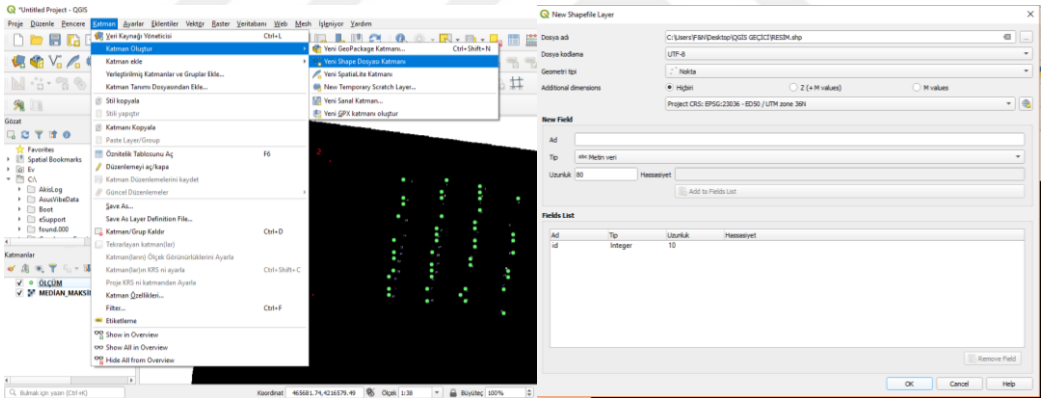
Şekil 3.46. YKN koordinatlarının girilmesi

Tüm koordinatlar girildikten sonra dönüşüm ayarları yapılmış ve start georeferencing sekmesi ile görüntü georeferanslandırılarak harita kanavasına eklenmiş ve ardından görüntünün alındığı yerdeki bitkilere ait GPS ile ölçülen koordinatlar ölçüm katmanı olarak yüklenmiştir (Şekil 3.47).



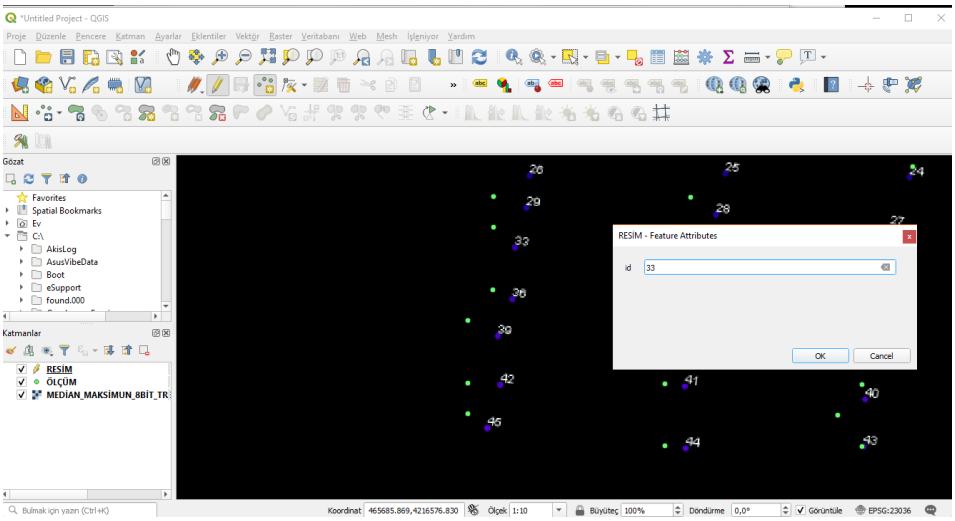
Şekil 3.47. Georeferanslandırılmış bitki yeri tespiti görüntüsü ve bitki koordinatları

Katman ekle menüsünden bitkilerin tespit edildiği görüntü için resim adında yeni bir vektör katmanı eklenmiştir (Şekil 3.48).



Şekil 3.48. QGIS' te yeni vektör katmanı eklenmesi

İleri sayısallaştırma araç çubuğu kullanılarak bitkilerin olduğu yerlere noktalar eklenmiştir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49. İleri sayısallaştırma araç çubuğu ile bitki konumlarının vektör dosyasına kaydedilmesi

Daha sonra resim ve ölçüm katmanlarının öznitelik tablosuna girilerek yeni alan oluştur butonu seçilmiştir. Alan oluşturma penceresinde geometry seçeneği içerisinden önce $x daha sonra %y seçilerek öznitelik tablosuna bitkilerin x ve y koodinatlarının olduğu sütun eklenmesi sağlanmıştır.

Ölçüm ve resim katmanı farklı kaydet menüsünden Excel programının açabildiği ve öznitelik tablosundaki değerlerin görülebildiği dbf formatında kaydedilmiştir. Bu dosyalar Excel programında açılarak ölçüm ve resim üzerindeki bitki koordinatları arasındaki sapmayı ifade eden karesel ortalama hata (rmse) değeri eşitlik 2' ye göre hesaplanmıştır.

$$rmse=\sqrt{((\llbracket dx \rrbracket \text{ ^2+ } \llbracket dy \rrbracket \text{ ^2})/n)} \qquad (2)$$

Eşitlikte;

$rmse$ = Karesel ortalama hata,

dx = noktaların x koordinatlarına ait farklar,

dy = noktaların y koordinatlarına ait farklar,

n = nokta sayısı

Ekim dağılım düzgünlüğünün değerlendirilmesinde kontrol amaçlı sıra üzeri tohum uzaklıklarının ölçülmesine dayalı yöntemler de kullanılmıştır. Çimlenme sonrası bitkiler arası uzaklıklar ölçülmüş ve sıra arası mesafe ayarlanan sıra üzeri mesafenin 0.5 katından az ve eşit olan boşlukların toplam boşluk sayısına oranı ile ikizlenme oranı, 1.5 katından fazla olan aralıkların toplam boşluk sayısına oranı ile boşluk oranı ve bu değerlerin arasında kalan aralıkların toplam boşluk sayısına oranı ile de kabul edilebilir bitki aralığı oranı hesaplanmıştır (Önal, 2006).

Araştırmada ekimde kullanılan tohumların uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçümlerini yalpak üzere 100 adet tohum seçilmiş ve ölçümler yapılarak ortalamaları belirlenmiştir. Küresellik değerlerinin hesaplamalarında eşitlik 3 kullanılmıştır (Mohsenin, 1986).

$$K = (a.b.c)^{1/3} / a \qquad (3)$$

Eşitlikte;
K= Küresellik,
a= Uzunluk,
b= Genişlik,
c= Kalınlıktır.

Bindane ağırlığının ölçülürken 1000 adet tohumun elektronik tartı ile ölçümleri yapılmıştır. (Baryeh, 2002). 30 adet tohumun kritik hız ölçme cihazi ile kritik hızı belirlenmiş ve ortalaması alınmıştır.

Hasat işlemi; el testeresi kullanılarak bitkilerin toprak seviyesinden kesilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Verim ölçümü yapılırken parsellerde 3 noktada ölçülen iki sıra hasat edilerek hasat edilen bitkiler şarjlı terazi ile tartılmıştır. Daha sonra iki sıra arası mesafe ile bu uzunluk çarpılmış ve hasat edilen sıraların alanı bulunmuştur. Tartım sonucu bulunan değerin bu alana oranlanması ile verim hesaplanmıştır. Bu işlem her parselde üçer defa farklı sıralarda yapılmış ve ortalamaları alınarak verim bulunmuştur.

Bitkilerde hasat sırasında her parselden belirlenen 20 bitkide bitki boyu, koçan sayısı, koçan yüksekliği, sap çapı, yaprak uzunluğu, yaprak eni, bitki ağırlığı, yaprak ağırlığı, koçan ağırlığı ve sap ağırlığı ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler yapılırken bitki boyu, koçan yüksekliği, yaprak uzunluğu, yaprak eni ölçümünde metre, sap çapı ölçümünde elektronik kumpas, bitki ağırlığı, yaprak ağırlığı, koçan ağırlığı ve sap

ağırlığı ölçümlerinde şarjlı terazi kullanılmıştır. Bitki hasat edilmeden önce bitkinin toprağa bağlandığı yerden tepe noktasına kadar olan uzunluğun ölçülmesi ile bitki yüksekliği elde edilmiştir. Bitkideki gelişen koçanların sayılması ile koçan sayısı elde edilmiştir. Koçan yüksekliği değeri en iyi gelişen koçanın bitkiye bağlandığı yerin yerden yüksekliğinin ölçülmesi ile elde edilmiştir. Aynı koçanın altındaki yaprağın uzunluğunun ölçülmesi ile yaprak uzunluğu, en geniş olduğu noktanın genişliğinin ölçülmesi ile de yaprak genişliği elde edilmiştir. Koçana yakın bir noktadan sap çapı ölçümü yapılmıştır. Belirlenen bitkiler toprak seviyesinden kesilerek bitkinin tamamı tartılarak bitki ağırlığı, yaprakları ayrılıp tartılarak yaprak ağırlığı, gelişen koçanları ayrılıp tartılarak koçan ağırlığı, geriye kalan sap tartılarak sap ağırlığı değerleri elde edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Denemede Kullanılan Mısır Tohumlarının Fiziksel Özellikleri

Denemede kullanılan mısır tohumuna ait fiziksel özellikler Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemede kullanılan mısır tohumuna ait fiziksel özellikler

Ölçülen fiziksel özellik	Ölçüm değeri
Uzunluk (mm)	11,65
Genişlik (mm)	7,04
Kalınlık (mm)	4,17
Bin Dane Ağırlığı (g)	285,2
Küresellik (%)	60,09
Kritik Hız (m/s)	6,36
Hacim yoğunluğu (kg/m^3)	742

4.2. Bitki Gözlemleri ve KEBA, BO, İO, Değerleri

Mısır bitkisinden hasat sırasında alınan bazı ölçümler Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Mısır bitkisinden hasat sırasında alınan ölçümler

Uygulama	Tekerrür	Bitki Boyu (cm)	Koçan Sayısı	Koçan Yüksekliği (cm)	Sap Çapı (mm)	Yaprak Uzunluğu (cm)	Yaprak Genişliği (cm)	Bitki Ağırlığı (g)	Sap Ağırlığı (g)	Koçan Ağırlığı (g)	Yaprak Ağırlığı (g)	Verim (kg/da)
Operatör kontrollü yönlendirme	T1	255,80	1	82,20	25,60	89,20	10,35	845,90	420,50	298,50	126,90	5857,14
	T2	274,70	1	95,70	24,45	91,20	9,82	781,90	424,00	249,50	108,40	5862,29
	T3	270,30	1	97,70	25,90	99,80	9,60	915,60	479,50	280,80	155,30	5828,57
	T4	231,30	1	81,10	24,00	92,00	9,75	791,50	382,90	253,30	155,30	5857,14
	Ortalama	258,03	1	89,18	24,99	93,05	9,88	833,73	426,73	270,53	136,48	5851,29
Gps kontrollü yönlendirme	T1	242,20	1	83,40	24,58	88,50	9,38	786,50	395,60	287,90	103,00	5842,86
	T2	268,80	1	93,70	26,90	88,20	9,83	836,00	443,90	258,80	133,30	5894,00
	T3	254,80	1	79,60	24,50	97,00	9,92	900,40	453,80	293,10	153,50	5885,71
	T4	243,30	1	96,40	24,90	90,10	9,90	766,80	399,70	230,90	136,20	5857,14
	Ortalama	252,28	1	88,28	25,22	90,95	9,76	822,43	423,25	267,68	131,50	5869,93
Otomatik kontrollü yönlendirme	T1	233,10	1	85,00	24,70	92,90	9,65	747,40	359,60	255,00	132,80	5790,71
	T2	262,70	1	102,40	25,20	92,60	10,05	799,80	411,20	260,50	128,10	5851,43
	T3	251,80	1	96,00	24,20	96,50	9,70	852,70	447,60	257,00	148,10	5785,71
	T4	250,20	1	98,50	22,30	94,30	10,00	881,30	460,80	279,90	140,60	5885,71
	Ortalama	249,45	1	95,48	24,10	94,08	9,85	820,30	419,80	263,10	137,40	5828,39
GENEL ORTALAMA		253,25	1	1	24,77	92,69	9,83	825,48	423,26	267,10	135,13	5849,87

Yapılan ölçümlerden elde edilen kabul edilebilir bitki aralığı ikizlenme oranı ve boşluk oranı değerleri Çizelge 4.3' te verilmiştir.

Çizelge 4.3. KEBA, İO ve BO değerleri

Kabul edilebilir bitki aralığı (KEBA) (%)	**85,19**
İkizlenme oranı (İO) (%)	**6,48**
Boşluk oranı (BO) (%)	**8,33**

4.3. Bitki Yaşam Alanlarına Ait Veroni Poligonları ve Şekil Katsayıları

Çalışmada voronoi poligonlarını hesaplamak üzere parsellerin belirlenen bölümlerindeki bitkilerden alınan koordinatlar Çizelge 4.4-4.15' te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Operatör kontrollü uygulamanın 1. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465680,786	4216576,815	25	465681,759	4216578,808
2	465680,786	4216576,926	26	465681,760	4216579,030
3	465680,875	4216577,148	27	465681,760	4216579,141
4	465680,875	4216577,259	28	465682,188	4216576,698
5	465680,876	4216577,481	29	465682,189	4216576,920
6	465680,877	4216577,703	30	465682,278	4216577,142
7	465680,965	4216577,813	31	465682,278	4216577,253
8	465680,966	4216578,035	32	465682,279	4216577,364
9	465680,967	4216578,146	33	465682,280	4216577,697
10	465680,968	4216578,368	34	465682,370	4216578,251
11	465680,969	4216578,590	35	465682,372	4216578,584
12	465681,057	4216578,700	36	465682,460	4216578,806
13	465681,057	4216578,811	37	465682,460	4216578,806
14	465681,058	4216579,033	38	465682,461	4216578,916
15	465681,487	4216576,812	39	465682,889	4216576,585
16	465681,488	4216576,923	40	465682,978	4216576,806
17	465681,489	4216577,145	41	465682,979	4216577,028
18	465681,578	4216577,589	42	465682,980	4216577,361
19	465681,667	4216577,810	43	465683,069	4216577,693
20	465681,667	4216577,921	44	465683,070	4216577,915
21	465681,668	4216578,032	45	465683,071	4216578,137
22	465681,669	4216578,254	46	465683,072	4216578,248
23	465681,670	4216578,476	47	465683,160	4216578,470
24	465681,670	4216578,587	48	465683,161	4216578,692

Çizelge 4.5. Operatör kontrollü uygulamanın 2. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465699,492	4216583,727	24	465700,985	4216584,164
2	465699,493	4216583,949	25	465700,986	4216584,386
3	465699,581	4216584,059	26	465700,987	4216584,719
4	465699,495	4216584,282	27	465701,075	4216584,830
5	465699,584	4216584,614	28	465701,076	4216585,052
6	465699,585	4216584,836	29	465701,596	4216583,607
7	465699,673	4216584,947	30	465701,597	4216583,829
8	465699,673	4216585,058	31	465701,598	4216583,940
9	465699,674	4216585,279	32	465701,599	4216584,162
10	465699,675	4216585,390	33	465701,599	4216584,273
11	465700,194	4216583,724	34	465701,687	4216584,383
12	465700,194	4216583,835	35	465701,688	4216584,605
13	465700,195	4216584,057	36	465701,690	4216584,938
14	465700,196	4216584,279	37	465700,993	4216584,550
15	465700,284	4216584,389	38	465699,540	4216584,438
16	465700,285	4216584,611	39	465701,570	4216583,429
17	465700,286	4216584,722	40	465700,844	4216583,735
18	465700,287	4216584,944	41	465700,172	4216583,579
19	465700,375	4216585,055	42	465700,813	4216583,448
20	465700,375	4216585,166	43	465701,688	4216584,762
21	465700,807	4216583,610	44	465700,825	4216583,336
22	465700,896	4216583,832	45	465700,153	4216583,433
23	465700,897	4216584,054	46	465700,396	4216585,306

Çizelge 4.6. Operatör kontrollü uygulamanın 3. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465715,824	4216609,844	31	465717,497	4216611,390
2	465715,825	4216610,066	32	465717,498	4216611,723
3	465715,914	4216610,176	33	465717,587	4216611,945
4	465715,915	4216610,398	34	465717,928	4216609,724
5	465715,915	4216610,509	35	465718,018	4216610,057
6	465716,004	4216610,842	36	465718,018	4216610,167
7	465716,036	4216611,024	37	465718,019	4216610,500
8	465716,038	4216611,140	38	465718,108	4216610,833
9	465716,095	4216611,729	39	465718,110	4216611,166
10	465716,184	4216611,840	40	465718,198	4216611,276
11	465716,526	4216609,952	41	465718,199	4216611,498
12	465716,615	4216610,062	42	465718,288	4216611,720
13	465716,616	4216610,284	43	465718,200	4216611,831
14	465716,706	4216610,839	44	465716,235	4216612,294
15	465716,706	4216610,950	45	465716,221	4216612,072
16	465716,795	4216611,282	46	465716,070	4216611,479
17	465716,796	4216611,504	47	465715,947	4216610,699
18	465716,796	4216611,504	48	465718,058	4216610,684
19	465716,796	4216611,615	49	465718,025	4216610,341
20	465716,797	4216611,837	50	465717,962	4216609,897
21	465717,227	4216609,616	51	465718,114	4216610,994
22	465717,227	4216609,727	52	465716,642	4216610,458
23	465717,228	4216609,949	53	465716,664	4216610,641
24	465717,228	4216610,060	54	465716,731	4216611,133
25	465717,317	4216610,281	55	465716,823	4216611,989
26	465717,318	4216610,614	56	465717,497	4216611,549
27	465717,407	4216610,725	57	465717,334	4216610,446
28	465717,407	4216610,947	58	465716,840	4216612,160
29	465717,408	4216611,058	59	465716,546	4216609,761
30	465717,497	4216611,279	60	465717,936	4216609,548

Çizelge 4.7. Operatör kontrollü uygulamanın 4. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465732,661	4216589,246	26	465734,065	4216589,462
2	465732,663	4216589,579	27	465734,154	4216589,683
3	465732,751	4216589,689	28	465734,154	4216589,683
4	465732,752	4216589,911	29	465734,154	4216589,794
5	465732,753	4216590,133	30	465734,155	4216590,016
6	465732,753	4216590,244	31	465734,156	4216590,238
7	465732,842	4216590,466	32	465734,157	4216590,349
8	465732,843	4216590,688	33	465734,245	4216590,571
9	465732,843	4216590,798	34	465734,246	4216590,682
10	465732,929	4216591,280	35	465734,247	4216590,904
11	465732,932	4216591,131	36	465734,765	4216589,015
12	465733,363	4216589,243	37	465734,766	4216589,237
13	465733,363	4216589,354	38	465734,767	4216589,459
14	465733,364	4216589,576	39	465734,767	4216589,570
15	465733,452	4216589,686	40	465734,856	4216589,902
16	465733,453	4216589,908	41	465734,857	4216590,124
17	465733,454	4216590,130	42	465734,946	4216590,346
18	465733,455	4216590,352	43	465734,946	4216590,457
19	465733,543	4216590,463	44	465734,947	4216590,568
20	465733,544	4216590,574	45	465734,948	4216590,790
21	465733,545	4216590,796	46	465734,195	4216590,456
22	465733,545	4216590,906	47	465734,097	4216589,576
23	465733,545	4216590,906	48	465733,457	4216590,234
24	465734,064	4216589,240	49	465732,871	4216591,041
25	465734,065	4216589,351			

Çizelge 4.8. GPS kontrollü uygulamanın 1. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465688,953	4216600,526	26	465690,444	4216600,519
2	465689,041	4216600,636	27	465690,445	4216600,741
3	465689,042	4216600,747	28	465690,445	4216600,852
4	465689,043	4216600,969	29	465690,446	4216601,074
5	465689,043	4216601,080	30	465690,447	4216601,185
6	465689,044	4216601,302	31	465690,535	4216601,407
7	465689,133	4216601,524	32	465690,536	4216601,518
8	465689,133	4216601,635	33	465690,537	4216601,740
9	465689,134	4216601,856	34	465690,537	4216601,851
10	465689,135	4216601,967	35	465690,626	4216602,072
11	465689,223	4216602,189	36	465691,055	4216599,962
12	465689,224	4216602,300	37	465691,056	4216600,184
13	465689,654	4216600,301	38	465691,057	4216600,295
14	465689,655	4216600,523	39	465691,057	4216600,406
15	465689,743	4216600,633	40	465691,146	4216600,738
16	465689,744	4216600,855	41	465691,147	4216600,960
17	465689,745	4216601,077	42	465691,148	4216601,182
18	465689,833	4216601,188	43	465691,236	4216601,293
19	465689,834	4216601,410	44	465691,237	4216601,515
20	465689,834	4216601,521	45	465691,238	4216601,737
21	465689,836	4216601,964	46	465691,239	4216601,848
22	465689,924	4216602,075	47	465691,327	4216601,958
23	465689,925	4216602,186	48	465691,327	4216602,069
24	465690,355	4216600,298	49	465689,863	4216601,739
25	465690,356	4216600,409	50	465691,095	4216600,606

Çizelge 4.9. GPS kontrollü uygulamanın 2. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465695,997	4216586,626	25	465697,401	4216586,731
2	465695,998	4216586,737	26	465697,489	4216586,842
3	465696,086	4216586,959	27	465697,490	4216587,175
4	465696,087	4216587,181	28	465697,492	4216587,508
5	465696,088	4216587,292	29	465697,492	4216587,619
6	465696,089	4216587,514	30	465697,580	4216587,729
7	465696,089	4216587,625	31	465697,582	4216588,062
8	465696,090	4216587,847	32	465697,582	4216588,284
9	465696,178	4216587,957	33	465698,101	4216586,396
10	465696,179	4216588,179	34	465698,102	4216586,728
11	465696,180	4216588,290	35	465698,102	4216586,839
12	465696,699	4216586,623	36	465698,191	4216587,061
13	465696,700	4216586,956	37	465698,192	4216587,172
14	465696,789	4216587,178	38	465698,193	4216587,394
15	465696,789	4216587,289	39	465698,281	4216587,504
16	465696,790	4216587,511	40	465698,282	4216587,726
17	465696,878	4216587,621	41	465698,283	4216587,948
18	465696,879	4216587,843	42	465698,283	4216588,170
19	465696,879	4216587,843	43	465697,564	4216587,905
20	465696,880	4216587,954	44	465697,507	4216587,320
21	465696,880	4216588,065	45	465697,464	4216586,985
22	465696,881	4216588,287	46	465696,717	4216586,806
23	465696,881	4216588,398	47	465698,102	4216586,577
24	465697,400	4216586,620			

Çizelge 4.10. GPS kontrollü uygulamanın 3. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465718,892	4216609,387	29	465720,384	4216609,714
2	465718,980	4216609,609	30	465720,384	4216609,825
3	465718,981	4216609,720	31	465720,385	4216610,047
4	465718,982	4216609,942	32	465720,386	4216610,158
5	465718,982	4216610,052	33	465720,386	4216610,379
6	465718,983	4216610,274	34	465720,387	4216610,490
7	465719,071	4216610,385	35	465720,476	4216610,712
8	465719,072	4216610,607	36	465720,476	4216610,823
9	465719,073	4216610,829	37	465720,477	4216611,045
10	465719,073	4216610,829	38	465720,566	4216611,266
11	465719,074	4216611,051	39	465720,566	4216611,377
12	465719,163	4216611,272	40	465720,994	4216608,934
13	465719,163	4216611,383	41	465720,995	4216609,156
14	465719,164	4216611,605	42	465720,996	4216609,267
15	465719,592	4216609,162	43	465721,084	4216609,489
16	465719,593	4216609,384	44	465721,086	4216609,822
17	465719,682	4216609,606	45	465721,086	4216609,933
18	465719,684	4216610,050	46	465721,087	4216610,155
19	465719,772	4216610,160	47	465721,175	4216610,265
20	465719,773	4216610,382	48	465721,176	4216610,487
21	465719,774	4216610,604	49	465721,177	4216610,598
22	465719,775	4216610,937	50	465721,177	4216610,820
23	465719,775	4216611,048	51	465721,177	4216610,820
24	465719,865	4216611,380	52	465721,178	4216610,931
25	465720,293	4216609,048	53	465721,179	4216611,153
26	465720,294	4216609,159	54	465719,684	4216609,829
27	465720,295	4216609,381	55	465719,776	4216610,766
28	465720,198	4216610,261			

Çizelge 4.11. GPS kontrollü uygulamanın 4. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465732,195	4216610,843	24	465733,109	4216612,323
2	465732,248	4216611,194	25	465733,541	4216610,657
3	465732,280	4216611,403	26	465733,629	4216610,767
4	465732,377	4216611,818	27	465733,630	4216610,989
5	465732,410	4216611,948	28	465733,631	4216611,211
6	465732,424	4216612,145	29	465733,719	4216611,322
7	465732,439	4216612,418	30	465733,720	4216611,544
8	465734,297	4216610,642	31	465733,720	4216611,655
9	465734,323	4216610,821	32	465733,809	4216611,876
10	465734,367	4216611,015	33	465733,809	4216611,987
11	465734,423	4216611,571	34	465733,810	4216612,209
12	465734,466	4216611,742	35	465733,811	4216612,431
13	465734,478	4216611,902	36	465734,271	4216610,462
14	465732,227	4216610,995	37	465734,420	4216611,208
15	465732,337	4216611,656	38	465734,421	4216611,430
16	465732,927	4216610,770	39	465734,511	4216612,095
17	465732,928	4216610,881	40	465734,512	4216612,317
18	465732,928	4216610,992	41	465733,025	4216611,594
19	465733,017	4216611,214	42	465733,137	4216612,500
20	465733,018	4216611,436	43	465733,530	4216610,517
21	465733,019	4216611,769	44	465732,902	4216610,615
22	465733,108	4216611,990	45	465732,478	4216612,649
23	465733,109	4216612,212			

Çizelge 4.12. Otomatik kontrollü uygulamanın 1. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465689,637	4216575,668	34	465691,220	4216576,660
2	465689,726	4216575,890	35	465691,221	4216576,882
3	465689,727	4216576,223	36	465691,310	4216577,215
4	465689,818	4216576,777	37	465691,311	4216577,437
5	465689,818	4216576,999	38	465691,311	4216577,548
6	465689,908	4216577,443	39	465691,312	4216577,770
7	465689,908	4216577,554	40	465691,740	4216575,216
8	465689,998	4216577,997	41	465691,741	4216575,438
9	465690,338	4216575,333	42	465691,830	4216575,770
10	465690,338	4216575,555	43	465691,831	4216575,992
11	465690,339	4216575,665	44	465691,831	4216575,992
12	465690,428	4216575,887	45	465691,832	4216576,214
13	465690,428	4216575,998	46	465691,832	4216576,214
14	465690,428	4216576,109	47	465691,832	4216576,325
15	465690,429	4216576,220	48	465691,921	4216576,546
16	465690,429	4216576,331	49	465691,922	4216576,768
17	465690,519	4216576,774	50	465691,922	4216576,879
18	465690,519	4216576,885	51	465692,011	4216577,101
19	465690,520	4216577,107	52	465692,012	4216577,323
20	465690,609	4216577,440	53	465692,012	4216577,434
21	465690,610	4216577,551	54	465690,557	4216577,269
22	465690,611	4216577,773	55	465691,266	4216577,038
23	465691,311	4216577,548	56	465689,959	4216577,823
24	465691,311	4216577,437	57	465689,946	4216577,684
25	465691,039	4216575,219	58	465689,855	4216577,271
26	465691,039	4216575,441	59	465689,861	4216577,134
27	465691,040	4216575,663	60	465690,480	4216576,616
28	465691,129	4216575,884	61	465690,457	4216576,479
29	465691,129	4216575,884	62	465689,788	4216576,592
30	465691,130	4216575,995	63	465689,766	4216576,401
31	465691,130	4216576,217	64	465689,699	4216576,048
32	465691,131	4216576,328	65	465690,376	4216575,773
33	465691,220	4216576,549	66	465691,764	4216575,606

Çizelge 4.13. Otomatik kontrollü uygulamanın 2. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465705,343	4216598,681	30	465706,929	4216600,450
2	465705,344	4216599,014	31	465707,017	4216600,561
3	465705,434	4216599,569	32	465707,018	4216600,782
4	465705,524	4216600,012	33	465707,446	4216598,451
5	465705,525	4216600,345	34	465707,447	4216598,672
6	465705,614	4216600,566	35	465707,536	4216598,894
7	465706,043	4216598,456	36	465707,537	4216599,227
8	465706,044	4216598,678	37	465707,538	4216599,338
9	465706,045	4216598,789	38	465707,560	4216599,476
10	465706,133	4216599,011	39	465707,627	4216599,670
11	465706,135	4216599,344	40	465707,628	4216599,892
12	465706,135	4216599,455	41	465707,628	4216600,003
13	465706,225	4216599,898	42	465707,629	4216600,225
14	465706,226	4216600,120	43	465707,717	4216600,336
15	465706,227	4216600,342	44	465707,718	4216600,558
16	465706,316	4216600,674	45	465705,476	4216599,808
17	465706,317	4216600,896	46	465705,414	4216599,405
18	465706,657	4216598,343	47	465705,360	4216599,199
19	465706,745	4216598,454	48	465707,540	4216599,054
20	465706,745	4216598,564	49	465707,637	4216600,126
21	465706,746	4216598,786	50	465705,530	4216600,212
22	465706,835	4216599,008	51	465705,586	4216600,774
23	465706,835	4216599,119	52	465705,657	4216600,933
24	465706,836	4216599,341	53	465707,421	4216598,253
25	465706,837	4216599,452	54	465706,149	4216599,703
26	465706,837	4216599,563	55	465706,896	4216599,956
27	465706,926	4216599,784	56	465706,123	4216599,189
28	465706,927	4216600,117	57	465706,276	4216600,520
29	465706,928	4216600,339			

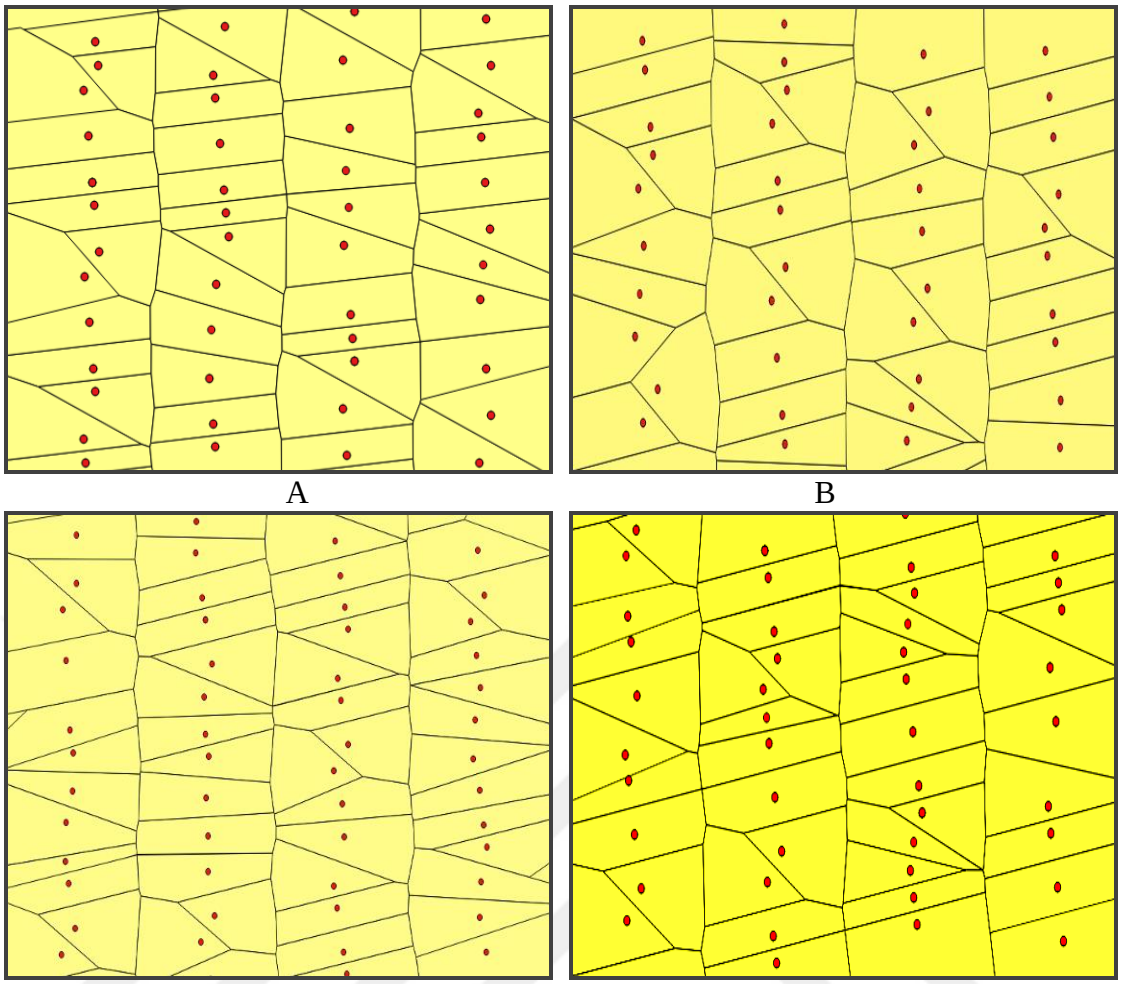
Çizelge 4.14. Otomatik kontrollü uygulamanın 3. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465711,706	4216610,416	30	465713,290	4216611,741
2	465711,706	4216610,416	31	465713,290	4216611,852
3	465711,707	4216610,638	32	465713,379	4216612,184
4	465711,796	4216610,970	33	465713,380	4216612,406
5	465711,796	4216611,081	34	465713,381	4216612,628
6	465711,798	4216611,636	35	465713,810	4216610,296
7	465711,887	4216611,858	36	465713,811	4216610,518
8	465711,889	4216612,302	37	465713,899	4216610,629
9	465711,978	4216612,523	38	465713,900	4216610,851
10	465712,406	4216610,191	39	465713,900	4216610,962
11	465712,407	4216610,413	40	465713,989	4216611,294
12	465712,409	4216610,746	41	465713,991	4216611,627
13	465712,498	4216611,078	42	465713,992	4216611,849
14	465712,499	4216611,300	43	465714,080	4216611,959
15	465712,499	4216611,411	44	465714,082	4216612,403
16	465712,589	4216611,966	45	465714,082	4216612,514
17	465712,589	4216612,077	46	465711,894	4216612,131
18	465712,678	4216612,187	47	465711,814	4216611,295
19	465712,679	4216612,409	48	465714,063	4216612,252
20	465712,680	4216612,631	49	465711,998	4216612,785
21	465713,107	4216610,077	50	465714,048	4216612,078
22	465713,108	4216610,188	51	465714,001	4216611,437
23	465713,109	4216610,410	52	465713,950	4216611,151
24	465713,109	4216610,521	53	465713,777	4216609,987
25	465713,110	4216610,743	54	465712,547	4216611,799
26	465713,199	4216610,964	55	465712,516	4216611,585
27	465713,199	4216611,075	56	465712,457	4216610,895
28	465713,288	4216611,408	57	465713,242	4216611,242
29	465713,289	4216611,630	58	465713,314	4216612,023

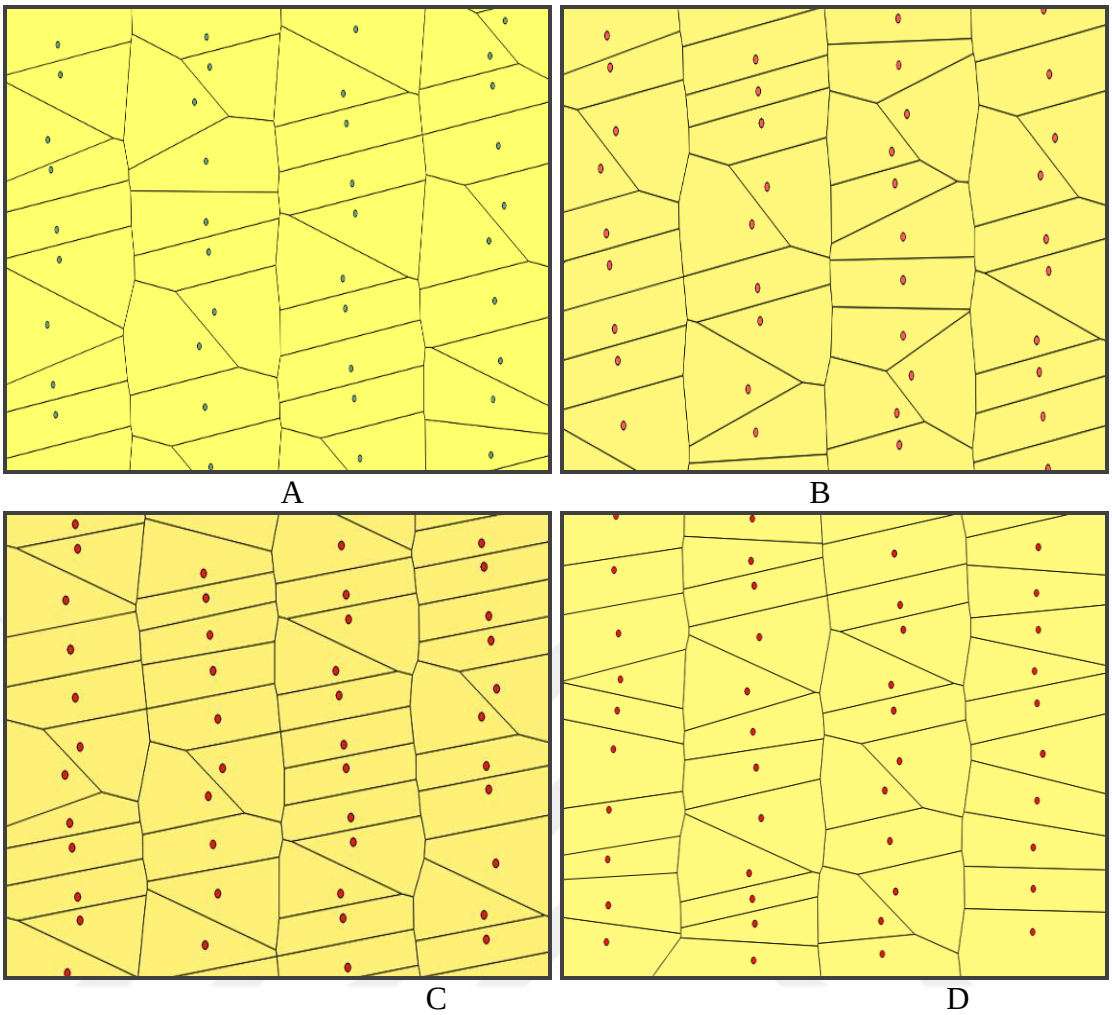
Çizelge 4.15. Otomatik kontrollü uygulamanın 4. tekerrürüne ait bitki koordinatları

Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)	Bitki no	Enlem (m)	Boylam (m)
1	465724,503	4216588,504	24	465724,503	4216588,504
2	465724,504	4216588,614	25	465724,504	4216588,614
3	465724,592	4216588,836	26	465724,592	4216588,836
4	465724,593	4216588,947	27	465724,593	4216588,947
5	465724,594	4216589,169	28	465724,594	4216589,169
6	465724,682	4216589,279	29	465724,682	4216589,279
7	465724,683	4216589,501	30	465724,683	4216589,501
8	465724,683	4216589,612	31	465724,683	4216589,612
9	465724,772	4216589,834	32	465724,772	4216589,834
10	465724,772	4216589,945	33	465724,772	4216589,945
11	465724,773	4216590,167	34	465724,773	4216590,167
12	465725,204	4216588,279	35	465725,204	4216588,279
13	465725,205	4216588,501	36	465725,205	4216588,501
14	465725,205	4216588,612	37	465725,205	4216588,612
15	465725,294	4216588,833	38	465725,294	4216588,833
16	465725,294	4216588,944	39	465725,294	4216588,944
17	465725,295	4216589,055	40	465725,295	4216589,055
18	465725,296	4216589,277	41	465725,296	4216589,277
19	465725,384	4216589,498	42	465725,384	4216589,498
20	465725,385	4216589,609	43	465725,385	4216589,609
21	465725,386	4216589,831	44	465725,386	4216589,831
22	465725,474	4216589,942	45	465725,474	4216589,942
23	465725,475	4216590,164	46	465725,475	4216590,164

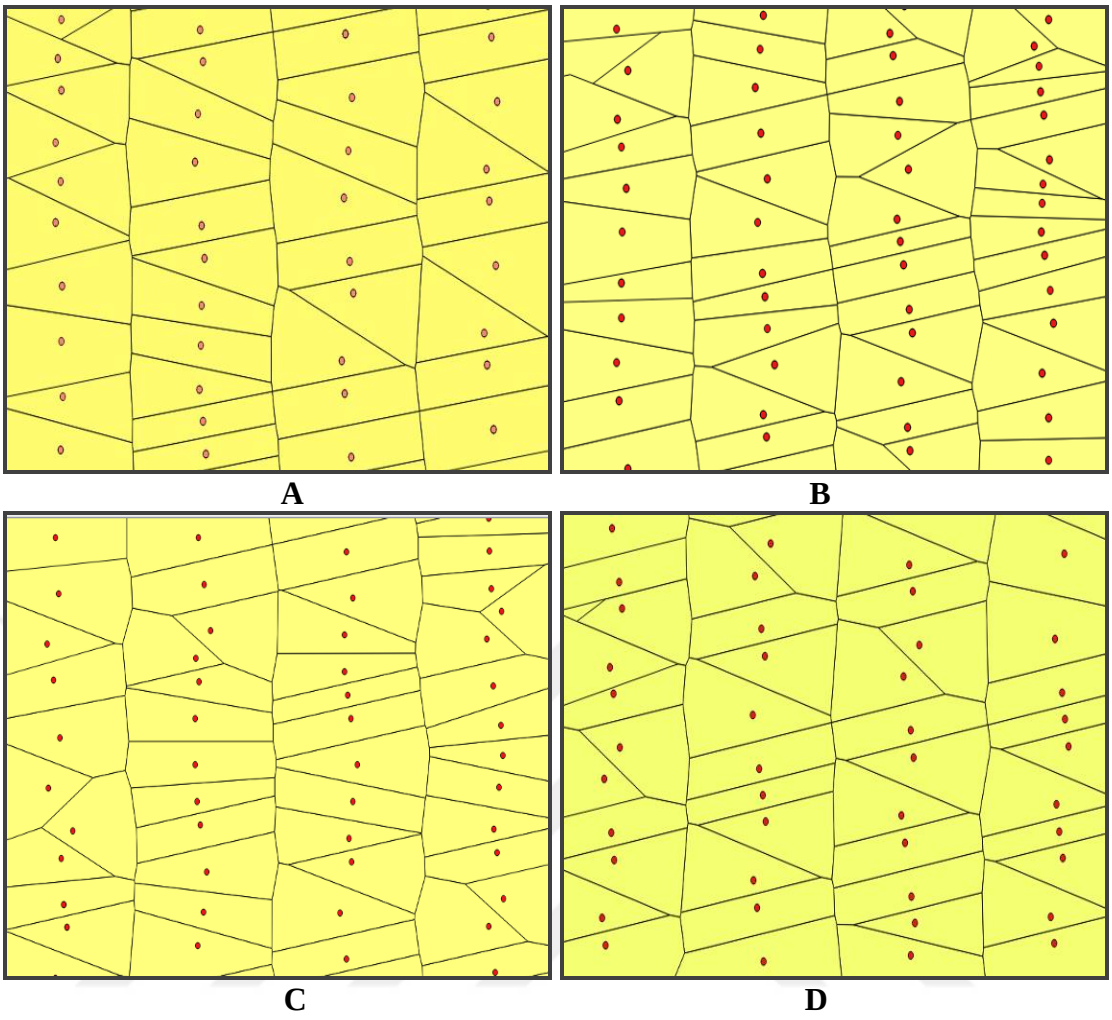
QGIS CBS programında elde edilen operatör, GPS ve otomatik kontrolü yönlendirme sistemleriyle ekimlerin yapıldığı tüm parsellerden elde edilen voronoi poligonlarına ait görüntüler Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’ te verilmiştir.



Şekil 4.1. Operatör kontrollü uygulamada bitki yaşam alanlarına ait veroni poligonları (A: 1.tekerrür, B: 2. tekerrür, C: 3. tekerrür D: 4. tekerrür)



Şekil 4.2. GPS kontrollü uygulamada bitki yaşam alanlarına ait veroni poligonları (A: 1.tekerrür, B: 2. tekerrür, C: 3. tekerrür D: 4. tekerrür)



Şekil 4.3. Otomatik kontrollü uygulamada bitki yaşam alanlarına ait veroni poligonları (A: 1.tekerrür, B: 2. tekerrür, C: 3. tekerrür D: 4. tekerrür)

Elde edilen poligonlara ait ham değerler olan alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri Çizelge 4.16-4.27' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Operatör kontrollü uygulamanın 1. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,131	1,756	0,204	1,282	0,730
2	0,195	1,986	0,249	1,565	0,788
3	0,115	1,667	0,191	1,201	0,720
4	0,159	1,885	0,225	1,415	0,751
5	0,113	1,693	0,190	1,194	0,706
6	0,172	1,896	0,234	1,472	0,776
7	0,130	1,785	0,204	1,280	0,717
8	0,075	1,565	0,155	0,973	0,622
9	0,134	1,789	0,207	1,299	0,726
10	0,113	1,691	0,189	1,190	0,704
11	0,131	1,756	0,204	1,282	0,730
12	0,117	1,723	0,193	1,211	0,703
13	0,189	1,948	0,245	1,540	0,790
14	0,155	1,866	0,222	1,398	0,749
15	0,155	1,818	0,222	1,394	0,766
16	0,116	1,676	0,192	1,206	0,720
17	0,148	1,789	0,217	1,365	0,763
18	0,115	1,691	0,191	1,202	0,711
19	0,159	1,846	0,225	1,414	0,766
20	0,081	1,670	0,160	1,007	0,603
Ortalama şekil katsayısı					0,727
Standart hata					0,011

Çizelge 4.17. Operatör kontrollü uygulamanın 2. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,139	1,692	0,211	1,323	0,782
2	0,099	1,637	0,177	1,114	0,681
3	0,133	1,562	0,206	1,293	0,828
4	0,110	1,650	0,187	1,173	0,711
5	0,105	1,393	0,183	1,149	0,825
6	0,106	1,632	0,184	1,155	0,708
7	0,131	1,532	0,204	1,282	0,836
8	0,119	1,477	0,194	1,221	0,827
9	0,122	1,654	0,197	1,238	0,749
10	0,128	1,518	0,202	1,270	0,836
11	0,111	1,672	0,188	1,179	0,705
12	0,120	1,513	0,196	1,230	0,813
13	0,083	1,580	0,162	1,019	0,645
14	0,123	1,504	0,197	1,241	0,825
15	0,122	1,599	0,197	1,238	0,774
16	0,104	1,618	0,182	1,142	0,706
17	0,082	1,648	0,161	1,012	0,614
18	0,074	1,570	0,154	0,967	0,616
19	0,093	1,544	0,172	1,082	0,701
20	0,123	1,481	0,197	1,241	0,838
Ortalama şekil katsayısı					0,751
Standart hata					0,017

Çizelge 4.18. Operatör kontrollü uygulamanın 3. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,102	1,617	0,181	1,134	0,701
2	0,101	1,670	0,180	1,129	0,676
3	0,114	1,638	0,190	1,197	0,731
4	0,120	1,468	0,196	1,230	0,838
5	0,116	1,464	0,192	1,208	0,825
6	0,129	1,742	0,203	1,273	0,731
7	0,125	1,779	0,200	1,255	0,705
8	0,130	1,699	0,204	1,280	0,753
9	0,118	1,723	0,194	1,216	0,706
10	0,093	1,628	0,172	1,078	0,662
11	0,103	1,664	0,181	1,138	0,684
12	0,115	1,657	0,191	1,202	0,725
13	0,113	1,684	0,189	1,190	0,706
14	0,112	1,668	0,189	1,189	0,713
15	0,146	1,826	0,216	1,355	0,742
16	0,117	1,734	0,193	1,212	0,699
17	0,120	1,493	0,195	1,227	0,822
18	0,126	1,745	0,201	1,261	0,723
19	0,109	1,641	0,186	1,172	0,714
20	0,132	1,751	0,205	1,286	0,734
Ortalama şekil katsayısı					0,730
Standart hata					0,011

Çizelge 4.19. Operatör kontrollü uygulamanın 4. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,061	1,484	0,139	0,875	0,590
2	0,117	1,721	0,193	1,211	0,704
3	0,112	1,683	0,189	1,188	0,706
4	0,077	1,606	0,157	0,986	0,614
5	0,127	1,545	0,201	1,264	0,818
6	0,156	1,828	0,223	1,399	0,766
7	0,080	1,634	0,159	1,002	0,613
8	0,076	1,479	0,156	0,978	0,661
9	0,107	1,637	0,184	1,159	0,708
10	0,149	1,774	0,218	1,369	0,772
11	0,099	1,596	0,177	1,114	0,698
12	0,075	1,378	0,154	0,969	0,703
13	0,124	1,529	0,199	1,250	0,817
14	0,094	1,455	0,173	1,087	0,747
15	0,099	1,372	0,177	1,114	0,812
16	0,086	1,387	0,166	1,041	0,750
17	0,114	1,717	0,191	1,198	0,698
18	0,112	1,670	0,189	1,186	0,710
19	0,078	1,620	0,158	0,992	0,612
20	0,094	1,348	0,173	1,088	0,808
Ortalama şekil katsayısı					0,715
Standart hata					0,016

Çizelge 4.20. GPS kontrollü uygulamanın 1. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,122	1,526	0,197	1,236	0,810
2	0,137	1,577	0,209	1,313	0,832
3	0,128	1,553	0,202	1,268	0,817
4	0,145	1,764	0,215	1,349	0,765
5	0,116	1,703	0,192	1,207	0,708
6	0,114	1,693	0,191	1,197	0,707
7	0,107	1,638	0,184	1,157	0,707
8	0,111	1,650	0,188	1,180	0,715
9	0,107	1,639	0,185	1,161	0,708
10	0,117	1,684	0,193	1,215	0,721
11	0,143	1,721	0,213	1,340	0,778
12	0,117	1,734	0,193	1,211	0,699
13	0,116	1,702	0,192	1,206	0,708
14	0,123	1,509	0,198	1,242	0,823
15	0,124	1,531	0,199	1,248	0,815
16	0,138	1,573	0,209	1,315	0,836
17	0,114	1,641	0,191	1,198	0,730
18	0,100	1,384	0,179	1,123	0,811
19	0,094	1,330	0,173	1,087	0,817
20	0,117	1,685	0,193	1,214	0,720
Ortalama şekil katsayısı					0,761
Standart hata					0,012

Çizelge 4.21. GPS kontrollü uygulamanın 2. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,085	1,477	0,164	1,033	0,700
2	0,097	1,574	0,176	1,105	0,702
3	0,124	1,686	0,199	1,248	0,740
4	0,127	1,490	0,201	1,262	0,847
5	0,117	1,731	0,193	1,211	0,699
6	0,134	1,782	0,206	1,297	0,728
7	0,123	1,519	0,198	1,244	0,819
8	0,107	1,634	0,184	1,157	0,708
9	0,113	1,657	0,190	1,192	0,719
10	0,097	1,343	0,175	1,103	0,821
11	0,117	1,719	0,193	1,214	0,706
12	0,104	1,642	0,182	1,140	0,695
13	0,117	1,727	0,193	1,212	0,702
14	0,128	1,633	0,202	1,268	0,777
15	0,077	1,611	0,157	0,984	0,611
16	0,116	1,710	0,192	1,206	0,705
17	0,114	1,436	0,191	1,198	0,834
18	0,138	1,577	0,209	1,315	0,834
19	0,091	1,297	0,170	1,068	0,824
20	0,110	1,668	0,187	1,178	0,706
Ortalama şekil katsayısı					0,744
Standart hata					0,015

Çizelge 4.22. GPS kontrollü uygulamanın 3. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,111	1,664	0,188	1,182	0,711
2	0,099	1,676	0,178	1,117	0,667
3	0,148	1,755	0,217	1,364	0,777
4	0,139	1,695	0,211	1,323	0,781
5	0,114	1,640	0,191	1,198	0,730
6	0,115	1,653	0,191	1,201	0,726
7	0,115	1,706	0,192	1,204	0,706
8	0,116	1,711	0,192	1,208	0,706
9	0,130	1,732	0,203	1,277	0,738
10	0,152	1,847	0,220	1,382	0,748
11	0,111	1,655	0,188	1,182	0,714
12	0,115	1,695	0,192	1,204	0,710
13	0,151	1,815	0,219	1,377	0,759
14	0,160	1,861	0,226	1,419	0,762
15	0,127	1,710	0,201	1,265	0,740
16	0,122	1,506	0,197	1,240	0,823
17	0,128	1,711	0,202	1,267	0,741
18	0,133	1,555	0,206	1,293	0,832
19	0,115	1,695	0,191	1,200	0,708
20	0,110	1,649	0,187	1,173	0,712
Ortalama şekil katsayısı					0,739
Standart hata					0,009

Çizelge 4.23. GPS kontrollü uygulamanın 4. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,137	1,575	0,209	1,311	0,832
2	0,100	1,673	0,178	1,119	0,669
3	0,087	1,621	0,166	1,045	0,645
4	0,115	1,696	0,191	1,203	0,709
5	0,131	1,749	0,204	1,284	0,734
6	0,160	1,858	0,226	1,419	0,764
7	0,115	1,717	0,192	1,204	0,702
8	0,139	1,685	0,210	1,322	0,785
9	0,136	1,759	0,208	1,306	0,743
10	0,123	1,509	0,198	1,242	0,823
11	0,156	1,832	0,223	1,399	0,763
12	0,119	1,673	0,195	1,225	0,732
13	0,122	1,690	0,197	1,238	0,732
14	0,115	1,700	0,191	1,200	0,706
15	0,110	1,653	0,187	1,174	0,710
16	0,100	1,390	0,178	1,119	0,805
17	0,135	1,596	0,207	1,303	0,816
18	0,150	1,835	0,219	1,374	0,749
19	0,076	1,587	0,156	0,978	0,616
20	0,128	1,736	0,202	1,268	0,730
Ortalama şekil katsayısı					0,738
Standart hata					0,013

Çizelge 4.24. Otomatik kontrollü uygulamanın 1. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,085	1,477	0,164	1,033	0,700
2	0,097	1,574	0,176	1,105	0,702
3	0,124	1,686	0,199	1,248	0,740
4	0,127	1,490	0,201	1,262	0,847
5	0,117	1,731	0,193	1,211	0,699
6	0,134	1,782	0,206	1,297	0,728
7	0,123	1,519	0,198	1,244	0,819
8	0,107	1,634	0,184	1,157	0,708
9	0,113	1,657	0,190	1,192	0,719
10	0,097	1,343	0,175	1,103	0,821
11	0,117	1,719	0,193	1,214	0,706
12	0,104	1,642	0,182	1,140	0,695
13	0,117	1,727	0,193	1,212	0,702
14	0,128	1,633	0,202	1,268	0,777
15	0,077	1,611	0,157	0,984	0,611
16	0,116	1,710	0,192	1,206	0,705
17	0,114	1,436	0,191	1,198	0,834
18	0,138	1,577	0,209	1,315	0,834
19	0,091	1,297	0,170	1,068	0,824
20	0,110	1,668	0,187	1,178	0,706
Ortalama şekil katsayısı					0,744
Standart hata					0,015

Çizelge 4.25. Otomatik kontrollü uygulamanın 2. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,136	1,783	0,208	1,308	0,733
2	0,150	1,701	0,218	1,372	0,806
3	0,078	1,617	0,157	0,989	0,612
4	0,102	1,627	0,180	1,130	0,695
5	0,155	1,859	0,222	1,397	0,752
6	0,131	1,739	0,204	1,283	0,738
7	0,117	1,719	0,193	1,213	0,706
8	0,095	1,694	0,174	1,091	0,644
9	0,148	1,825	0,217	1,362	0,747
10	0,123	1,705	0,197	1,241	0,728
11	0,154	1,817	0,221	1,391	0,766
12	0,126	1,759	0,201	1,261	0,717
13	0,122	1,769	0,197	1,240	0,701
14	0,120	1,663	0,196	1,229	0,739
15	0,158	1,865	0,224	1,411	0,756
16	0,114	1,616	0,190	1,196	0,740
17	0,141	1,767	0,212	1,331	0,753
18	0,101	1,614	0,179	1,124	0,696
19	0,117	1,731	0,193	1,211	0,699
20	0,136	1,785	0,208	1,309	0,733
Ortalama şekil katsayısı					0,723
Standart hata					0,010

Çizelge 4.26. Otomatik kontrollü uygulamanın 3. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,141	1,869	0,212	1,331	0,712
2	0,102	1,709	0,180	1,131	0,662
3	0,127	1,560	0,201	1,264	0,810
4	0,127	1,719	0,201	1,263	0,735
5	0,158	1,873	0,225	1,411	0,753
6	0,114	1,696	0,190	1,195	0,705
7	0,141	1,774	0,212	1,332	0,751
8	0,095	1,661	0,174	1,092	0,658
9	0,128	1,840	0,202	1,269	0,690
10	0,109	1,407	0,186	1,171	0,832
11	0,122	1,794	0,197	1,239	0,691
12	0,119	1,747	0,194	1,221	0,699
13	0,080	1,663	0,160	1,005	0,605
14	0,099	1,676	0,178	1,116	0,666
15	0,138	1,830	0,209	1,315	0,718
16	0,165	1,869	0,229	1,438	0,770
17	0,119	1,756	0,194	1,221	0,695
18	0,118	1,738	0,194	1,216	0,700
19	0,086	1,623	0,166	1,042	0,642
20	0,140	1,804	0,211	1,324	0,734
Ortalama şekil katsayısı					0,711
Standart hata					0,012

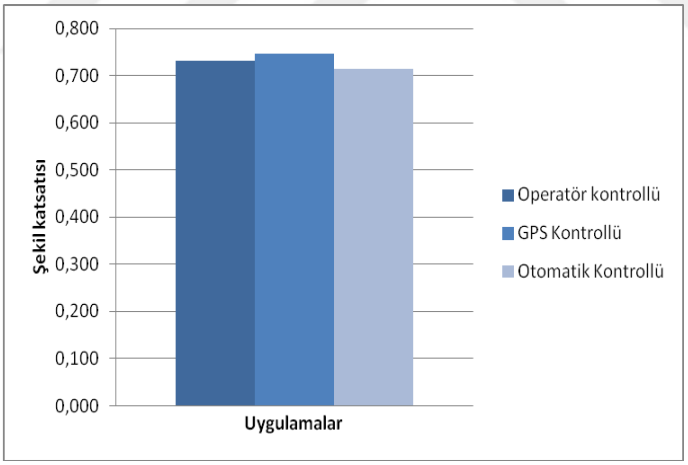
Çizelge 4.27. Otomatik kontrollü uygulamanın 4. Tekerrürüne ait alan, çevre, aynı alana sahip daire yarıçapı, aynı alana sahip daire çevresi ve şekil katsayısı değerleri

Poligon no	Poligon alanı (m^2)	Poligon çevresi (m)	Aynı alana sahip daire yarıçapı (m)	Aynı alana sahip daire çevresi(m)	Şekil katsayısı
1	0,113	1,685	0,189	1,190	0,706
2	0,124	1,529	0,199	1,250	0,817
3	0,109	1,637	0,186	1,170	0,715
4	0,075	1,571	0,155	0,973	0,619
5	0,118	1,696	0,193	1,215	0,717
6	0,117	1,683	0,193	1,214	0,721
7	0,115	1,656	0,191	1,200	0,724
8	0,077	1,477	0,157	0,984	0,667
9	0,114	1,684	0,191	1,197	0,711
10	0,110	1,663	0,187	1,175	0,707
11	0,117	1,713	0,193	1,210	0,706
12	0,106	1,611	0,184	1,153	0,716
13	0,114	1,683	0,190	1,197	0,711
14	0,115	1,654	0,191	1,200	0,725
15	0,122	1,694	0,197	1,239	0,731
16	0,128	1,558	0,202	1,269	0,814
17	0,128	1,558	0,202	1,269	0,814
18	0,123	1,509	0,198	1,242	0,823
19	0,118	1,696	0,193	1,215	0,717
20	0,150	1,810	0,218	1,372	0,758
Ortalama şekil katsayısı					0,731
Standart hata					0,012

Uygulama tekerrürleri ve ortalamalarına ait şekil katsayısı değerleri Çizelge 4.28’ de verilmiş, ayrıca Şekil 4.4’ te ortalama şekil katsayıları grafik olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.28. Uygulama tekerrürleri ve ortalamalarına ait şekil katsayıları

Yöntem	Tekerrür	Şekil katsayısı
Operatör kontrollü	1	0,727
	2	0,751
	3	0,730
	4	0,715
Ortalama		**0,731**
GPS kontrollü	1	0,761
	2	0,744
	3	0,739
	4	0,738
Ortalama		**0,746**
Otomatik kontrollü	1	0,693
	2	0,723
	3	0,711
	4	0,731
Ortalama		**0,715**



Şekil 4.4. Ortalama şekil katsayıları

Çizelge 4.28 ve Şekil. 4.4 incelendiğinde şekil katsayısı değerlerinin 0,693 ile 0,761 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek şekil katsayısı değeri GPS kontrollü uygulamanın 1. tekerrüründe, en düşük şekil katsayısı değeri ise otomatik kontrollü uygulamanın 1. tekerrüründe elde edilmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine bakıldığında ise en yüksek şekil katsayısı GPS kontrollü uygulamada, en düşük şekil katsayısı ise otomatik kontrollü uygulamada elde edilmiştir. Operatör kontrollü

uygulama ile kıyaslandığında şekil katsayısı GPS kontrollü uygulamada % 2 daha fazla, otomatik kontrollü uygulmada % 2 daha az bulunmuştur.

Elde edilen şekil katsayıları varyans analizine tabi tutulmadan önce logaritmik transformasyona tabi tutulmuştur. Değerlerin varyans analizinin normallik varsayımını sağlayıp sağlamadığını anlamak için Shapiro-Wilk istatistik yöntemine göre normallik testi yapılmıştır. Test sonucunda P-Value değerleri tüm uyguamalar için 0.05'ten büyük çıkmış ve verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca değerlerin homojen dağılım gösterip göstermediğini anlamak için Bartlett ve Levene testleri yapılmıştır. Yapılan test sonucunda tüm uygulamalar için Bartlett ve Levene testlerine ait P-Value değerleri 0.05'ten büyük olduğu görülmüş ve değerlerin homojen dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Şekil katsayıları için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29' de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Uygulama tekerrürleri ve ortalamalarına ait şekil katsayıları

Varyans Kaynakları	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P-Değeri
Ekim Yöntemleri	2	0,0006924	0,0003462	3,87	0,083
Bloklar	3	0,0001163	0,0000388	0,43	0,737
Hata	6	0,0005372	0,0000895		
Genel	11	0,0013459			

Yapılan varyans analizi sonuçları incelendiğinde istatistiksel olarak % 5 önem seviyesine göre operatör, GPS, ve otomatik kontrollü yönlendirme uygulamalarının arasındaki farklılığın önemsiz olduğu sonucu anlaşılmaktadır.

Literatür incelendiğinde voronoi poligonları ile bitki yaşam alanının belirlenmesine dayalı tohum dağılım düzgünlüğünün incelenmesi üzerine çok kısıtlı çalışma bulunmaktadır. Karayel (2010) yapmış olduğu bir çalışmada buğday, soya ve mısırın üç farkı ilerleme hızında ekimi sonrası tarladaki tohum dağılımını incelemek için her bitkiye düşen yaşam alanını Delaunay üçgenlemesi ve bunun eşleniği olan Voronoi poligonlarını kullanarak belirlemiş ve bu poligonlara ait şekil katsayılarını hesaplamıştır. Çalışma sonucunda mısır bitkisi için şekil katsayısı değerleri 0.57 ile 0.60 arasında bulunmuştur.

Nzi ve arkadaşlarının (2017) yapmış olduğu bir çalışmada pnömatik hassas ekim makinesinin tohum dağılım düzgünlüğü mısır bitkisinde geleneksel ve çift sıra ekimde üç farklı ilerleme hızında (3; 5 ve 7 km h^{-1}) yaşam alanları yönünden

değerlendirilmiştir. Laboratuar ortamında tohumların yapışkan bant üzerine bırakılması sağlanmış ve koordinatları ölçülmüştür. Daha sonra MATLAB programı ile voronoi poligonları bulunmuş olup bu poligonlar kullanılarak şekil katsayıları belirlenmiştir. Belirlenen şekil katsayılarının 0,66 ile 0,87 arasında değiştiği görülmüştür. Yukarıda açıklanan çalışmalar ve diğer benzer çalışmalar incelendiğinde (Griepentrog, 1998; Karayel ve ark., 2012) elde edilen şekil katsayısı değerlerinin benzer sonuçlara sahip olduğu görülmektedir.

4.4. Uzaktan Algılama ve Spektral Analize Dayalı Bitki Yeri Tespitine ilişkin sonuçlar

Görüntü işleme ile yapılan bitki tespiti sonucunda 1. görüntüde mevcut olan 45 bitkiden 1 adedi tespit edilememiş diğer 44 adedi tespit edilebilmiştir. Bitki olmayan iki adet koordinatta ise sıra üzerindeki yabancı otlar bitki gibi algılanmıştır. İkinci görüntü için yapılan bitki tespiti sonucunda mevcut olan 40 bitkiden 3 adedi tespit edilememiş diğer 37 adedi tespit edilebilmiştir. Üçüncü görüntü için yapılan bitki tespiti sonucunda mevcut olan 43 bitkiden 1 adedi tespit edilememiş diğer 42 adedi tespit edilebilmiştir. Tüm resimlerin alındığı bölümlerde mevcut bulunan toplam 128 bitkiden 123 adedi tespit edilmiş olup 5 adedi tespit edilememiştir. Resim üzerinde tespit edilen bitki merkez noktalarının koordintları ve GPS ile ölçülen gerçek bitki koordinatları Çizelge 4.30-32’ de verilmiştir.

Çizelge 4.30. Görüntü işleme ile 1. resimde tespit edilen bitkiler ile GPS ile ölçülen bitkilerin koordinatları

Bitki no	Resim Koordinatları		GPS Koordinatları	
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
1	465686,747	4216578,233	465686,755	4216578,344
2	465686,111	4216578,295	465685,966	4216578,347
3	465687,448	4216578,157	465687,368	4216578,231
4	465687,393	4216578,035	465687,368	4216578,120
5	465688,064	4216577,898	465688,069	4216578,006
6	465686,719	4216578,029	465686,666	4216578,123
7	465687,364	4216577,892	465687,367	4216578,009
8	465686,684	4216577,882	465686,666	4216578,012
9	465686,025	4216577,953	465685,964	4216578,015
10	465687,366	4216577,728	465687,367	4216577,787
11	465686,016	4216577,799	465685,964	4216577,904
12	465687,884	4216577,495	-	-
13	465687,282	4216577,548	465687,278	4216577,565
14	465686,682	4216577,624	465686,665	4216577,679
15	465685,995	4216577,581	465685,875	4216577,682
16	465687,958	4216577,300	465687,978	4216577,340
17	465687,298	4216577,364	465687,277	4216577,454
18	465686,635	4216577,405	465686,576	4216577,457
19	465687,933	4216577,182	465687,978	4216577,229
20	465687,248	4216577,251	465687,277	4216577,232
21	465686,589	4216577,291	465686,575	4216577,346
22	465685,966	4216577,313	-	-
23	465687,906	4216576,988	465687,977	4216577,007
24	465687,264	4216577,086	465687,276	4216577,121
25	465686,610	4216577,098	465686,575	4216577,235
26	465685,915	4216577,092	465685,786	4216577,239
27	465687,197	4216576,908	465687,187	4216576,900
28	465686,576	4216576,952	465686,486	4216577,014
29	465685,902	4216576,977	465685,785	4216577,017
30	465687,829	4216576,703	465687,888	4216576,675
31	465687,203	4216576,743	465687,187	4216576,789
32	465686,574	4216576,788	465686,485	4216576,792
33	465685,861	4216576,836	465685,784	4216576,906
34	465687,794	4216576,579	465687,887	4216576,564
35	465686,545	4216576,641	465686,485	4216576,681
36	465685,852	4216576,649	465685,784	4216576,684
37	465687,773	4216576,400	465687,799	4216576,342
38	465686,487	4216576,502	465686,485	4216576,570
39	465685,799	4216576,519	465685,695	4216576,573
40	465687,106	4216576,294	465687,097	4216576,345
41	465686,466	4216576,340	465686,396	4216576,348
42	465685,809	4216576,346	465685,694	4216576,351
43	465687,099	4216576,127	465687,096	4216576,123
44	465686,468	4216576,119	465686,395	4216576,126
45	465685,762	4216576,191	465685,694	4216576,240
46	465687,741	4216575,925	465687,797	4216575,899

Çizelge 4.31. Görüntü işleme ile 2. resimde tespit edilen bitkiler ile GPS ile ölçülen bitkilerin koordinatları

Bitki no	Resim Koordinatları		GPS Koordinatları	
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
1	465702,055	4216601,478	465701,935	4216601,470
2	465702,715	4216601,390	465702,723	4216601,355
3	465703,988	4216601,097	465704,038	4216601,128
4	465702,715	4216601,214	465702,635	4216601,245
5	465702,664	4216601,060	465702,634	4216601,023
6	465702,000	4216601,107	465701,933	4216601,137
7	465702,648	4216600,948	465702,634	4216600,912
8	465703,930	4216600,789	465704,036	4216600,795
9	465703,911	4216600,615	465703,948	4216600,574
10	465701,939	4216600,795	465701,932	4216600,804
11	465703,926	4216600,489	465703,947	4216600,463
12	465702,594	4216600,598	465702,545	4216600,579
13	465703,234	4216600,534	465703,246	4216600,466
14	465703,223	4216600,384	465703,245	4216600,355
15	465703,876	4216600,279	465703,946	4216600,241
16	465702,600	4216600,449	465702,544	4216600,468
17	465701,917	4216600,370	465701,842	4216600,360
18	465701,903	4216600,207	465701,841	4216600,139
19	465703,241	4216600,045	465703,244	4216600,022
20	465703,172	4216599,920	465703,156	4216599,911
21	465703,834	4216599,811	465703,857	4216599,797
22	465702,534	4216599,972	465702,542	4216599,914
23	465701,853	4216599,989	465701,753	4216599,917
24	465702,526	4216599,797	465702,541	4216599,692
25	465703,815	4216599,670	465703,856	4216599,575
26	465701,862	4216599,796	465701,752	4216599,806
27	465703,764	4216599,540	465703,855	4216599,464
28	465702,506	4216599,642	465702,453	4216599,581
29	465703,124	4216599,583	465703,154	4216599,578
30	465702,482	4216599,478	465702,452	4216599,470
31	465703,743	4216599,355	465703,767	4216599,354
32	465701,799	4216599,543	465701,751	4216599,473
33	465702,463	4216599,307	465702,452	4216599,359
34	465701,815	4216599,386	465701,662	4216599,252
35	465701,764	4216599,221	465701,662	4216599,141
36	465702,434	4216599,150	465702,364	4216599,249
37	465703,073	4216598,969	465703,064	4216598,913

Çizelge 4.32. Görüntü işleme ile 3. resimde tespit edilen bitkiler ile GPS ile ölçülen bitkilerin koordinatları

Bitki no	Resim Koordinatları		GPS Koordinatları	
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)
1	465718,163	4216611,715	465718,200	4216611,831
2	465716,801	4216611,764	465716,797	4216611,837
3	465718,142	4216611,607	465718,288	4216611,720
4	465717,471	4216611,666	465717,498	4216611,723
5	465716,118	4216611,790	465716,184	4216611,840
6	465716,764	4216611,587	465716,796	4216611,615
7	465718,101	4216611,435	465718,199	4216611,498
8	465716,124	4216611,663	465716,095	4216611,729
9	465716,776	4216611,440	465716,796	4216611,504
10	465717,420	4216611,384	465717,497	4216611,390
11	465718,083	4216611,269	465718,198	4216611,276
12	465717,368	4216611,219	465717,497	4216611,279
13	465716,738	4216611,294	465716,795	4216611,282
14	465718,035	4216611,099	465718,110	4216611,166
15	465716,062	4216611,307	465716,094	4216611,285
16	465717,357	4216611,067	465717,408	4216611,058
17	465716,052	4216611,194	465716,005	4216611,175
18	465718,015	4216610,803	465718,108	4216610,833
19	465717,337	4216610,893	465717,407	4216610,947
20	465716,692	4216610,973	465716,706	4216610,950
21	465716,067	4216611,039	465716,005	4216611,064
22	465717,293	4216610,769	465717,407	4216610,725
23	465716,008	4216610,904	465716,004	4216610,842
24	465716,671	4216610,784	465716,706	4216610,839
25	465717,271	4216610,600	465717,318	4216610,614
26	465717,924	4216610,505	465718,019	4216610,500
27	465715,950	4216610,558	465715,915	4216610,509
28	465717,238	4216610,317	465717,317	4216610,281
29	465717,885	4216610,203	465718,018	4216610,167
30	465716,591	4216610,270	465716,616	4216610,284
31	465715,944	4216610,379	465715,915	4216610,398
32	465717,842	4216610,069	465718,018	4216610,057
33	465717,223	4216610,140	465717,228	4216610,060
34	465716,610	4216610,131	465716,615	4216610,062
35	465715,914	4216610,202	465715,914	4216610,176
36	465717,221	4216610,001	465717,228	4216609,949
37	465716,556	4216609,996	465716,526	4216609,952
38	465715,878	4216610,051	465715,825	4216610,066
39	465717,829	4216609,777	465717,928	4216609,724
40	465715,896	4216609,908	465715,824	4216609,844
41	465717,180	4216609,671	465717,227	4216609,727
42	465717,124	4216609,579	465717,227	4216609,616

Resimlerden elde edilen bitki koordinatları ile GPS ile ölçülen gerçek bitki koordinatları kullanılarak hesaplanan karesel ortalama hata (rmse) değerleri Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Karesel ortalama hata değerleri

Resimler	Karesel ortalama hata (rmse) (mm)
Resim 1	93,55
Resim 2	81,86
Resim 3	88,57
Ortalama	**87,99**

Çizelge 4.33 incelendiğinde gerçek bitkiler ile resimlerden tespit edilen bitkiler arasındaki mesafeleri ifade eden karesel ortalama hataların 81,86 ile 93,55 arasında değiştiği ve ortalama 87,99 mm olduğu görülmektedir.

Genel olarak tüm resimlerden alınan veriler incelendiğinde bitkilerin % 96'sının tespit edilebildiği, gerçek bitki ile tespit edilen bitkiler arasındaki mesafelerin 87,99 mm olduğu belirlenmiştir. Weiss ve Biber (2011) 3D LIDAR sensör ve RTK-GPS kullanarak en ileri görüntüleme sensörleriyle tarım robotları için bitki tespit ve konumlandırması üzerine yaptıkları bir çalışmada tarla şartlarında 0,03 m ortalama pozisyon doğruluğu elde etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada fark değerinin nispeten yüksek olmasındaki etkenler incelenecek olursa GPS' e bağlı hatalar, görüntü üzerinde bulunan yer kontrol noktalarının ölçüm hatası, georeferanslandırmaya bağlı hatalar ve görüntü çözünürlüğü sayılabilir. Bugüne kadar benzer yaklaşımla bitki tespiti üzerine başka bir çalışma yapılmamış olmasından dolayı bu çalışma, gelecekteki GPS ve görüntüleme teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak umut verici olarak değerlendirilebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada tesadüf blokları deneme düzeni kullanılarak arazide operatör kontrollü, GPS kontrollü ve otomatik kontrollü yönlendirme sistemleri ile mısır ekimi yapılmış, yaşam alanları kullanılarak hesaplanan şekil katsayıları yönünden ekim düzgünlüğü değerlendirilmiştir. Teorik olarak en ideal yaşam alanı dairedir. Dairenin şekil katsayısı 1'dir ve yaşam alanlarına ait şekil katsayısı değerinin 1' yaklaşması daireye ne kadar yakın olduğunun göstergesidir.

Yaşam alanlarının belirlenmesinde hesaplamalı geometriye dayalı yöntem kullanılmış olup, yüksek hassasiyetli GPS ile ölçülen bitki konumları kullanılarak CBS programı ile voronoi poligonları elde edilmiş ve bu poligonların alan ve çevre değerleri kullanılarak şekil katsayıları elde edilmiştir. Şekil katsayıları kullanılarak yapılan istatistik analiz sonucunda üç uygulamanın da arasındaki farklılığın önemsiz olduğu ($P>0,05$) ve birbiri yerine kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Şekil katsayıları operatör kontrolü yönlendirme uygulamasında 0,731, GPS kontrollü yönlendirme uygulamasında 0,746 otomatik kontrollü yönlendirme uygulamasında 0,715 olarak bulunmuştur. Operatör kontrolü yönlendirme uygulamasına göre GPS kontrollü yönlendirme uygulamasında şekil katsayısı % 2 daha daha fazla bulunmuş, otomatik kontrollü yönlendirme uygulamasında ise % 2 daha az bulunmuştur. Otomatik kontrollü yönlendirme uygulamasında operatör kontrollü yönlendirme uygulamasına göre şekil katsayısı her ne kadar % 2 daha az bulunsa da istatistik analizler sonucunda da görüldüğü üzere bu fark önemsiz olup, operatöre daha az yük binmesi, zamandan daha iyi yararlanabilme gibi avantajlarından dolayı otomatik kontrollü yönlendirme uygulaması daha avantajlı olmaktadır.

Çalışmada aynı zamanda bitki konum tespiti yapılmıştır. Bitkiler farklı yükseklikten multispektral kamera ile görüntülenmiş ve alınan görüntülere spektral analiz yapılmıştır. Spektral analiz sonucunda bitkiler daha belirgin hale getirilmiş ve görüntü işlemeyle yerleri tespit edilmiştir. Görüntüler üzerindeki daha önce arazide konumları hassas olarak belirenmiş olan yer kontrol noktaları ile görüntüler CBS programında georeferanslandırılmıştır. Yüksek hassasiyetli GPS ile daha önceden ölçülen bitki konumları CBS programına yeni bir katman olarak yüklenmiş ve gerçek

bitki konumları ile görüntü üzerinde tespit edilen bitkiler arasındaki mesafeler ortalama kareler hatası hesaplanarak belirlenmiştir.

Tespit edilen bitkilerin gerçek bitkiler ile aralarındaki mesafeler ortalama 87,99 mm olarak tespit edilmiştir. Bu sapmanın GPS doğruluğu, georeferanslandırma hatası, görüntü çözünürlüğü gibi faktörlerden kaynaklanabileceği görülmüştür. Bu değer başlı başına bitkiyi baz alan bazı hassas tarımsal uygulamalar için nispeten yüksek bulunsa da hatanın yüksek olmasını sağlayan faktörleri göz önünde bulundurularak ileriki çalışmalarda daha iyi sonuçlar alınabilecektir.

5.2. Öneriler

Operatör, GPS ve otomatik kontrollü yönlendirmenin kullanılanıldığı traktörle ile yapılan bu çalışma sonucunda tüm uygulamaların arasındaki farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır ($P>0,05$).

Kullanılan otomatik kontrollü sistem prototip bir sistem olup geliştirilecek olan ticari versiyonda yapılacak yazılımsal ve donanımsal iyileştirmeler ile çok daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Operatör kontrollü yönlendirmede operatöre daha fazla iş yükü bineceğinden daha fazla yorulması ve etkinliğin düşmesi söz konusu olabilmektedir. GPS ve otomatik kontrollü yönlendirme sistemlerinde operatöre düşen iş yükü azaltmakta ve daha etkin çalışma imkânı doğurmaktadır.

GPS ve otomatik kontrollü yönlendirme sistemleri operatör yükünü azaltarak zamandan yararlanma katsayısını da arttırabilir.

GPS ve otomatik kontrollü yönlendirme sistemleri kullanılarak gece yapılması zor olan hassas tarla uygulamalarının gece de yapılmasına olanak sağlayabilir.

Bitki tespiti sonucunda konumlara ait elde edilen hata değerleri nispeten yüksek bulunmuş olup ilerde geliştirilebilecek ve bu verilere dayalı çalışabilecek olan tarım robotu vb. unsurlar için konumların kullanılması sakıncalı olabilir. Fakat daha yüksek çözünürlüklü ve konum verisini üzerine kaydedebilen algılayıcı sensörler, daha iyi yer kontrol noktaları ve daha hassas GPS sistemleri ile ileride yapılacak çalışmalarda daha hassas sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Altinkaradağ, A., 2014, Traktörler İçin Otomatik Dümenleme Sisteminin Geliştirilmesi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, Tekirdağ.

Andrade, F. H. ve Abbate, P. E., 2005, Response of maize and soybean to variability in stand uniformity, *Agronomy Journal*, 97 (4), 1263-1269.

Ayrancı, R. ve Sade, B., 2004, Konya ekolojik şartlarında yetiştirilebilecek atdişi melez mısır (Zea mays L. indentata Sturt.) çeşitlerinin belirlenmesi, *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 2 (1), 6-14.

Baio, F. H. R., 2012, Evaluation of an auto-guidance system operating on a sugar cane harvester, *Precision Agriculture*, 13 (1), 141-147.

Baryeh, E. A., 2002, Physical properties of millet, *Journal of Food Engineering*, 51 (1), 39-46.

Bergtold, J., Raper, R. ve Schwab, E., 2009, The economic benefit of improving the proximity of tillage and planting operations in cotton production with automatic steering, *Applied Engineering in Agriculture*, 25 (2), 133-143.

Berni, J. A., Zarco-Tejada, P. J., Suárez, L. ve 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.

Blackmore, B. S. ve Griepentrog, H. W., 2002, A future view of precision farming. In: Proceedings 'Precision Agriculture Tage', *Bonn*, KTBL, Darmstadt, Germany, p. 131–145.

Çorumluoğlu, Ö. ve Aydın, M., 2002, The place of GIS supported by GPS and remote sensing in environmental visioning projects, *International Conference on Environmental Problems of the Mediterranean Region, Cyprus*.

Çorumluoğlu, Ö., Kalaycı, İ. ve Ceran, M., 2007, Bilgi Toplumlarında Modern Tarım Yaklaşımı: Hassas Tarımda Uydu Ve Bilgi Sistemi Teknolojileri (GPS, Uzaktan Algılama ve CBS).

Derrick, J. B. ve Bevly, D. M., 2009, Adaptive steering control of a farm tractor with varying yaw rate properties, *Journal of Field Robotics*, 26 (6- 7), 519-536.

Edan, Y., Han, S. ve Kondo, N., 2009, Automation in agriculture, In: Springer handbook of automation, Eds: Springer, p. 1095-1128.

Erbay, G., Kavak, A. ve İnner, B., 2018, Tarım Arazisinde Dikili Fidanların Gelişim ve Verimlilik Takibi için Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Mobil Uygulama Geliştirilmesi. 2th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences. Samsun. Volume 3 (2018)**:** 764-768.

Eren, K. ve Uzel, T., 1995, GPS ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, p.

Gan-Mor, S. ve Clark, R. L., 2001, DGPS-based automatic guidance–implementation and economical analysis, *2001 ASAE Annual Meeting*, 1.

Gençoğlu, M. ve Uçan, K., 2016, Kırıkhan sulama birliği alanında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak haritalanan taban suyu gözlemlerinin değerlendirilmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1), 33-46.

Geymen, A. ve Dedeoğlu, O. K., 2016, Coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılarak trafik kazalarının azaltılması: Kahramanmaraş ili örneği, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (2), 79-88.

Griepentrog, H.-W., 1998, Seed distribution over the area, *International Conference on Agricultural Engineering: AgEng, Oslo, 1998*, 663-664.

Griepentrog, H.-W., Nørremark, M., Nielsen, H. ve Blackmore, B., 2005, Seed mapping of sugar beet, *Precision Agriculture*, 6 (2), 157-165.

Griepentrog, H.-W., Nørremark, M. ve Nielsen, J., 2006, Autonomous intra-row rotor weeding based on GPS, *Proceedings of the CIGR World Congress Agricultural Engineering for a Better World, Bonn, Germany*, 17.

Griepentrog, H.-W. ve Blackmore, B., 2007, Autonomous crop establishment and control system, *VDI BERICHTE*, 2001, 175.

Griepentrog, H.-W., Nørremark, M., Nielsen, J. ve Ibarra, J. S., 2007, Autonomous inter-row hoeing using GPS-based side-shift control, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.

Griepentrog, H. W., Nørremark, M., Nielsen, H. ve Blackmore, B., 2003, Individual plant care in cropping systems, *Proceedings 4th European Conference on Precision Agriculture, Berlin, Germany*, 247-258.

Groover, G. E. ve Grisso, R. D., 2009, Investing in GPS guidance systems?

Guan, S., Fukami, K., Matsunaka, H., Okami, M., Tanaka, R., Nakano, H., Sakai, T., Nakano, K., Ohdan, H. ve Takahashi, K., 2019, Assessing correlation of high-resolution NDVI with fertilizer application level and yield of rice and wheat crops using small UAVs, *Remote Sensing*, 11 (2), 112.

Han, X. Z., Kim, H. J., Kim, J. Y., Yi, S. Y., Moon, H. C., Kim, J. H. ve Kim, Y. J., 2015, Path-tracking simulation and field tests for an auto-guidance tillage tractor for a paddy field, *Computers and electronics in agriculture*, 112, 161-171.

Hassan, M. A., Yang, M., Rasheed, A., Yang, G., Reynolds, M., Xia, X., Xiao, Y. ve He, Z., 2019, A rapid monitoring of NDVI across the wheat growth cycle for grain yield prediction using a multi-spectral UAV platform, *Plant Science*, 282, 95-103.

Karayel, D., 2010, Sıraya Ekimde Yatay Düzlemdeki Tohum Dağılımı ve Bitki Yasam Alanının Voronoi Poligonlarıyla Değerlendirilmesi.

Karayel, D., Topakci, M., Unal, I., ŠARAUSKIS, E. ve Canakci, M., 2012, Using real-time kinematic (RTK) global positioning system (GPS) for the determination of seedling distributions over the field, *Žemdirbystė. Akademija,(Kėdainių r.), T. 99, Nr. 4 (2012)*.

Kavak, K. Ş., 1998, Uzaktan algılamanın temel kavramları ve jeolojideki uygulama alanları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 21 (1), 63-74.

Keskin, M., Sekerli, Y. E. ve Kahraman, S., 2017, Performance of two low-cost GPS receivers for ground speed measurement under varying speed conditions, *Precision Agriculture*, 18 (2), 264-277.

Keskin, M., Sekerli, Y. E., Say, S. M. ve Topcueri, M., 2018, Farmers' Experiences with GNSS-Based Tractor Auto Guidance in Adana Province of Turkey, *J. Agric. Fac. Gaziosmanpasa Univ*, 35 (2), 172-181.

Koca, Y. O., Turgut, İ. ve Erekul, O., 2010, Tane üretimi için yetiştirilen mısırın birinci ve ikinci üründeki performanslarının belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47 (2), 181-190.

Lewis, H., 2003, Determining the minimum acreage for cost-effective adoption of auto-guidance systems in cotton production, *ARE Update, 6 (6)*.

Mohsenin, N. N., 1986, Physical properties of plant and animal materials, *New York: Gordon and Breach Science Publishers*.

Moon, H., Woo, H., Zhe, H., Kim, H., Kim, J., Kim, Y. ve Kye, J., 2013, Auto-guidance system for tillage tractor, *2013 13th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2013)*, 1347-1350.

Önal, İ., 2006, Ekim, bakım, gübreleme makinaları:(ders kitabı), Ege Üniversitesi, p.

Páltik, J., Nozdrovický, L., Findura, P. ve Maga, J., 2005 Quality of the seed placing in seeding of sugar beet, *Res. Agr. Eng.* (1), 33–38.

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

Salgın, Ö., 2007, Farklı uzunluktaki bazlarda ticari GPS yazımlarının Bernesse yazılımı ile karşılaştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Talebpour, B., 2016, Şeker pancarı tarımında değişken oranlı gübreleme olanakları, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Doktora Tezi*, Ankara.

Tekin, A. B. ve Fornale, M., 2019, The development of a low cost UAV-based image acquisition system and the procedure for capturing data in precision agriculture, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43 (3), 288-298.

Tillett, N., Hague, T. ve Marchant, J., 1998, A robotic system for plant-scale husbandry, *Journal of agricultural engineering research*, 69 (2), 169-178.

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

Weidong, Z., Chun, W. ve Jing, H., 2010, Development of agriculture machinery aided guidance system based on GPS and GIS, *2010 World Automation Congress*, 313-317.

Weiner, J., Griepentrog, H. W. ve Kristensen, L., 2001, Suppression of weeds by spring wheat Triticumaestivum increases with crop density and spatial uniformity, *Journal of applied ecology*, 38 (4), 784-790.

Weiss, U. ve Biber, P., 2011, Plant detection and mapping for agricultural robots using a 3D LIDAR sensor, *Robotics and autonomous systems*, 59 (5), 265-273.

Yahya, A., Zohadie, M., Kheiralla, A., Giew, S. ve Boon, N., 2009, Mapping system for tractor-implement performance, *Computers and electronics in agriculture*, 69 (1), 2-11.

Yanalak, M., 2001, Yüzey modellemede üçgenleme yöntemleri, *Harita Dergisi*, 126, 58-69.

Yazgi, A., Dumanoğlu, Z., Kuldemir, N., Aygün, İ. D. ve Masoumi, A., 2012, Pnömatik Tahıl Ekim Makinası ile Buğday Ekiminde Makina Performansının Belirlenmesi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (1), 35-40.

Yomralıoğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. *486 s. Birinci Baskı, İstanbul, 2000.*

Zhang, Q., Reid, J. F. ve Noguchi, N., 1999, Agricultural vehicle navigation using multiple guidance sensors, *Proceedings of the International Conference on Field and Service Robotics*, 293-298.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Nurettin KAYAHAN
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Edremit, 09.11.1987
Telefon	**:**	05059722027
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	nkayahan@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Ayvalık Anadolu Lisesi, Ayvalık, Balıkesir	2005
Üniversite	:	Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Merkez, Tokat	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2013
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2020

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011	Selçuk Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Uzaktan Algılama, Hassas Tarım, Biyolojik Malzeme

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Aydın, C., & Kayahan, N., 2013, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Hassas Tarımın Bugünü ve Geleceği. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9(4), 287-289.

Kayahan, F., Kaşık, G., Kayahan, N., 2019, Investigation of The Effect Of Humic Substances and Giberellic Acid in The Mycelium Growth Of Lentinula Edodes, 2nd International Eurasian Mycology Congress, 04-06 September, Konya, TURKEY

Kayahan N, C. Aydın, 2014, Determination of Some Physical and Mechanical Properties of Different Wheat Varieties Grown in Konya, 12 th INTERNATIONAL CONGRESS ON MECHANIZATION & NERGY IN AGRICULTURE 3 – 6 SEPTEMBER, CAPPADOCIA, TURKIYE (ADAGENG 2014)

Kayahan, N., Aydın, C., 2018, Assessment of platforms used in remote sensing in precision agriculture, 5th International Conference on Sustainable Agriculture & Environment Conference, City of Hammamet, Tunisia.

Kayahan, N., Çarman, K., 2019, Tarım teknolojilerinde geleceğe dönük yaklaşım ve bazı teknolojik uygulamalar, Kırsal Kalkınma, (ss.41-43) Ocak-Şubat- Mart.

Nzi, D. V. P., Kayahan, N., & Çarman, K. (2017). Determination of Surface Seed Distribution in The Different Seeding Methods of Maize. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 31(1), 48-55.

Örnek, M. N., Sonmete, M. H., Seflek, A. Y., Kayahan, N., & Hacıseferogulları, H. (2015). Determination of Some Physical Properties of Wild Stone Pine (Pinus pinea L.) Kernel and Pits Grown in Turkey. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 29(1), 1-9.

Örnek, M. N., Şeflek, A. Y., Kayahan, N., Hacıseferoğulları, H., & Acaroğlu, M. (2016). Ketencik Bitkisi Sapının Bazı teknolojik Özellikleri. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 86-90.

Özbek, O., Örnek, M. N., Kayahan, N., & Hacıseferoğulları, H., 2017, Operational Characteristics Of Black Carrot Harvester With Vibrating Cleaning Elevator. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 31(2), 54-58.

Şeflek, A. Y., Kayahan, N., Orhan, N., & Hacıseferoğulları, H. (2015). Çekiçli Değirmenin Arpa Kırmada Çalışma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 1(1), 34-40.

Torun, A., Paksoy, M. Aydın, C. Kayahan, N., 2019, Determination Of Nutritional and Mineral Contents, and Physical Properties of Kidney Beans (Phaseolus Vulgaris) Seeds Growing In The Talas Region Of Kyrgyzstan, III. International Eurasian Agriculture And Natural Sciences Congress, 17-20 October 2019, Antalya, TURKEY