

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**EKİM MAKİNALARI İÇİN GPS DESTEKLİ TOHUM ALGILAMA
SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE TOHUM DAĞILIM HARİTALARININ
BELİRLENMESİ**

Emre ÖZDEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**EKİM MAKİNALARI İÇİN GPS DESTEKLİ TOHUM ALGILAMA
SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE TOHUM DAĞILIM HARİTALARININ
BELİRLENMESİ**

Emre ÖZDEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM MAKİNALARI İÇİN GPS DESTEKLİ TOHUM ALGILAMA
SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE TOHUM DAĞILIM HARİTALARININ
BELİRLENMESİ**

**Emre ÖZDEMİR
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez
Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından
FYL-2016-2094 nolu projesiyle
ve
Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (ATSO)
ortak işbirliği proje bursu ile desteklenmiştir.**

OCAK 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKİM MAKİNALARI İÇİN GPS DESTEKLİ TOHUM ALGILAMA
SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE TOHUM DAĞILIM HARİTALARININ
BELİRLENMESİ**

Emre ÖZDEMİR

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

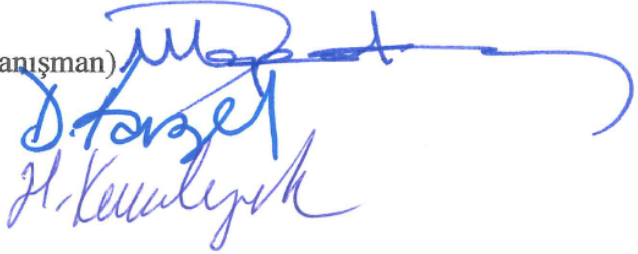
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 22/01/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI (Danışman)

Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK



ÖZET

EKİM MAKİNALARI İÇİN GPS DESTEKLİ TOHUM ALGILAMA SİSTEMİNİN TASARLANMASI VE TOHUM DAĞILIM HARİTALARININ BELİRLENMESİ

Emre ÖZDEMİR

Yüksek Lisans, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği

Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Ocak 2019; 67 sayfa

Bu araştırma kapsamında, pnömatik hassas ekim makinasında, ardışık şekilde düşen tohumlar arası uzaklıkları kolay ve hassas bir şekilde ölçebilen tohum algılama sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen tohum algılama sisteminde, ekim makinasından ardışık ve serbest bir şekilde düşen tohumlar, algılayıcılar yardımıyla tespit edilip konumları belirlenmiştir. Tohum algılama sisteminde yer alan mikrodenetleyici RTK-GPS yardımı ile tohumların koordinatları tespit edilip bu koordinatları kullanarak iki tohum arasındaki uzaklık belirlenmiştir. Tohum algılama sistemi içindeki mikrodenetleyiciler, algılayıcının tespit ettiği tohumları seri port yardımı ile endüstriyel bilgisayara iletmekte ve bu esnada tespit edilen tohumun konumu RTK-GPS yardımıyla da belirlenerek tüm bilgiler endüstriyel bilgisayarda toplanarak işlenmektedir.

Denemelerde karşılaştırma yapmak için tarlada algılayıcılarla konumu belirlenen tohumlar, çimlenmeye başladıktan sonra rastgele seçilmiş her 3 farklı hız için 3 farklı yerde 10 m uzunluğundaki veriler kullanılmıştır. Toplanan konum verilerinin yararlanılarak ortalama sıra üzeri uzaklık değerleri belirlenmiş, standart sapması, standart hata, varyasyon katsayıları ve t-testi karşılaştırmaları yapılmıştır.

Karşılaştırılan sistemde regresyon analizleri ve ortalama yüzdesel mutlak hata (MAPE) değerleri dikkate alınmıştır. MAPE değerlerinde tüm yapılan hız denemelerinde sistem başarılı bulunurken, 1,5 m/s ilerleme hızında 0,9792 olarak en iyi performans elde edilmiştir. Regresyon analizindeki farklılıklar ilerleme hızı, toprak yapısı, hava durumu, tohum ve pnömatik hassas ekim makinasından kaynaklı olabilmektedir. Regresyon katsayılarının 1'e yakın olması, bu sistemlerin diğer çalışmalarda kullanılabilir bir sistem olabileceğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Ekim Makinaları, GPS, Tohum Algılama Sistemi, Tohum Dağılım Düzgünlüğü, Tohum Sensörü,

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

ABSTRACT

DESIGN OF SEED DETECTION SYSTEM BASED ON GPS FOR SEEDERS AND DETERMINATION OF SEED DISTRIBUTION MAPS

Emre ÖZDEMİR

**Master, Department of Agricultural Machinery and
Technologies Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

January 2019; 67 pages

Within the scope of this research, a seed detection system has been developed with precision vacuum seeder which can easily and precisely measure the inter-seed spacing. In the seed detection system, the seeds which can be dropped from the seeder in a successive manner and can be dropped freely were determined with the help of sensors and their locations were determined. The coordinates of the seeds were determined by using microcontroller RTK-GPS in the seed detection system and the distance between the two seeds was determined by using these coordinates. The microcontrollers in the seed detection system transmit the seeds detected by the sensor to the industrial computer by serial port and the location of the seed determined by RTK-GPS is determined and all information is collected and processed on the industrial computer.

In the experiment, when the seeds which were planted with the help of sensors in field arrangement as the comparison factor first began to germinate, comparison was made with 10 m length data at 3 different locations for each 3 different velocities selected randomly. By using the collected position data, the mean in-line distance values were determined, standard deviation, standard error, variation coefficients and t-test comparisons were made.

The regression analysis and the mean percentage absolute error (MAPE) values were taken into account in the comparison system. MAPE values were found to be successful at the entire speed test, while the best performance was found as 0.9792 at the operating speeds of 1.5 m / s. This difference can be caused by the feed rate, soil structure, air condition, seed, construction of the seeder. Due to the fact that the regression coefficients are close to 1, these systems can be used in other studies.

KEYWORDS: Seeder, GPS, Seed Detection System, Seed Distribution Uniformity, Seed Sensor,

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Davut KARAYEL

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

ÖNSÖZ

Pnömatik hassas ekim makinalarının etkinliği, tohumları istenen aralıklarda toprağa yerleştirmesi ile ölçülmektedir. Ekim makinalarının bu etkinliği laboratuvar ve tarla koşullarında ölçülmektedir. Tarla koşullarında ölçümler ya doğrudan ekilen tohumların üzerindeki toprak kaldırılarak, ardışık tohumların uzaklıkları ya da toprak yüzeyine çıkan ardışık bitkilerin aralıkları ölçülerek yapılmaktadır. Laboratuvar koşullarında ise yapışkan bant üzerine düşürülen tohumların aralıklarının ölçümü seklindedir. Bu işlemler oldukça zaman alıcı, yorucu ve yeterince hassas değildir. Bu nedenle tek tohum ekim makinalarının performansını ortaya koyan daha hassas ve doğru ölçüm yapabilen teknolojik olarak gelişmiş ölçüm sistemlerine gereksinim vardır.

Bu bağlamda, ardışık düşen tohumlar arası uzaklığı kolay ve hassas bir şekilde ölçebilen elektronik tabanlı bir ölçme sistemi geliştirilmiştir.

Yüksek lisans eğitimimin her sürecinde bilgisini, yardımını ve emeğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI'ya, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İlker ÜNAL'a, tez izleme komitesi üyelerine, yüksek lisans eğitimime başladığım günden bu zamana her türlü konuda bilgilerini, yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın hocalarım Prof. Dr. Davut KARAYEL ve Prof. Dr. Murad ÇANAKCI'ya, çalışmanın mekanik kısmının imalatında emeği geçen Sayın Muhammet KAHRAMAN Bey'e (Kahramanlar Makine İmalat Şirketi Burdur/Bucak), tarla denemelerinde bana yardımlarını esirgemeyen Sayın Gökhan KUNT, Sayın Serkan TAŞ ve Sayın Hasan YILMAZ'a, araştırmaya maddi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, Antalya Ticaret ve Sanayi Odası (ATSO) proje bursu kapsamında ortak işbirliği yapılan (Kardeş Karadayılar Zirai Aletler Ltd. Şti.) İsa KARADAYI'ya ve Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümü öğretim üyesi hocalarım ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim. Beni her türlü şartlarda maddi ve manevi anlamda destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Ekim.....	2
1.2. Sıraya Ekim Makinaları ve Üniteleri	3
1.2.1. Sıraya kesiksiz ekim yapan ekici düzenler	3
1.2.2. Tek tohum ekim yapan ekici düzenler	3
1.2.2.1. Mekanik tek tane ekici düzenler.....	4
1.2.2.2. Pnömatik ekici düzenler	4
1.3. GPS (Global Positioning System)	5
1.3.1. GPS sisteminin bölümleri	8
1.3.1.1. Uzay bölümü	8
1.3.1.2. Kontrol bölümü	10
1.3.1.3. Kullanıcı bölümü.....	10
1.3.2. GPS ile konum belirleme yöntemleri.....	12
1.3.2.1. Gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS)	13
1.3.2.2. Referans istasyon ağı ile gerçek zamanlı kinematik GPS	15
1.3.3. Coğrafi konum sistemleri.....	16
1.3.3.1. Universal transverse marcator (UTM)	17
1.4. Sensörler	18
1.4.1. Kapasitif sensörler.....	19
1.4.2. Karşılıklı sensörler	19
2. KAYNAK TARAMASI.....	21
3. MATERYAL VE METOT.....	32
3.1. Materyal	32
3.1.1. Mikrodenetleyici	33

3.1.2. RS-232 bağlantı kablosu	35
3.1.3. Tohum algılama sistemi algılayıcıları	37
3.1.3.1. Kızılötesi alan sensör	37
3.1.3.2. Kapasitif sensör	38
3.1.4. GPS alıcısı	39
3.1.5. Endüstriyel bilgisayar	41
3.1.6. Tohum algılama sistemi laboratuvar deneme düzeni	42
3.1.7. Güç kaynağı	43
3.1.8. Pnömatik hassas ekim makinası	43
3.1.9. Tohum	45
3.2. Metot	46
3.2.1. Yazılım	47
3.2.2. GPS verilerinin işlenmesi	48
3.2.3. Tohum algılama ünitesi ve kullanılan algılayıcıların yerleşimi	50
3.2.4. Tarla denemeleri	51
3.2.5. Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi	51
3.2.6. Sıra üzeri tohum aralığının hesaplanması	52
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1. Sıra Üzeri Tohum Dağılımına Etkili Parametreler	53
4.2. Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünün Haritalanması	57
5. SONUÇLAR	62
6. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ekim Makinaları İçin GPS Destekli Tohum Algılama Sisteminin Tasarlanması Ve Tohum Dağılım Haritalarının Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/01/2019

Emre ÖZDEMİR



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

AB	: İki konum arasındaki uzaklık
BO	: Boşluk oranı
İO	: İkizlenme oranı
K	: Tohum plakasındaki delik sayısı
V	: İlerleme hızı
Q	: Ekim Normu

Kısaltmalar

BPSK	: Bi Phase Shift Keying
CDMA	: Code Division Multiple Access
CF	: Korelasyon Faktörü
CORS	: Sürekli Gözlem Yapan İstasyon
DSSS	: Direct Sequence Spread Spectrum Modulation
NMEA	: National Marine Electronics Association
PDGPS	: Ayrımsal Doğruluklu Konum Belirleme Sistemi
PPS	: Hassas Konumlama Sistemi
PRN	: Pseudo Random Noise
RTK GPS	: Gerçek Zamanlı Kinematik Konum Belirleme Sistemi
SPS	: Standart Konumlandırma Servisi
UTC	: Eş Gündümlü Evrensel Zaman
UTM	: Evrensel Çapraz Merkatör

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünya üzerindeki uydu yörüngeleri (Kahveci ve Yıldız 2001).....	5
Şekil 1.2. Türkiye'nin Dünya üzerindeki konumu.....	6
Şekil 1.3. 2D konum belirleme (Zogg 2002)	6
Şekil 1.4. Dikey hassasiyet arttırılmış 2D konum belirleme (Zogg 2002)	7
Şekil 1.5. 3D konum belirleme (Zogg 2002)	7
Şekil 1.6. GPS Bölümleri (Kahveci ve Yıldız 2001)	8
Şekil 1.7. Sinyal aktarım süresinin belirlenmesi (Zogg 2002).....	8
Şekil 1.8. Pseudo random noise (Kahveci ve Yıldız 2001)	9
Şekil 1.9. GPS kontrol bölümü (Kahveci ve Yıldız 2001)	10
Şekil 1.10. Sinyal aktarım süresinin ölçülmesi (Zogg 2002).....	11
Şekil 1.11. 30 bit üzerinden korelasyon işlemi (Zogg 2002).....	11
Şekil 1.12. GPS ile konum belirleme yöntemleri (Hoffmann vd. 2001)	12
Şekil 1.13. Gerçek zamanlı kinematik GPS (Kahveci ve Yıldız 2001)	13
Şekil 1.14. CORS sisteminin yapısı (Kahveci ve Yıldız 2001)	15
Şekil 1.15. Koordinat sistemleri için referans noktalar (Kahveci ve Yıldız 2001).....	16
Şekil 1.16. Dünya üzerindeki bir noktanın koordinatlarının belirlenmesi (Kahveci ve Yıldız 2001)	17
Şekil 1.17. UTM koordinat sistemi (Kahveci ve Yıldız 2001).....	17
Şekil 1.18. Kapasitif algılayıcıların kapasitif alan etkisi (Yiğit 2006)	19
Şekil 1.19. Kapasitif algılayıcıların kesit görünüşü (Yiğit 2006)	19
Şekil 1.20. Verici ışının yapısını ve alıcının duyarlılığını göstermektedir (Yiğit 2006).....	20
Şekil 2.1. Voronoi poligonunun oluşturulması (Karayel 2010).....	22
Şekil 2.2. TIF uzantılı dosya örneği ile (X) ve (Y) değerleri (Dursun ve Dursun 2000).....	23
Şekil 2.3. Elektronik tabanlı ölçüm sisteminde algılayıcıların görünüşü (Yiğit 2006) ..	23
Şekil 2.4. Tohumlar arası mesafe ölçümünün yapıldığı yapışkan bant sistemi (Yiğit 2006).....	24
Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan manyetik sensör ve mıknatıs (Sabancı ve Aydın 2012).....	24
Şekil 2.6. Kontrol kutusunun görünümü (Sabancı ve Aydın 2012).....	25

Şekil 2.7. Elektronik tabanlı tohumları arası uzaklık ölçme test cihazı blok şeması (Yiğit ve Barut 2008)	25
Şekil 2.8. Düşen tohum yörüngeleri sayısal hesaplama (Zhan vd. 2010).....	26
Şekil 2.9. Yüksek hızlı kamera sistemiyle tohumun nereye düştüğünü belirleme (Zhan vd. 2010).....	26
Şekil 2.10. Lazer ışıklı işaretleyici, Yapışkan bant ve Dizüstü bilgisayar (Önal ve Önal 2010).....	27
Şekil 2.11. Bilgisayar destekli ölçme sistemi arayüzü (Önal ve Önal 2010).....	27
Şekil 2.12. Tohum akışını gösteren yüksek hızlı kamera sistemi (Karayel vd. 2006)	28
Şekil 2.13. Tohumların koordinatları (Nørremark vd. 2007).....	29
Şekil 2.14. Tohumların Konum Haritası (Sun vd. 2010).....	29
Şekil 2.15. Yapışkan bant örneği (Deividson vd. 2014).....	30
Şekil 2.16. Yapışkan bant ve opto-elektronik sensör ile tespit edilen tohum aralığı ilişkisi (Çay vd. 2017)	30
Şekil 2.17. Klasik tahrik sistemleri ile elektronik tahrik sistemini tarla denemesi (Çay vd. 2018).....	31
Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan pnömatik hassas ekim makinası	33
Şekil 3.2. 18F877 mikrodenetleyici	34
Şekil 3.3. 18F877 mikrodenetleyici uçları	34
Şekil 3.4. Daq kart veri akış şeması.....	35
Şekil 3.5. RS-232 DB-9 dişi ve erkek bağlantı kablosu	35
Şekil 3.6. Max-232 bağlantıları ve elektronik devresi.....	36
Şekil 3.7. Kızılötesi Alan Sensörü (RAL50-IR/32/98).....	37
Şekil 3.8. Kapasitif Sensör (CM30-25NPP-KC1)	38
Şekil 3.9. Kapasitif sensörün çalışma prensibi	38
Şekil 3.10. RTK-GPS alıcısı	39
Şekil 3.11. RTK-GPS alıcısının pnömatik hassas ekim makinasına yerleştirilmesi.....	40
Şekil 3.12. Jetway 10" /104BR-2930-4G Panel PC	41
Şekil 3.13. Laboratuvar ortamında deneme düzeni.	42
Şekil 3.14. İnvertör ve tohum algılama sistemi aküsü	43
Şekil 3.15. Sönmezler PM-01 model hassas ekim makinası	43

Şekil 3.16. Z ₁ ve Z ₂ dişlilerinin hareket iletimi.....	44
Şekil 3.17. Ekici düzen (32 delikli plaka).....	45
Şekil 3.18. Denemelerde kullanılan tohumlar.....	45
Şekil 3.19. Tohum algılama sistemi blok diyagramı	46
Şekil 3.20. Elektronik tabanlı tohum algılama sistemi	47
Şekil 3.21. Tohum algılama sistemi görüntüsü.....	47
Şekil 3.22. Laboratuvar ortamında hazırlanan tohum algılama sistemi.....	48
Şekil 3.23. Tohum algılama sistemi yazılım görüntüsü.....	48
Şekil 3.24. GPS verilerinin depolanması	49
Şekil 3.25. Kızılötesi alan sensörü.....	50
Şekil 3.26. Balta tipi gömücü ayağa kızılötesi alan sensörün yerleştirilmesi.....	50
Şekil 3.27. GPS destekli tohum algılama sistemi	51
Şekil 3.28. Tohumların koordinatlarının belirlenmesi	52
Şekil 4.1. 1 m/s ilerleme hızı tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının ortalama uzaklık regresyon grafiği	54
Şekil 4.2. 1,5 m/s ilerleme hızı tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının ortalama uzaklık regresyon grafiği	54
Şekil 4.3. 2 m/s ilerleme hızı tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının ortalama uzaklık regresyon grafiği	55
Şekil 4.4. Tüm ilerleme hızlarındaki ortalama uzaklık değerleri.....	56
Şekil 4.5. İlerleme hızına göre ortalama yüzde mutlak hata (MAPE) değerleri.....	57
Şekil 4.6. 1 m/s ilerleme hızındaki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları.....	58
Şekil 4.7. 1 m/s ilerleme hızında tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları arası uzaklık	59
Şekil 4.8. 1 m/s ilerleme hızında gerçek bitki konumları arasındaki ortalama sıra üzeri uzaklık.....	59
Şekil 4.9. 1.5 m/s ilerleme hızındaki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları	60
Şekil 4.10. 2 m/s ilerleme hızındaki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. RS-232 Pinlerinin Görevleri	36
Çizelge 3.2. Kızılötesi alan sensörün özellikleri.....	37
Çizelge 3.3. Kapasitif sensör teknik özellikleri	38
Çizelge 3.4. RTK-GPS alıcısı teknik özellikleri	40
Çizelge 3.5. Endüstriyel Panel Bilgisayarının teknik özellikleri	41
Çizelge 3.6. Pnömatik hassas ekim makinasının özellikleri	44
Çizelge 3.7. Tohumlarının Fiziksel Özellikleri.....	45
Çizelge 4.1. Tohum algılama sisteminin uzaklık parametreleri	56
Çizelge 4.2. Tohum algılama sisteminin ve gerçek bitki konum değerlerinin ortalama sıra üzeri uzaklık ve ortalama standart hata ve standart sapma değerleri	56

1.GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusu 7 milyarı aşmış durumdadır. Gelecek 50 yıllık bir süre içerisinde yaklaşık olarak üç milyarlık bir artış daha beklenmektedir. Bu durumla birlikte dünyadaki gıda senaryoları hızla değişmektedir. İşlenebilir tarım arazileri azalmakta ve halen tarımsal üretimde kullanılan verimli araziler üzerindeki baskılar giderek artış göstermektedir (Daily vd. 1998). Dünya nüfusunun hızlı artışına karşılık gıda ihtiyacını karşılayabilmek için daha geniş anlamda tarımsal üretimde ileri teknolojilerini kullanılması önerilmektedir. Bunların önde gelenlerinden biri ise hassas tarım teknolojileri olmaktadır.

Dünya nüfusunun hızla artması sonucunda, tarım alanlarının yetersiz kalacak ve beslenme sorunlarının ortaya çıkacağı açıktır. Dolayısıyla mevcut alanlarda yeni tarım teknolojilerini kullanarak ürün artışı sağlanmalıdır. Ürün artışı, sadece insan beslenmesini etkilememekte, hayvan beslenmesinde de yem ihtiyacı sorununun çözümünde önemli rol oynamaktadır.

Geleneksel tarımda toprak yönetimi, üretim ortamının yeknesak bir şekilde ele alınıp işletilmesiyle yapılmaktadır. Üreticiler her ne kadar tarlalarının değişik bölümlerinden farklı miktarlarda ürün aldıklarını veya farklı toprak bünyesine sahip olduklarını bilseler de, bu bilgiyi üretime dönük olarak değerlendirememektedirler. Bu nedenle geleneksel olarak, büyüklüğü ne olursa olsun bir bütün olarak ele alınan tarlada yetiştirilen bitkinin ihtiyaç duyduğu gübre ve ilaç gibi girdileri de hep aynı miktarda uygulamaktadırlar. Bu yaklaşım arazideki bazı yerlerin fazla, bazı yerlerin ise daha az girdi almasına neden olmaktadır. Hassas tarım, yetiştiricinin bilgi teknolojilerini kullanarak arazisinde nasıl bir değişkenlik olduğunu doğru bir şekilde tespit etmesi, anlaması ve arazinin alt bölümlerinde bu değişkenliğe uygun girdi uygulamasıyla ortaya çıkan bir işletmecilik biçimidir (Vatandaş vd. 2000).

Hassas tarım teknolojileri, kontrol, elektronik, bilgisayar ve veri tabanı ile hesap bilgisini bir araya getirerek gelişmiş bir sistem yaklaşımı ortaya koymaktadır. Hassas tarım teknolojileri, küresel konum belirleme sistemi, coğrafi bilgi sistemi, değişken oranlı uygulama ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılması suretiyle, tarlanın bütününe yapılan alışlagelmiş sabit düzeyli uygulama yöntemleri yerine, çok daha küçük kısımlarına ait toprak ve bitki özelliklerinin (toprak nemi, topraktaki bitki besin elementlerinin düzeyi, toprak bünyesi, ürün koşulları, verim, vb.) belirlenmesi sayesinde değişken düzeyli uygulamayı esas alan (her bir kısma kendi ihtiyacı kadar gübre veya ilaç uygulanması, farklı derinlikte toprak işleme, farklı normlarda ekim, farklı düzeylerde sulama ve drenaj) ve bütün bunların sonucu olarak daha ekonomik ve çevreye duyarlı üretimi hedefleyen bir işletmecilik ve tarımsal üretim yöntemi olarak sunulmuştur (Özgüven ve Türker 2010).

Hassas tarımda en çok karşılaşılan sorunlardan biri bitkilerin istenilen yerde çıkmamasıdır. Bu durum verimi, ikizlenmeyi, boşluk oluşumu, kalitesiz ürün yetiştirmeyi etkilemektedir. Bitkilerin sıra üzerinin düzgün olmaması bir sonraki yapılacak olan toprak işleme, ilaçlama, gübreleme, görüntü işleme gibi birçok tarımsal işlerde zorluklar yaşatmaktadır. Anlık olarak ekim esnasında çiftçinin tohumları hangi noktalara bıraktığını gösteren sistemler sınırlı sayıdadır. Bu yüzden ekim makinelerindeki eksikliğin giderilmesi açısından benzer çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışmada

sıra üzeri tohum düzgünlüğü, sıra üzeri tohum mesafeleri, sensörlerin algılama kaliteleri, sıra üzeri tohum dağılım haritası tespit edilmiştir. Bu sistemler RTK-GPS yardımıyla tohumların koordinatlarının belirlenmesi, ekim makinalarında uygulanarak çiftçilerin anlık olarak tohumların hangi noktaya bıraktığını, ekim plakasının tohumu bırakıp bırakmadığını, sistemde tohumun takılması durumunda herhangi bir arıza olup olmadığını görmelerini sağlamaktadır.

1.1. Ekim

Ekim işlemi, bitkisel üretimde toprak işlemenin ardından tohumların yetiştirilecek bitkinin isteklerine uygun olacak biçimde toprağa yerleştirilmesidir.

Ekimde yüksek verim elde edilebilmesi için istenilen koşullardan biri iyi bir çimlenme çıkışıdır. Çimlenmeye etkili faktörler sıcaklık, su ve oksijene uygun miktar ve oranda hazır duruma gelmesinde en önemli etken ise ekim derinliğidir. Toprağa yerleştirilen tohum ile toprak üst yüzeyi arasındaki düşey uzaklık olan ekim derinliğinin çok fazla ve az olması çıkış üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Çok yüzeye ve derine düşen tohumlar çimlenme ve çıkış için yeterli şartları sağlayamadıklarından düzgün bir çıkış elde edilmemekte ve olumsuz durum verime yansımaktadır. Bu nedenle ekim derinliğinin eşit tutulması, eş zamanda bitki gelişimi ve yüksek verim açısından önem kazanmaktadır.

Ekimin başarısı, sıra üzeri bitki dağılımında ve ekim derinliğinde düzgünlüğün yanında, yüksek bir tarla çıkış derecesinin sağlanmasına bağlıdır. Tarla çıkış derecesine, doğa koşulları, ekim makinası ve tohumluk birlikte etkilidir.

Ekimde verimi etkileyen diğer bir faktör iste her bir bitkiye düşen bitki yaşam alanıdır. Bitkilerin sağlıklı büyüüp olgunlaşabilmesi için yeterli, su, ışık, sıcaklık, hava ve besin maddelerini sağlayabileceği bir yaşam alanına gereksinimi vardır. Uygun ve yeterli bir yaşam alanı için tohumlar eşit aralıkla toprak içerisine yerleştirilmelidir. Böylece her bitki rekabetten kaynaklanan strese girmeden, yetiştirme süresince tüm gereksinimlerini topraktan sağlayabilir. Ancak birim alandaki bitki sayısının azalması alan veriminin düşmesine neden olacaktır. Yaşam alanının küçülmesi ise birim alandaki bitki sayısının artmasına neden olurken, bitki başına verimi düşürecektir (Barut 2006). Özellikle sıra üzeri tohum aralığı üretim maliyetlerini ve ürün verimini doğrudan etkilemektedir (Barut ve Özmerzi 1997). Her bitki için ayrı bir yaşam alanının ve dolayısıyla birim alan için bitki sıklığının belirlenmesine yol açmaktadır. Bitki sıklığı, birim alana atılacak olan tohum sayısı, diğer bir deyişle ekim normuyla belirlenmektedir.

$$Q = \frac{10^3 * b * h}{s * \epsilon} \quad (1)$$

Q	: Ekim Normu	(kg/da),
b	: Tohumluğun bin dane ağırlığı	(kg/1000 tohum),
h	: Birim alanda istenilen bitki sayısı	(bitki/m ²),
s	: Tohum safiyatı	(%),
ε	: Tohumluğun çimlenme gücü	(%)’dür.

1.2. Sıraya Ekim Makinaları ve Üniteleri

Sıraya ekim, tohumların ekim makinasıyla belirli bir düzen içerisinde ekilmesidir. Sıra üzeri ve sıra arası dağılımları oldukça düzgündür. Bitkinin yetiştirme döneminde yapılacak bakım işlemleri, (ilaçlama, gübreleme, çapalama vs.) sıraya ekim yapılmış alanlarda kolaydır. Diğer yandan hasatta ürün kaybını en aza indirmesi bakımından makinalı ekim genelde sıraya yapılır.

Sıraya ekimin faydaları:

- Tohumların çıkışları aynı zamanda olur.
- En uygun yaşama alanı sağlanır.
- Sıraya ekildiği için çapa ve bakım işleri makine ile kolayca yapılabilir.
- Tohumlar aynı derinliğe ekilir.
- Olgunlaşma zamanı aynıdır (Akıncı 2010).

Tarım tekniği ve işletmecilik açısından sıraya ekim yapan bir ekim makinasında bulunması gereken özellikler:

- Sıralar arası mesafe eşit olmalı ve ekim süresi boyunca bu değer değişmemelidir. Sıralar arası aynı zamanda değişik bitkiler için ayarlanabilir olmalıdır.
- Her sıraya atılan tohumlar eşit olmalı, ekici düzenler farklı miktar ve büyüklüklerdeki tohumları ekebilir özelliklere sahip bulunmalıdır.
- Sıra üzeri dağılım düzgünlüğü bulunmalı ve bu durum ekim normuna uygun bulunmalıdır. Ayrıca ekim normu çeşitli koşullar için ayarlanabilir olmalıdır.
- Tohumlar istenen ve eşit derinliklere ekilebilmelidir.
- Ekim sırasında tohumlarda mekanik bir zedelenme meydana gelmemelidir.
- Tohum deposu kolay boşaltılabilir ve temizlenebilir yapıda olmalıdır.
- Makinenin kullanımı kolay, parçaları ucuz, yapısı sağlam bulunmalıdır (Okursoy 2012).

1.2.1. Sıraya kesiksiz ekim yapan ekici düzenler

Sıraya ekim tekniğinde daha çok tahıl, baklagiller ve yem bitkilerinin ekiminde kullanılan bu düzenler ekimde sürekli akış sağlayan tiplerdir. Bunlar içinde en yaygın olanları oluklu makaralar, dişli makaralar, içten kertikli bilezikler, santrifüj etkili, pnömatik ve helezonlu makaralı ekici düzenlerdir.

1.2.2. Tek tohum ekim yapan ekici düzenler

Günümüzde değişik çalışma prensiplerine sahip çok sayıda tek tohum ekim yapan ekici düzenler dünya pazarında görmek mümkündür. Tek tohum ekebilan ekim makinesi tekerleğinden aldığı hareketle tohum deposu altındaki tohum hücrelerinde çalışır. Tohum hücrelerinden ekici düzen tarafından tek tek alınan tohumlar kendi ağırlığı ile çizi ayakları tarafından açılan çiziye iletilir. Tek tohum ekici düzenlerin diğer ekici düzenlere göre sağladığı bazı önemli avantajlar vardır.

- Sıraya kesiksiz ekime göre tohumluk tüketiminde önemli tasarruf sağlar,
- Ekim derinliği daha tekdüze ve bunun sonucunda makinalı hasat kayıpları daha azdır,
- Her bitki için en uygun yaşam alanı sağlar,
- Seyreltme iş gücü gereksinimini ortadan kaldırır.
- Hastalıklı ve zararlılara dayanıklı, çimlenme gücü yüksek tohumluk kullanımı verim artışı sağlar (Okursoy 2012).

Tek tohum ekici düzenler yapısal olarak mekanik ve pnömatik olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

1.2.2.1. Mekanik tek tane ekici düzenler

Mekanik hassas ekici düzenlerde, eğimli ve düşey konumda çalışabilen, çevresinde belli sayı ve ölçüde yuvalar bulunan bir çarktan oluşmaktadır. Tohum deposu altına düşey olarak yerleştirilen ekici düzenin depo içerisine giren bölümündeki yuvalara, tohumlar yuvarlanma etkisiyle dolmaktadır. Yuva içerisindeki fazla tohumlar bir sıyrıcı yardımıyla tohum hücrelerine geri gönderilir. Yaygın kullanılan mekanik tek tohum ekici düzenler;

- Yuvalı diskli,
- Delikli plakalı,
- Delikli plakalı/ odalı çarklı,
- Düşey kaşıklı,
- Delikli kauçuk bantlı,
- Eğik kaşıklı/ odalı çarklı,

Mekanik tek tohum ekici düzenlerin iş başarısının arttırılmasında, ilerleme hızı ve makinanın iş genişliğinin etkisi vardır. Tek dane ekim makinasında iş genişliğinin 3 m'den fazla olması nakliyyede sorun ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca tohumların yuva/delik arasındaki boyut uyumuna, tohumların sınıflandırılmış olmasına bağlıdır. Aynı şekil ve boyutta olmayan havuç, şeker pancarı gibi tohumların mekanik tek tohum ekici düzenlerle hassas olarak ekimi söz konusu değildir. Şekli düzgün olmayan ve çok küçük tohumların bu tip düzenlerle hassas olarak ekilebilmesi için kaplama yapılarak tohum 2 - 4 mm çapında küre haline getirilir (Özmerzi 1996). Bu düzenlerde sıra üzeri tohum aralığı ekicilerin hareket tekerleği ile arasındaki iletim oranı veya ekicilerdeki delik, kaşık veya kısaç sayısı değiştirilerek ayarlanır.

1.2.2.2. Pnömatik ekici düzenler

Havalı (pnömatik) tek dane ekim makinaları, vakum (negatif basınç) veya basınçlı hava prensibiyle çalışmaktadır. Bu düzende tohumun depodan alınıp çiziye kadar taşınması traktör kuyruk milinden hareket alan bir aspiratörün oluşturduğu vakumlu hava ile yapılır. Tohumlar düşey düzlemde dönen delikli tohum plakasına vakumla tutunarak düşme noktasına kadar taşınır. Ekim makinasının tekerleğinden hareket alan tohum plakası tohumları yukarıya doğru taşır. Tohumlar ekici düzenden tohum plakası üzerinden yukarıya doğru taşınırken bazen birden fazla tohum tutmaktadır. Çoklu tohumları ayırabilmek için ekici düzenin içindeki tekleyici yardımı ile fazla tohumları

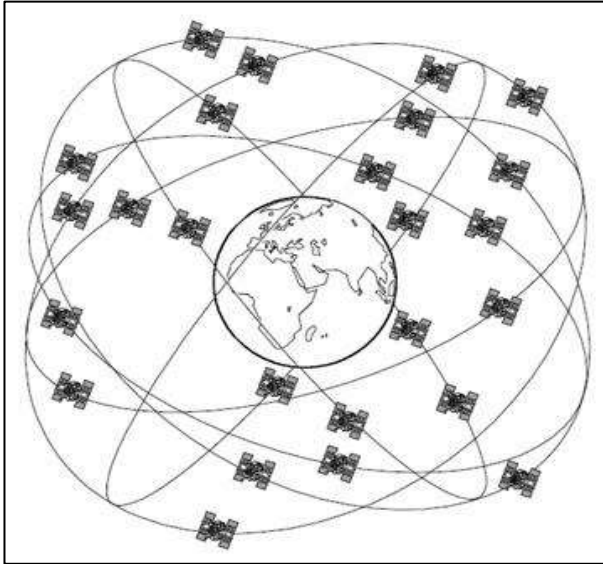
tohum hücresine düşürür. Böylece her delikte bir adet tohum sağlanmış olur. Plaka üzerindeki tohumlar vakumun kesildiği yerde kendi ağırlığı ile ayağın açtığı çiziye tek tek düşer.

Pnömatik etkili diğer bir itici düzen, üzerinde emme deliklerinin bulunduğu kanatlı bir çarktan oluşmaktadır. Deliklerin bulunduğu çember ile kanatlar tek parça şeklinde yapılmış olmasına karşın, hareket yönünde bakıldığından yan yana yerleştirilmiş oldukları görülür. Burada delikler tarafından tutulan tohumların kanatlara geçmesi, mekanik ekici düzenlerden kaşıklı çarklarda olduğu gibi gerçekleşir. Bir kanaldan deliklerin bulunduğu bölmeye akan tohumlar hava akımı ile deliklerde tutulurlar ve yukarı doğru taşınırlar bir delik üzerinde birden fazla tutulan tohumlar çapraz şekilde yerleştirilmiş sıyrıcılarla geri düşürülür en üst noktada deliklere etki eden hava akımı kesilir ve tohum aradaki açıklıktan, yönlendirme plakası üzerinden yuvarlanarak kanatlar arasına düşer. Bu kez kanatlar tarafından taşınan tohum ekici ayak üzerindeki açıklıktan çiziye bırakılır (Ülger vd. 1996).

Tek tohum ekicilerde ekim normu (sıra üzeri tohum aralığı), delik sayısı farklı tohum plakası kullanarak veya plaka ile hareket tekerleği arasındaki iletim oranı değiştirilerek ayarlanmaktadır.

1.3. GPS (Global Positioning System)

GPS, dünyanın herhangi bir yerinde ve herhangi bir zamandan her türlü hava koşulunda Global bir koordinat sisteminde yüksek duyarlıkta anlık ve sürekli konum, hız ve zaman belirlemesine olanak veren bir radyo navigasyon sistemidir. GPS sistemi dünya yüzeyinden 20180 km yükseklikte 24 adet uydudan oluşmaktadır. Uydular 6 farklı yörüngede ve her bir yörüngede 4 adet uydudan oluşmaktadır (Şekil 1.1). Her bir uydu, yörüngesini 12 saate tamamlamaktadır.

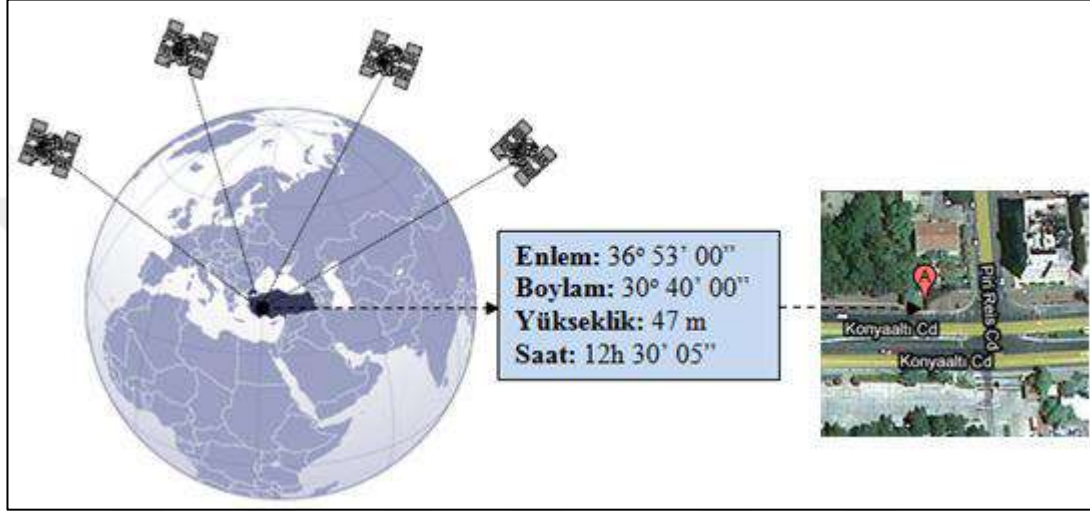


Şekil 1.1. Dünya üzerindeki uydu yörüngeleri (Kahveci ve Yıldız 2001)

GPS kullanılarak, dünya üzerindeki herhangi bir noktanın 2 önemli coğrafi bilgileri belirlenebilmektedir (Şekil 1.2). Bu değerler;

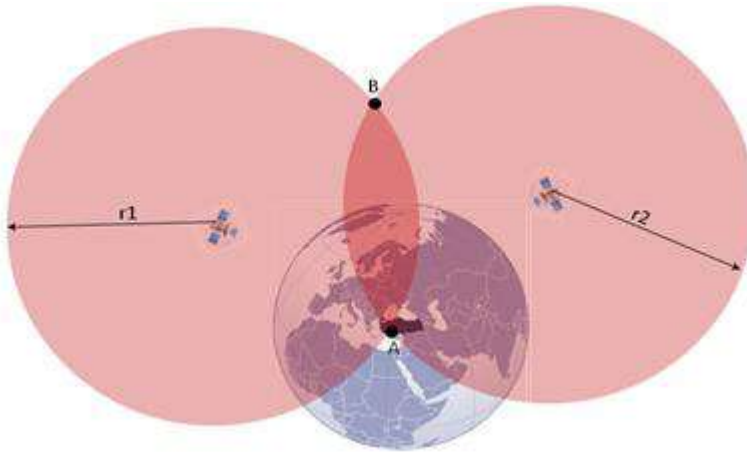
36°51'54.42"K 30°38'0.30"D 218.78 m

- Noktanın dünya üzerindeki tam yeri (enlem, boylam ve rakım), yaklaşık 20 m – 1 mm hassasiyetle.
- Hassas zaman (Universal Time Coordinated, UTC), yaklaşık 60 ns – 5 ns hassasiyetle.



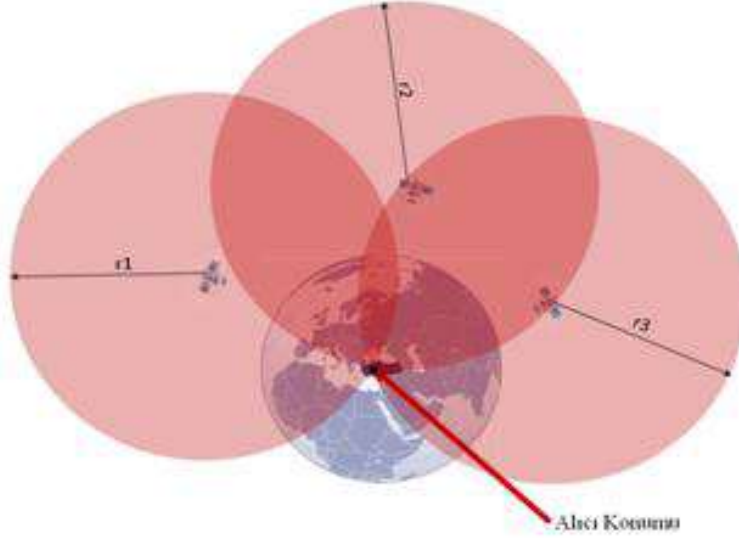
Şekil 1.2. Türkiye'nin Dünya üzerindeki konumu

Dünya üzerindeki bir noktanın konumu, üçgenleme yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Her bir uydu, r yarıçaplı bir çember oluşturacak şekilde mikrodalga radyo sinyalleri ile konum ve saat bilgilerini yayınlar. Coğrafi noktanın, 2 boyutlu sistemde (enlem ve boylam) konumunun belirlenebilmesi için iki uydu yeterlidir. Uyduların oluşturduğu çemberler iki noktada birbirlerini kesmektedirler (Şekil 1.3).



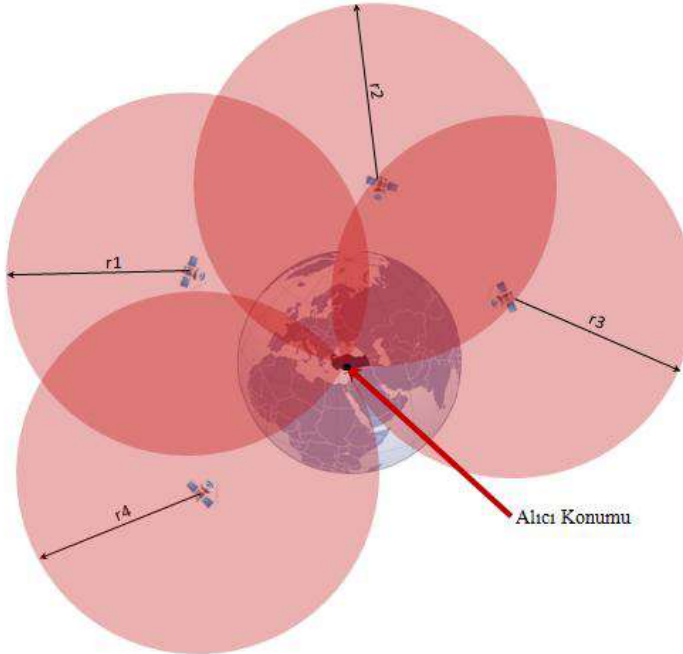
Şekil 1.3. 2D konum belirleme (Zogg 2002)

Fakat bu iki nokta birbirlerinden çok uzak mesafelerde olacağı için dikey konumda ölçüm hassasiyeti oldukça düşüktür. Bu sebeple, dikey hassasiyeti artırmak için üçüncü bir uyduya ihtiyaç bulunmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Dikey hassasiyet arttırılmış 2D konum belirleme (Zogg 2002)

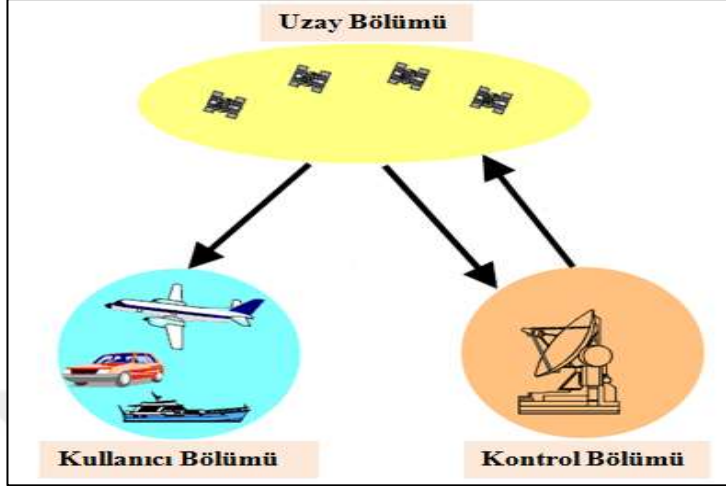
3 boyutlu sistemde (enlem, boylam ve yükseklik) konum belirlemek için dördüncü bir uyduya daha ihtiyaç vardır (Şekil 1.5). Bu sebeple GPS alıcılarının koordinat belirleyebilmesi için en az dört uydudan sinyal alması gerekmektedir. Uydu sayısı arttıkça ölçüm hassasiyeti de artmaktadır (Zogg 2002).



Şekil 1.5. 3D konum belirleme (Zogg 2002)

1.3.1. GPS sisteminin bölümleri

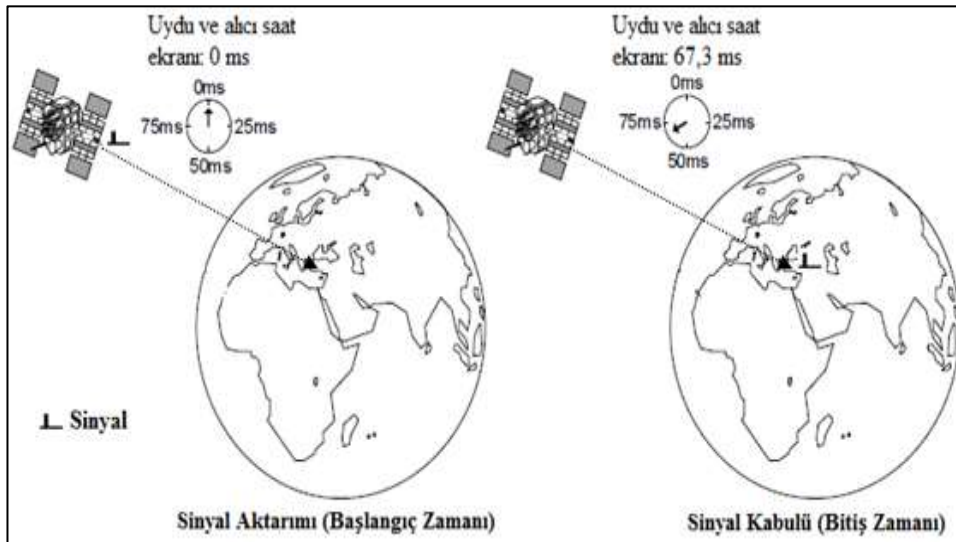
GPS sistemi 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar uydulardan oluşan uzay bölümü, tüm sistemi yöneten kontrol bölümü ve alıcıların bulunduğu kullanıcı bölümüdür (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. GPS Bölümleri (Kahveci ve Yıldız 2001)

1.3.1.1. Uzay bölümü

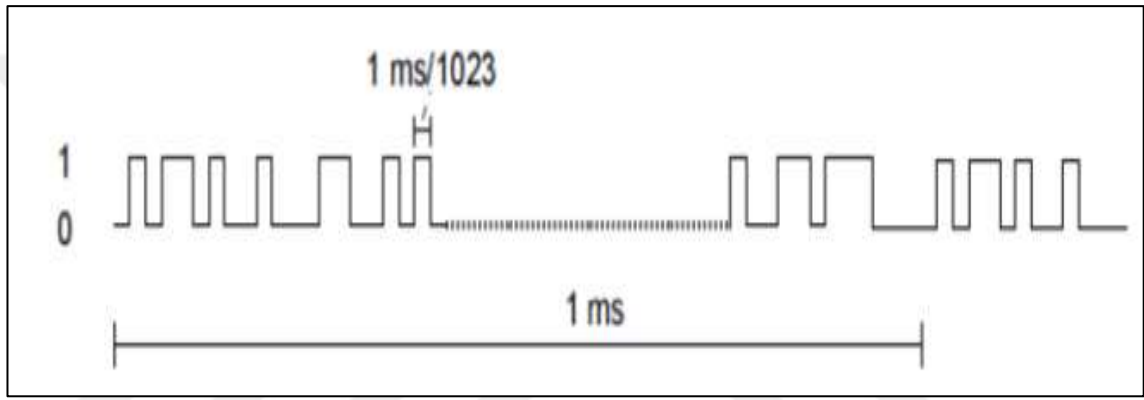
Ekvator ile 55 derecelik eğim yapan 6 yörünge düzlemi üzerine yerleştirilmiş 24 adet uydudan oluşmaktadır. Her bir GPS uydusu senkronize zaman sinyallerini, tüm diğer uydulara ait konum bilgilerini, yörünge parametrelerine ilişkin bilgileri iki taşıyıcı frekansta (L1, L2) yayınlar ve kontrol bölümü tarafından yayılan bilgileri alırlar. Yörüngeye ulaşan 1575,42 MHz (L1) ve 1227,60 MHz (L2) frekansları 300000 km/s hız (ışık hızı) ile 67,3 ms sürede yörünge yüzeyine ulaşmaktadır (Şekil 1.7) (Zogg 2002).



Şekil 1.7. Sinyal aktarım süresinin belirlenmesi (Zogg 2002)

- Uydular yeryüzünden yaklaşık 20200 km uzakta olup 11 saat 58 dakikada bir tam devir yaparlar.
- Yeryüzünde herhangi bir yer ve zamanda gözlenebilecek en az uydu sayısı 4 tür ve her bir uydu yaklaşık 5 saat ufuk hattı üzerinde kalır. Türkiye bölgesinde enleme göre değişmekle birlikte gözlenebilen en çok uydu sayısı 10'dur.
- Uydu yörünge zamanı ile yer dönmesi arasındaki yaklaşık 4 dakika/gün fark nedeniyle, yörüngedeki bir gözlemci aynı uyduyu her gün dört dakika erken gözlemektedir.

GPS uydularını tanımlamada ise değişken yöntemler mevcut olup, bunlar yörüngeye yerleştirilme sıra numarasına, uydu PRN (Pseudo Random Noise) kod numarasına, yörünge konumundaki numarasına, NASA katalog numarası vb. şeklinde sıralanabilir. Olası karışıklıklarda ise PRN kod numaraları kullanılmaktadır. PRN kodu 1023 adet 0 ve 1 bitlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Pseudo random noise (Kahveci ve Yıldız 2001)

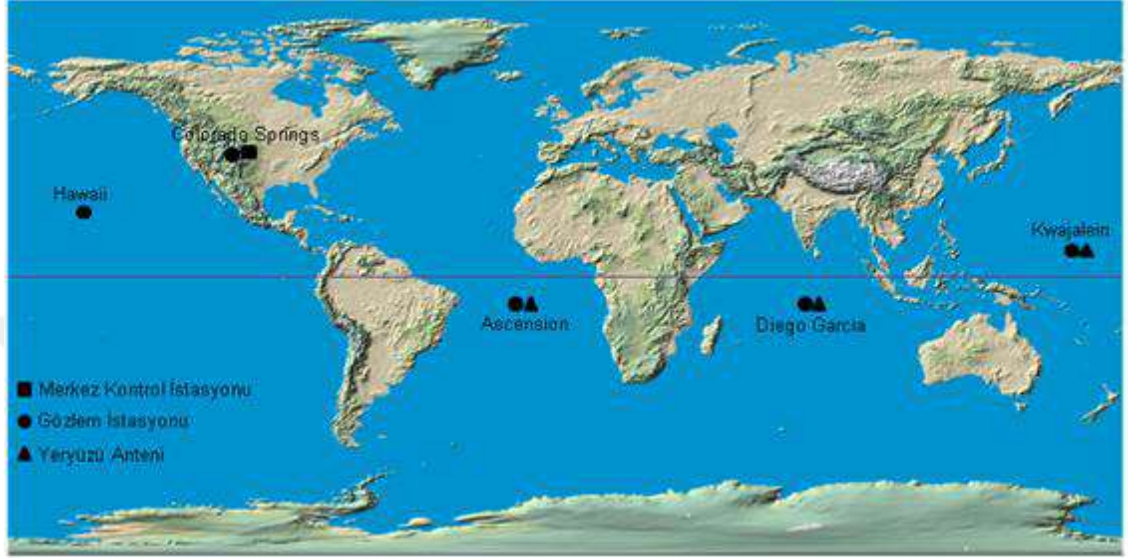
Uyduyu tanımlayan PRN bilgisi 1 ms aralıklarla sürekli tekrar etmektedir. Bu sinyal yardımı ile alıcılar, hangi uydu ile haberleştiğini belirlemektedir. Aynı zamanda bu sinyal, sinyal aktarım süresinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Uydu gövdesinde 4 adet atomik saat bulunmaktadır. Atomik saatlerden bir tanesinin rezonans frekansı ile günlük çalışma için gerekli olan frekans ve zaman pulsleri türetilmektedir. Uydu navigasyon sinyalleri, iki farklı taşıyıcı frekansta yayınlanır. Bunlar, L bandında 1575,42 MHz L1 ve 1227,60 MHz L2 frekanslarıdır. Bu iki farklı frekans iki farklı amaç için kullanılmaktadır:

- Standart yer belirleme hizmeti, SPS (Standart Positioning Service).
- Hassas yer belirleme hizmeti, PPS (Precision Positioning Service).

Uydu üzerinde bulunan atomik saatin kararlılığı, 2,10-13 seviyesinden daha fazladır. Sistem için gerekli olan temel frekans atomik saatin rezonans frekansından türetilir ve 10,23 MHz'dir. Taşıyıcı frekans, veri frekansı, PRN ve C/A kodları bu temel frekanstan türetilmektedir. Tüm uydular sinyallerini göndermek için CDMA Multiplex (Code Division Multiple Access) olarak bilinen işlemi kullanmaktadırlar. Uydu navigasyon bilgisi (Veri - Data), DSSS modülasyonu (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation) yöntemi ile iletilmektedir. C/A kod üreticisi 1023 MHz hıza sahiptir. Bu kod her bir uydu için farklıdır. C/A kodu tarafından modüle edilen veri, BPSK (Bi Phase Shift Keying) anahtarlama yöntemi ile taşıyıcı sinyale modüle edilmektedir (Zogg 2002).

1.3.1.2. Kontrol bölümü

Kontrol Bölümü, GPS uydularını sürekli izleyerek, doğru yörünge ve zaman bilgilerini sağlar, konumu iyi bilinen 6 sabit izleme istasyonu (Hawaii, Colorado Springs, Cape Canaveral, Ascension, Diego Garcia, Kwajalein) izlenmektedir (Şekil 1.9). Bu istasyonlar Colorado Springs ana kontrol istasyonu tarafından kontrol edilmektedir.



Şekil 1.9. GPS kontrol bölümü (Kahveci ve Yıldız 2001)

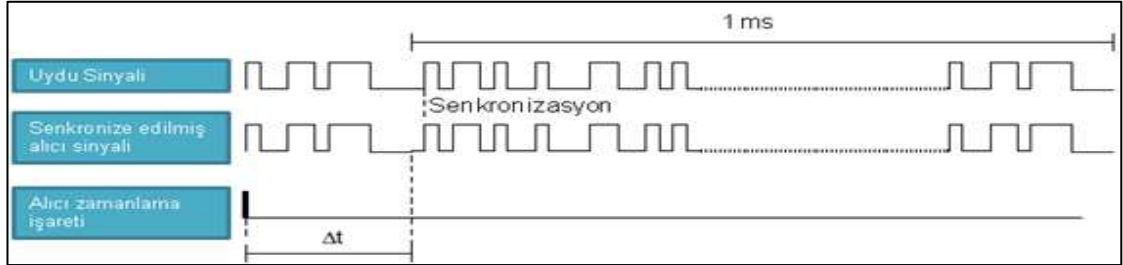
Uydular tarafından gönderilen mikrodalga sinyaller gözlem istasyonları tarafından izlenmektedir. Sinyaller, gözlem istasyonlarda incelenerek uydulara ait kesin yörünge ve saat bilgileri hesaplanmaktadır. Gözlem istasyonlarında bulunan özel sezyum saatler ile uyduların atomik saatlerinin doğruluğu test edilmektedir. Elde edilen test sonuçları modem aracılığı ile merkez kontrol istasyonuna gönderilmektedir. Merkez kontrol istasyonu, gelen bilgilere göre yörünge ve saat hatalarını belirlemektedir. Merkez istasyonunda elde edilen veriler bir navigasyon mesajına çevrilerek yeryüzü antenlerine gönderilmektedir. Yeryüzü antenleri ise gelen güncelleştirilmiş navigasyon mesajlarını güçlendirerek uydulara göndermektedir. Bu bölümün en önemli görevleri (Kahveci ve Yıldız 2001):

- Uydu hareketlerinin izlenmesi ve yörünge verilerinin hesaplanması (efemeris)
- Uydu saatlerinin izlenmesi ve davranışlarının tahminlendirilmesi
- Uydu zamanının senkronizasyonu
- Tüm uyduların yaklaşık yörünge verilerinin aktarılması (almanak)
- Uydu durumu ve saat hataları gibi daha kapsamlı verilerin aktarılması
- Haberleşme halindeki uydulardan alınan hassas yörünge verilerinin aktarılması

1.3.1.3. Kullanıcı bölümü

Kullanıcı bölümü, GPS alıcılarını kullanan kullanıcılar tarafından oluşturulmaktadır. GPS sistemini kullanan eş zamanlı kullanıcı sayısı sınırsızdır. Uydu sinyalleri yaklaşık 67,3 ms sürede GPS alıcılarına ulaşmaktadır. Işık hızında gelen uydu

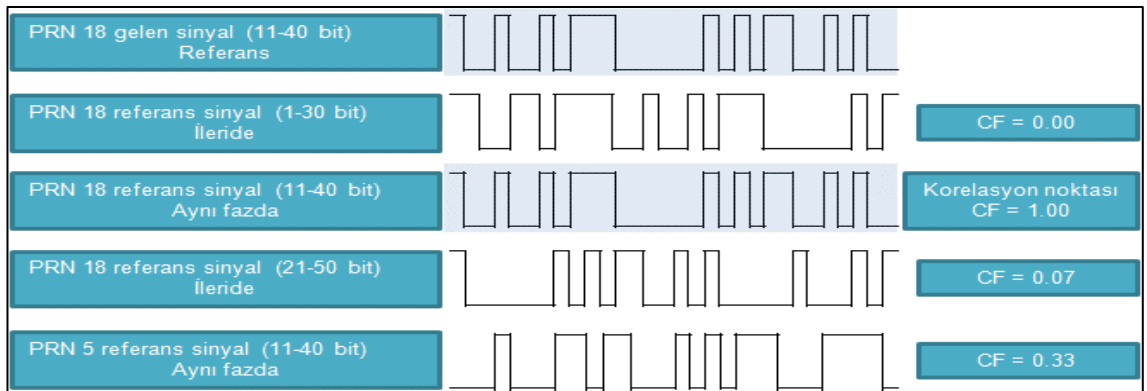
sinyallerinin aktarım süreleri, uydular ile kullanıcı arasındaki uzaklığa bağlıdır. GPS alıcısı 4 farklı uydudan gelen sinyaller için 4 farklı sinyal üretmektedir. Gelen sinyal ile üretilen sinyal senkronize edilerek, gelen sinyallerin zaman kaymaları (Δt) zamanlama işareti olarak ölçülmektedir (Şekil 1.10). Dört uydu sinyali için ölçülen zaman kaymaları (Δt), sinyal geçiş süresinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Zogg 2002).



Şekil 1.10. Sinyal aktarım süresinin ölçülmesi (Zogg 2002)

Bir noktanın dünya üzerinde 3D (enlem, boylam, yükseklik) boyutundaki konum ve hızının belirlenebilmesi için GPS alıcısının en az 4 farklı uydu ile haberleşmesi gerekmektedir. Noktanın uydulara olan mesafesi, sinyal aktarım süresi yardımıyla hesaplanmaktadır. Genel kural olarak, sinyal geçiş süresi (τ) ile ışık hızı (c) çarpılarak uydu ile alıcı arasındaki mesafe (d) bulunmaktadır.

Yörüngede bulunan uyduların tamamı farklı C/A kodu ile aynı frekansta sinyal (L1) yayınlamaktadırlar. Bu işleme, CDMA Multiplex (Code Division Multiple Access) denir. Sinyal kurtarma ve uyduların belirlenmesi korelasyon ile gerçekleşmektedir. Tüm GPS alıcıları içerisinde kullanımda olan tüm uyduların C/A kodları yüklüdür. Alıcıya uydu sinyali geldiğinde, gelen sinyale uygun referans sinyal üretilmektedir. Üretilen sinyal, gelen sinyale birebir eşleşinceye kadar kaydırma (shifting) işlemine tabi tutulmaktadır. Eşleşme sonucunda, gelen sinyal ve referans sinyal birebir eşlenir. Eşleşme sonucunda, Korelasyon Faktörü (CF) = 1 olur ve korelasyon noktası oluşmaktadır (Şekil 1.11). Korelasyon noktası, gerçek sinyal aktarım süresinin ölçülmesi ve sinyali gönderen uydunun tanımlanması için kullanılmaktadır (Zogg 2002).



Şekil 1.11. 30 bit üzerinden korelasyon işlemi (Zogg 2002).

Korelasyon kalitesi, korelasyon faktörü (CF) olarak tanımlanır. CF'nin alabileceği değerler -1 ile +1 sayı aralığındadır. Uydu sinyali ile alıcının ürettiği referans sinyal tamamen eşlendiğinde bu değer +1 olmaktadır.

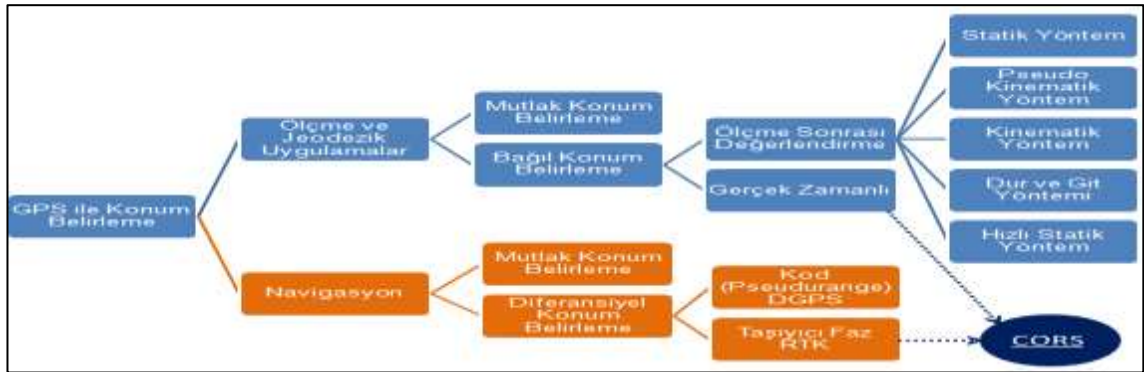
$$CF = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N [(mb) - (ub)] \quad (2)$$

Burada:

- mb: Eşleşen tüm bitlerin sayısı
- ub: Eşleşmeyen tüm bitlerin sayısı
- N: İncelenen bit sayısı
- CF: Korelasyon faktörü

1.3.2. GPS ile konum belirleme yöntemleri

GPS ile konum belirlemek için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; mutlak ve bağıl konum belirleme yöntemleridir (Şekil 1.12). Ölçüm esnasında tek bir GPS alıcısının kullanılması ile mutlak konum belirlenmektedir. Bu durumda bir nokta için elde edilen doğruluk 10 metre düzeyinde olup, bulunan konumun küresel anlamdaki doğruluğu ± 100 m'lik bir alanın içindedir (Shaw vd. 2000). Bağıl konum belirleme yönteminde, minimum iki alıcı kullanılmak koşuluyla, bu iki alıcının birbirine göre olan konumlarından hareketle konum belirlenmektedir. Böylece metre düzeyinden milimetreye kadar konum belirlemek mümkün olmaktadır. Hatta mutlak konumu bilinen noktalardan hareket ederek, bağıl konum belirleme yöntemlerinden herhangi birinin uygulanmasıyla da mutlak konum belirlemek mümkündür (Hoffmann vd. 2001).



Şekil 1.12. GPS ile konum belirleme yöntemleri (Hoffmann vd. 2001).

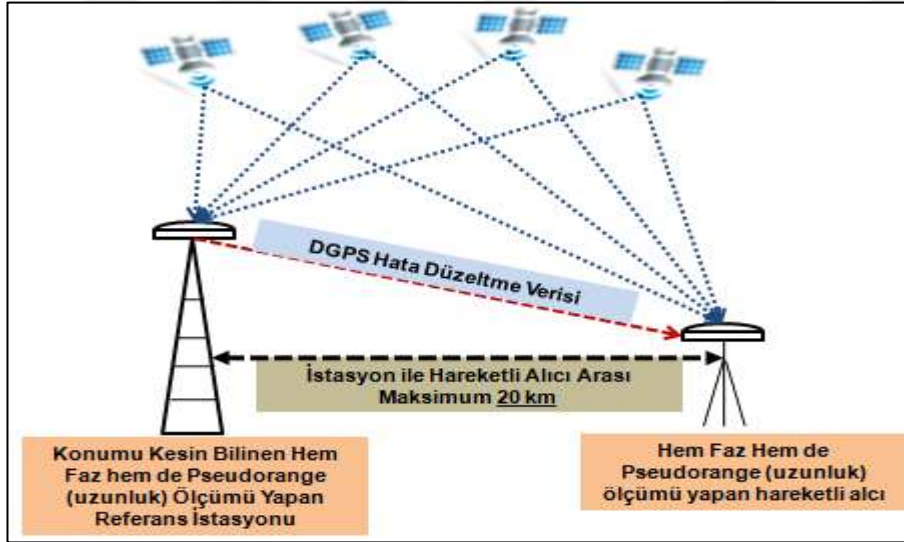
GPS sisteminde konum belirlemek için iki farklı ölçüm tekniği geliştirilmiştir. Bunlar, Pseudorange (uzunluk) ve faz ölçüm teknikleridir. Pseudorange ölçmede, GPS sinyallerinin uydudan çıkış zamanı ile sinyalin alıcıya varış zamanı arasındaki geçen zaman farkının, ışık hızı ile çarpılması sonucu uydu – alıcı arasındaki mesafe belirlenir. Bu yöntem ile tek bir alıcı kullanılarak navigasyon amacı için yeterli hassasiyet sağlanabilir. Yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda ise iki veya daha fazla alıcı kullanılarak taşıyıcı dalga faz farkı ölçülmektedir. Alıcı ile uydu arasında ilk irtibat kurulmasından itibaren taşıyıcı dalgaların (L1, L2) alıcıya giren tepe noktaları sayısı ölçülmektedir. Taşıyıcı faz ölçümleri ile santimetre doğruluğunda gerçek zamanlı ölçme

yapmak mümkün olmaktadır (Langley 1998). Faz ölçmeleri sonucunda kurulan matematik modeller ile tamsayı belirsizlikleri önemli düzeyde azaltılırken, uydu-alıcı saat hataları tamamen çözülmektedir. İyonosferik ve Troposferik hataların neden olduğu atmosferik gecikme hataları kısmen giderilip, faz sıçramaları ve sinyal yansımaları gibi hatalar göz ardı edilerek, öngörülen duyarlılığa ulaşılmaktadır (Remondi 1984).

Pseudorange ölçme ile anında konum belirleme amacı için yeterli doğruluk sağlanmakta ve pratik olarak büyük önem taşımaktadır. Ancak, mühendislik hizmetleri için çok daha duyarlı sonuçlara gereksinim bulunmaktadır. Bu amaç için faz ölçümleri kullanılmaktadır. Faz ölçümleri kullanılarak yapılan bağıl konum belirlemede genel olarak beş farklı yöntem mevcuttur.

1.3.2.1. Gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS)

Gerçek zamanlı kinematik GPS, eş zamanlı ölçümlere olanak sağlayan ve bu amaçlar için kullanılmak üzere tasarlanmış bir ölçü yöntemidir (Aydın vd. 2005). İşleyiş ve konfigürasyon açısından diferansiyel GPS (DGPS)'e benzerlik göstermekte ve bu sebeple Presizyonlu DGPS (PDGPS) olarak da adlandırılmaktadır (Alkan 1998). Diferansiyel GPS yöntemi kullanıcılara yaklaşık 1 m ölçüm hassasiyeti sunmaktadır. RTK yöntemi, kullanıcıların ölçme anında santimetre altında doğruluk elde edebildikleri, taşıyıcı dalga faz gözlemlerini kullanarak tıpkı DGPS 'deki gibi konumlama yapan bir yöntemdir. RTK GPS uygulamalarında, koordinatları daha önceden bilinen bir noktada GPS alıcılarından biri sabit olarak sürekli gözlem yaparken, diğer hareketli GPS alıcısı da konum çözümünü gerçekleştirir (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. Gerçek zamanlı kinematik GPS (Kahveci ve Yıldız 2001)

Sabit alıcı ile uydu arasındaki herhangi bir t zamanında ölçülen taşıyıcı faz uzunluğu ile uydu-alıcı arasındaki koordinat farklarından hesaplanan geometrik uzunluk karşılaştırılır. Taşıyıcı faz ölçülerine getirilecek düzeltme ve düzeltme oranı hesaplanarak gezici alıcılara radyo dalgalarıyla iletilir (Aydın vd. 2005). Gezici alıcılar, kodlanarak radyo dalgaları üzerine modüle edilmiş olan düzeltmeleri alarak, kendi taşıyıcı faz

ölçülerine düzeltme olarak getirirler. Böylelikle gezici alıcıların hassas olarak konumları belirlenmektedir.

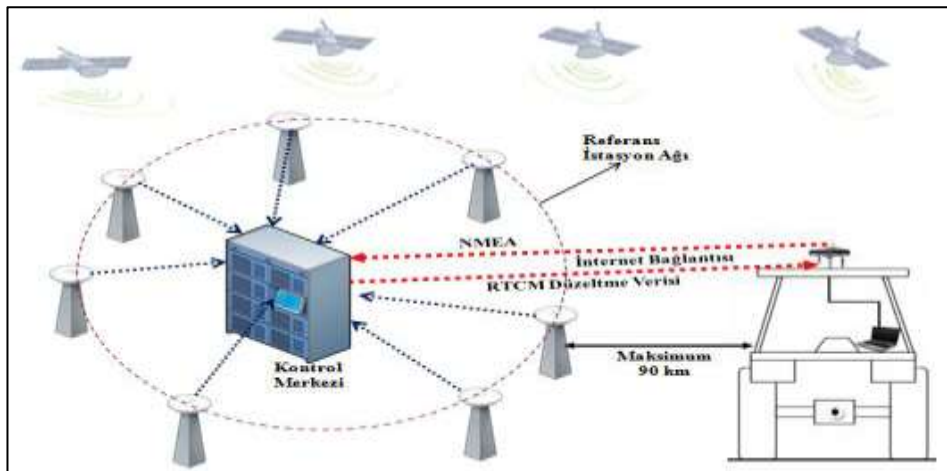
Gerçek zamanlı kinematik uygulamalarda genellikle taşıyıcı faz moduyla çalışılır. Taşıyıcı faz ölçüleriyle yüksek doğruluk elde etmek için uydular ile hareketli alıcılar arasındaki dalga boyunun tamsayı değerini hesaplamak gerekmektedir. Kinematik uygulamalarda bu değer, ölçüye başlanmadan önce biraz beklenerek, statik ölçmeler yapılarak çözümlenmektedir. Ölçüm sonrası değerlendirmelerde ise bu çözüm değerlendirme programları ile yapılmaktadır. Ancak araç navigasyonu gibi hareketli alıcının sabit duramayacağı uygulamalarda tam sayı bilinmeyişi OTF (On-The-Fly) tekniği ile çözümlenmektedir. Kinematik OTF, başlangıç tam sayı belirsizliğinin statik olarak çözümünü gerektirmeden, hareket halindeki bir taşıttaki alıcıda yapılan ölçülerle bu belirsizliğin saptanmasını mümkün kılmaktadır. OTF yöntemi ile çözümün başarısı, uydu sayısı ve geometrisine, kullanılacak verinin türüne ve kalitesine, sabit ile hareketli alıcılar arasındaki uzaklığa ve atmosferik hatalara bağlıdır. OTF çözümünün performansını azaltan en önemli etken ise sinyal yansımasıdır (Alkan 1998). Yansıma etkisi, etkiyi azaltan antenler kullanılarak en aza indirilebilir ya da modellenerek ölçülerden uzaklaştırılır.

Gerçek zamanlı kinematik GPS yönteminde hem referans ve hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntemde, statik ve kinematik GPS ölçü yöntemlerinde kullanılan donanımdan farklı olarak (DGPS'te olduğu gibi) bazı ek donanımlar gerekir; sabit istasyonda, hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılır (Mekik 2001). Gerçek zamanlı kinematik GPS'te kullanılan radyo modem, DGPS de kullanılanlardan farklılık göstermektedir. Bu sistemde kullanılacak radyo modemin veriyi sabit istasyondan gezici istasyona her 0.5~2 saniyede güncellemesi gerekmektedir. Veri güncelleme oranının sıklığı nedeniyle gönderilen verinin hacmi artar. Bu nedenle Gerçek zamanlı kinematik GPS veri linki, en az 2400 bps (Byte Per Second) ister. Tavsiye edilen veri gönderim oranı ise 9600 hatta 19200 bps dir. Bu oranda bir veriyi destekleyebilecek bant genişliği radyo spektrumunun VHF veya UHF kısmında bulunabilir. Ancak VHF ve UHF bantları yasalar gereği kullanım lisansı gerektirmektedir (Langley 1998). Günümüzde, GSM teknolojisindeki gelişmeler neticesinde bu problem çözülmüştür. İnternet hizmeti cep telefonları üzerinden alınabilmektedir. Bu durum, GPS alıcısı üreten firmaları bu imkândan faydalanma olanağı sunmuştur. Yeni üretilen gerçek zamanlı kinematik GPS alıcıları içerisine sim kart yerleştirilmektedir. Bu sayede, alıcılar düzeltme sinyallerini internet üzerinden almaktadırlar. Gerçek zamanlı kinematik ölçme yönteminde hassasiyet hem referans hem de gezici alıcıların izlediği uydu sayısı ile ilişkilidir. Sistemin izlediği uydu sayısının fazla olması ölçüm hassasiyetini arttırmaktadır. Sistemin daha fazla sayıda uyduyu sürekli olarak izleyebilmesi için ülkeler bazında referans istasyon ağları kurulmuştur. Bu sayede, ölçüm yapan gezici alıcı, tek bir referans istasyonu yerine ağdaki tüm istasyonların verileri ışığında daha hassas düzeltme bilgisi almaktadır.

1.3.2.2. Referans istasyon ağı ile gerçek zamanlı kinematik GPS

GPS ölçümlerdeki jeodezik doğruluk için en az iki eş zamanlı ölçüm alıcısı ve faz ölçüm yöntemini kullanmak gerekir. Bu alıcılardan biri koordinatları kesin bilinen referans istasyonu diğeri de koordinatını belirlemeye çalışan hareketli alıcıdır. Sistem hem uzunluk hem de faz ölçümüne uygundur. Bu sistemde hassasiyet ölçme tekniğine bağlı olarak 1 metre civarındadır. Burada, referans istasyon ile alıcı arasında DGPS yönteminde maksimum 200 km, RTK sisteminde ise 20 km mesafe bulunmaktadır. Hassasiyete olumsuz yönde etki eden faktörlerden birisi istasyon ile alıcı arasındaki mesafe, diğeri ise alıcıların izlediği uydu sayısıdır. Her iki olumsuzluğu da ortadan kaldırmak için ülkeler kendi bünyelerinde sürekli olarak izlenebilir uydu sayısını arttırmak için referans istasyon ağı kurmaktadırlar. Bu sisteme, CORS (Continuously Operating Reference Station – Sürekli Gözlem yapan Referans İstasyonu) adı verilmiştir

CORS sisteminde, tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, ayrıca, çok sayıda referans istasyonuna ait verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağı da sağlanmıştır. Bu modelleme sonucunda ise GPS ölçülerini etkileyen en önemli hata kaynaklarından birisi olan iyonosfer ve troposfer hataları, konum belirleme uygulamaları için en düşük seviyeye indirilmiş olmaktadır (Kahveci 2009). Aynı zamanda kullanıcılar için kurulum maliyetleri azalmıştır. Kullanıcıların sadece bu sistemden yararlanabilecekleri teknik donanımına sahip alıcı kullanmaları yeterlidir. CORS sisteminde, çalışma bölgesini kaplayan koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GPS alıcıları uydulardan aldıkları verileri kontrol merkezine ADSL, leasline veya GPRS/EDGE/3G üzerinden iletirler. Aynı zamanda, gezici alıcı belirlediği konum bilgisini NMEA (National Marine Electronics Association) formatında kontrol merkezine gönderir. Alınan veriler yardımıyla kontrol merkezinde atmosfer modellenerek RTK/DGPS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp, RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) formatında GPRS/EDGE/3G üzerinden konumlama için gezici GPS alıcılarına gönderilmektedir (Şekil 1.14). RTK ölçme yönteminde istasyon ile gezici alıcı arasındaki mesafe maksimum 20 km olmasına rağmen CORS sisteminde bu mesafe 80-90 km arasında olması yeterlidir.

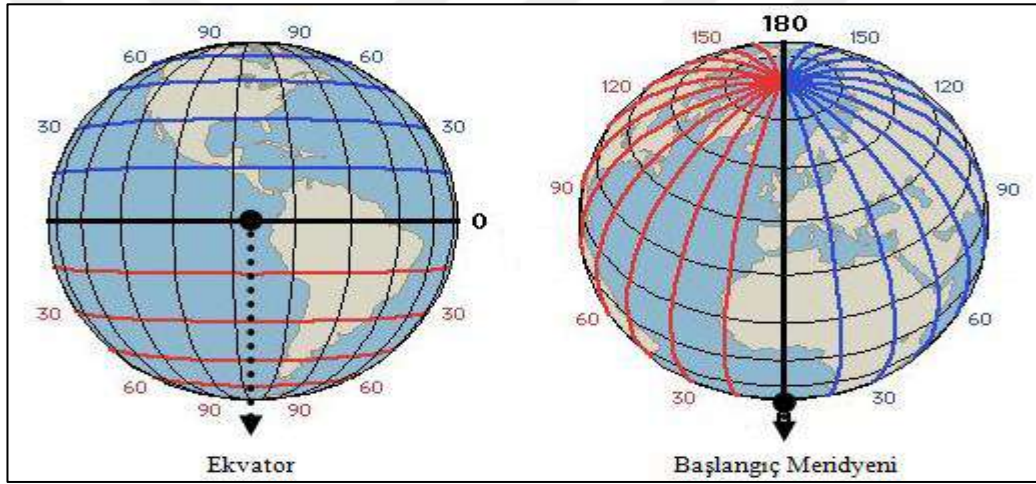


Şekil 1.14. CORS sisteminin yapısı (Kahveci ve Yıldız 2001)

CORS sistemi kullanılarak hem yatay hem de dikey de santimetre altında hassasiyet elde edilmektedir. Bu bağlamda, tez çalışmasında CORS sistemini kullanabilecek özelliklere sahip bir gezici alıcı kullanılmıştır. Düzeltme sinyalleri ASAT(Antalya Su ve Arıtma İdaresi) sabit CORS ağından alınmıştır.

1.3.3. Coğrafi konum sistemleri

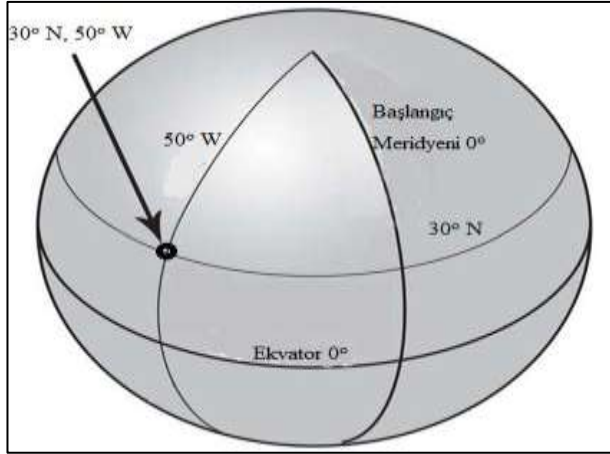
Coğrafi konum sistemleri veya koordinat sistemleri, coğrafi konumları tanımlamak, harita oluşturmak ve navigasyon uygulamalarına yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Koordinat sistemleri, birbirleri ile kesişen hayali çizgilerden oluşur. Bu çizgiler, harita üzerinde konum belirlemek için kullanılır. Bu sistemlerin çoğu coğrafi değerleri kullanırlar. Bu değerler, coğrafi konumları tanımlamak için nümerik veya alfa nümerik karakterlerle ifade edilmektedir. Koordinat sistemleri, konum ölçümü yapmak için referans noktaları temel alır. Genellikle, koordinat sistemleri enlem için ekvatoru, boylam için başlangıç meridyenini referans olarak kullanırlar (Kahveci ve Yıldız 2001) (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Koordinat sistemleri için referans noktalar (Kahveci ve Yıldız 2001).

Enlem çizgileri, Ekvator çizgisine paralel olarak dünyayı doğudan batıya saran 180 adet çemberden oluşur. Bu çizgiler, Ekvator çizgisinin güney ya da kuzeyinde bulunmalarına göre tanımlanırlar. Ekvator 0° , Kuzey kutbu 90° K ve Güney kutbu 90° G olarak adlandırılır. Diğer enlem çizgileri ise $0^\circ - 90^\circ$ K ve $0^\circ - 90^\circ$ G aralıklarında tanımlanırlar. Bütün enlem çizgileri arasındaki uzaklık birbirine eşit ve 111 km'dir. Boylam çizgileri, Ekvator çizgisine dik açı yapacak şekilde dünyayı kuzey kutbundan güney kutbuna saran ve uçları kutuplarda birleşen 360 adet çizgiden oluşur.

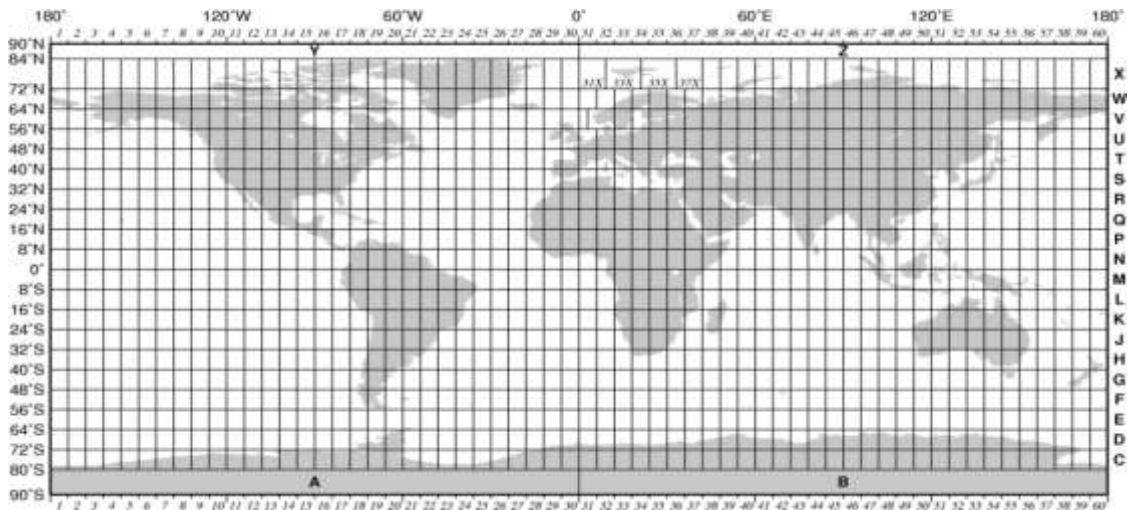
Boylam çizgileri, başlangıç meridyeninin doğusunda ya da batısında bulunmalarına göre tanımlanırlar. Boylam çizgileri $0^\circ - 180^\circ$ D ve $0^\circ - 180^\circ$ B aralıklarında tanımlanırlar. Bütün boylam çizgileri arasında 4 dakikalık yerel saat farkı vardır. Dünya üzerindeki bir noktanın coğrafi koordinatı enlem ve boylam çizgilerine göre belirlenir (Şekil 1.16).



Şekil 1.16. Dünya üzerindeki bir noktanın koordinatlarının belirlenmesi (Kahveci ve Yıldız 2001)

1.3.3.1. Universal transverse marcator (UTM)

UTM, coğrafi bir noktanın, derece – dakika – saniye formatı yerine mesafe (metre) formatına göre tanımlanabilmesini sağlayan küresel bir koordinat sistemidir. Bu sistem, GPS ve GIS uygulamalarında yaygın şekilde kullanılmakta olup, coğrafi konumları çok hassas tanımlayan bir metottur. UTM metodunda, dünya, 80° S ve 84° N enlemleri arasında 60 eşit dilime bölünmüştür (Şekil 1.17). Her dilim arasında 6° fark vardır. UTM sisteminde referans noktalar, doğu – batı yönleri için bağlı olduğu dilimin başlangıç boylamı ve kuzey – güney yönleri için Ekvator çizgisidir. Bu sistemde, dilim başlangıç boylamı X eksenini, Ekvator çizgisi ise Y eksenini olarak tanımlanır. Sonuç olarak, coğrafi bir noktanın UTM sistemindeki konumu, bağlı olduğu dilim başlangıç noktasına olan metre cinsinden uzaklık (X) ile Ekvator çizgisine olan uzaklık (Y) olarak tanımlanır. UTM koordinat sistemi, düzlemsel trigonometri yöntemlerinin kullanılmasını sağlayarak, hesaplamaları kolaylaştırır. Bu yöntem ile UTM koordinatları bilinen iki nokta arasındaki mesafe ve yön açısı (bearing) rahatlıkla hesaplanabilir.



Şekil 1.17. UTM koordinat sistemi (Kahveci ve Yıldız 2001).

1.4. Sensörler

Gelişen dünyada günlük yaşantımızda ve endüstriyel üretim sürecinde birçok elektrikli ve elektronik cihazlarla iç içe yaşıyoruz. İnsan hayatını kolaylaştıran, üretimi kolaylaştıran bu tip cihazların otomatik olarak çalışmasını sağlamak için sensör (algılayıcı) ve dönüştürücü diye ifade edilen elemanlardan yararlanılmaktadır.

Algılayıcılar veya sensörler insanlardaki duyu organlarının görevini görürler. Elektronik makinalar basınç, hız, sıcaklık ve buna benzer birçok değişimi sensörler aracılığı ile algılar. Endüstriyel ortamlarda en çok kullanılan algılayıcılar aşağıda gösterilmiştir;

- | | |
|---------------------|-------------------|
| • İndüktif | • Sıcaklık |
| • Kapasitif | • Tork |
| • Hız | • Açı |
| • İvme | • Fark |
| • Hava Hızı | • Kızıl Ötesi |
| • Akım | • Kütle |
| • Öteleme | • Parlaklık |
| • Isı Akıntısı | • Elektromanyetik |
| • Nem | • Fotokondaktif |
| • Ani Sarsıntı | • Termoelektrik |
| • Ses Basıncı | • Fotovoltik |
| • Gerilme | • Fotokondaktif |
| • Sıvı Seviyesi | • Potonsiyometrik |
| • Işık | • Piezoelektrik |
| • Nükleer Radyasyon | • Ultrasonik |
| • Basınç | • Elektro-Optik |

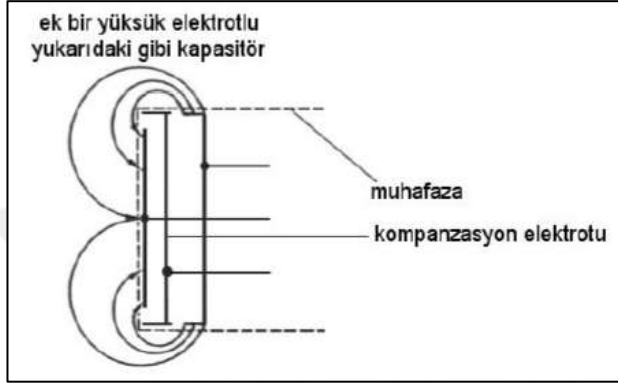
Algılayıcılar tarafından algılanan değerler bir anlam ifade etmez. Sensörlerin algıladığı bilgiler başka elemanlarla (transistor, tristör, triyak, opamp, diyot vb.) kullanılabilir hale gelmektedir.

Ortamdaki bir değişikliği algılayan elemanlara sensör, algılanan değeri başka bir enerjiye çeviren elemanlara da transducer denilmektedir (Yiğit 2006). Bu nedenle bu sistemdeki elemanlar hep birlikte kullanılmaktadır. Algılayıcıları birbirinden farklı birçok sınıfa ayırmak mümkündür. En çok sınıflandırmada baz alınan değerler; ölçülen büyüklük, çıkış büyüklüğü ve besleme gerilimidir.

Genelde mekanikte en çok yer değiştirme, indüktif, kapasitif, foto-elektrik ve ultrasonik algılayıcılar kullanılmaktadır (Anonymous 2017; Anonymous 2017a).

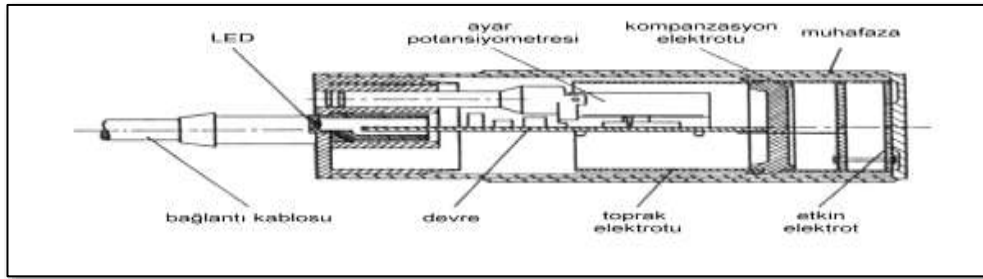
1.4.1. Kapasitif sensörler

Kapasitif sensör, elektrik alan içerisinde yaklaşan cisimlerin neden olduğu değişikliği göstermektedir. Şekil 1.18’de kapasitif sensörün elektrik alanı görülmektedir. Elektriksel alanının en yoğun olduğu kısım hedefin girebileceği bölgedir. Fakat bu plakaların çalışma ilkesinden yararlanabilmek için plaka kapasitör geliştirilmiş ve sensörün bir tarafında toplanmıştır. Bu durumda, elektromanyetik alan içine yaklaşan bir cismin yarattığı 0.1 pF dolaylarındaki çok küçük kapasite değişimleri uygun olan bir yöntemle değerlendirilmeli ve bir sayısal anahtarlama sinyaline dönüştürülmelidir.



Şekil 1.18. Kapasitif algılayıcıların kapasitif alan etkisi (Yiğit 2006)

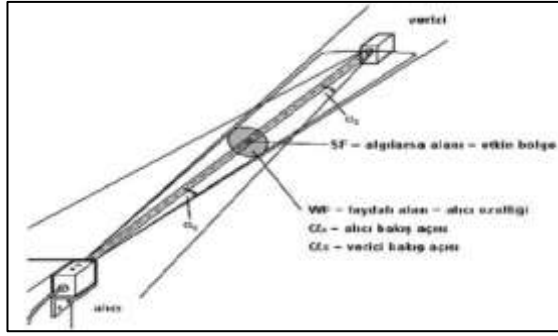
Kapasitif algılayıcıların kesiti Şekil 1.19’de görülmektedir. Algılayıcının yapısında genel olarak led, potansiyometre, kompanizasyon elektrotu, muhafaza, elektronik devre ve elektriksel besleme bulunmaktadır.



Şekil 1.19. Kapasitif algılayıcıların kesit görünüşü (Yiğit, 2006).

1.4.2. Karşılıklı sensörler

Belli konumda bir kızıl ötesi diyotun verici olarak ve ikinci konumda alıcı olarak foto-transistör (veya foto-diyot) yerleştirilmesidir (Şekil 1.20). Bir cismin alıcı ile verici arasındaki düz yolu kestiği her zaman, alıcı transistörün elektriksel tepkisi değişir.



Şekil 1.20. Verici ışının yapısını ve alıcının duyarlılığını göstermektedir (Yiğit 2006)

Montaj yapılırken verici alıcının yolunda olmalı (ışın yolu, sensörün algılama mesafesine ve $\pm 1.3^\circ$ ile $\pm 10^\circ$ arasındaki bakış açısına bağlıdır) ve alıcı vericinin yolunda olmalıdır. Alıcı ile verici öyle bir şekilde ayarlanmalıdır ki bir optik eksen üzerinde aralarında doğrudan kesişme olmalıdır. Alıcıya giden ışını tümüyle kesmek için algılanacak cismin boyutları en az bu etkin bölge (optik eksen) kadar olmalıdır. Göz önünde bulundurulması gereken nokta; algılama alanının (etkin bölge) sürekli olarak faydalı alandan daha küçük olmasıdır.

En uzun mesafe, toza ve kirlenmeye karşı en büyük aşırı kazanç, (çalışma güvenilirliği için) verici ile alıcının optik eksen üzerinde olası en iyi şekilde ayarlanmasıyla sağlanır.

İki veya daha fazla karşılıklı sensörün yan yana bağlanması durumunda, birbirlerinden etkilenmemelerine özen gösterilmelidir. Bunun için sensörler arasında bırakılması gereken en az uzaklık, verici ile alıcı arasındaki uzaklığa ve ışın yollarının bakış açısına bağlıdır.

Birkaç sensör yan yana bağlanacağı zaman alıcı ile vericinin değişimli montajı iyi bir çözüm olabilir (Yiğit 2006).

Karşılıklı sensörlerin özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

- Işık vericiden alıcıya tek yönlü yol aldığı için uzun algılama mesafesi,
- Optik eksen başından sonuna kadar geniş çalışma aralığı,
- Optik eksen boyunca kesin anahtarlama noktası,
- Montajı ve bağlantısı gereken iki ayrı birim,
- Şeffaf cisimlerde emin olmayan algılama,
- Mat cisimlerde emin algılama,
- Emniyetli çalışma için kesinlikle doğru ayarlama gereklidir.

2. KAYNAK TARAMASI

Ekim işlemi, bitkisel üretim amacıyla ana bitkiyi oluşturacak tohumları tohum yatağına bitki isteklerine uygun yatay düzlemdeki bir dağılımla belirli bir derinliğe yerleştirme ve üzerini kapatma işlemidir (Karayel ve Özmerzi 2005).

Ekim makinasının performansının belirlenmesi sıra arası ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğüne bağlı olmakla birlikte istenilen derinlikte tohumların bırakılmasına bağlıdır (Önal 2006). Yaşam alanının küçülmesi ise birim alandaki bitki sayısının artmasına neden olurken, bitki başına verimin düşmesine neden olmaktadır (Barut 2006). Tohum dağılım düzgünlüğüne etkili faktörler; makinanın ekici düzeni, tohum çeşidi, ilerleme hızı, delikli veya yuvalı tohum plakasının çevre hızı, hava basıncı, ekici ayak tipi ve kapatıcılarıdır (Barut ve Özmerzi 1997). Sıra arası ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğüne en önemli etki ise ekici düzenden kaynaklanmakta ve sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü bir bakıma da ekici düzenin performansını göstermektedir (Taşer 1997). Ekim makinalarında sıra aralığı daraltılarak, sıra üzeri mesafenin açılması bitkiler arası rekabeti azaltmakta, dolayısıyla daha uygun çıkış koşulları oluşmaktadır (Tuncer ve Önal 1997).

Tarla koşullarında, tohum plakasındaki delik şekillerinin de bitki dağılım düzgünlüğüne ve verime etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Barut ve Akbolat 2005; Acar 2001). Farklı ekim normlarının ve ilerleme hızlarının sıra üzeri tohum dağılımına etkileri görülmüş ve en iyi sonuç ise düşük norm ve ilerleme hızında görülmüştür (Altuntaş vd. 1999). Ekim derinliği ise ekim makinasının toprakta belli bir derinlikte tohumu yerleştirmek için yeteneğini gösteren önemli bir faktör olarak görülmüştür (Karayel ve Özmerzi 2007; Önal 2005).

Sıra üzeri dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde kullanılan yöntemler genellikle şunlardır (Taşer 1997):

1. Sıra üzeri tohum dağılım aralığının tarlada belirlenmesi

Bu yöntem tohumların tarla koşullarında çimlendikten sonra ölçülerek sıra üzeri mesafelerinin belirlenmesi ile bulunur. Tarla koşullarına hava durumu, tohum özellikleri de etki etmekte ve bulunan sonuçlar yanıltıcı olmaktadır.

2. Sıra üzeri tohum dağılımının laboratuvar ortamında belirlenmesi

Bu yöntemde ekim makinası sabit tutulmakta ve ekim makinasının altına yerleştirilmiş yapışkan sonsuz bantlı düzene tohumların teker teker düşürülerek ölçüm yapılmaktadır. Ya da ekim makinası hareketli yapışkan bant düzeni sabit tutularak ölçüm yapılmaktadır.

Bu yöntemlerde yapışkan bant üzerine düşen tohumlar arasındaki uzaklıklar cetvel yardımıyla ölçülerek 1 cm'lik sınıflar aralıklarında (0-1, 1-2, 2-3, 3-4 gibi) sınıflandırılmakta ve her sınıf aralığındaki tohumların nispi oranları hesaplanarak tohum dağılım diyagramları hazırlanmaktadır. Bu ölçüm yöntemi zahmetli ve zaman alıcı olmaktadır.

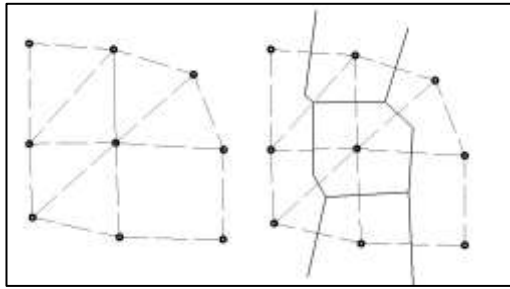
3. Elektronik ölçüm yöntemleri ile belirlenmesi

Bu ölçüm yönteminde tohumlar tarlada ya da laboratuvar ortamında algılayıcılar yardımı ile iki tohum arasındaki mesafe ilerleme hızına bağlı olarak belirlenmektedir.

Bir bitkinin gelişme etmenlerinden su, ışık ve besin maddelerinin sağlanması yetiştirme alanı büyüklüğüne bağlıdır. Yetiştirme alanının büyümesiyle serbestliği artan bir bitkide verim yükselir. Ancak deneme amacıyla yapılanlar dışında yetiştiriciyi tek bir bitkinin veriminden çok alan verimi ilgilendirir. Bu da birim alana atılacak tohum sayısı, başka bir deyişle ekim normuyla belirlenir (Ülger 2011).

Farklı azot dozları ve sıra üzeri mesafe uygulamalarının patatesin verim ve verim unsurları üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan araştırmada 4 farklı azot dozu (0, 5, 10 ve 15 kg/da) ve 3 farklı sıra üzeri mesafe (40, 50 ve 60 cm) uygulanmıştır. Denemede bitki boyu, ocak başına sap sayısı, ocak başına yumru sayısı, ocak başına yumru ağırlığı, ocak başına yumru verimi, dekara yumru verimi ve nişasta oranı gibi özellikler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre sıra üzeri mesafe daraldıkça, elde edilen ocak başına yumru verimi ve sayısında bir azalma gözlenmiştir. Ancak toplam yumru veriminde önemli artışlar olmuştur. Ayrıca, artan azot dozları uygulaması sonucunda ocak başına ve dekara yumru veriminde önemli artışlar elde edilmiştir (Tunçtürk vd. 2004).

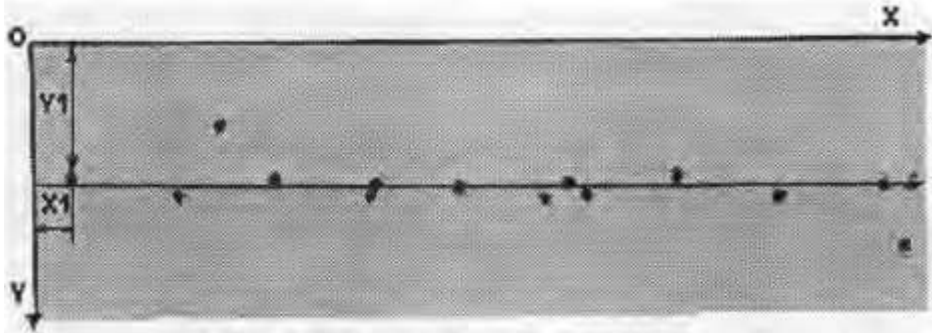
Sıraya ekim sonrası tarladaki yatay tohum dağılımı ve bitki yaşam alanı ihtiyacı için Voronoi poligonları (Şekil 2.1) kullanılarak denemeler yapılmıştır. Denemede kullanılacak bitkilerin (soya, mısır, buğday) yatay sıra üzeri ekim için tohum dağılım düzgünlüğünü değerlendirme için sıra üzeri mesafelerini ve yaşam alanı değerleri ölçülmüştür. Sonuç olarak mısır ve soya ekiminde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Buğday ekiminde ise sıra arası uzaklık daha dar olduğu için, sadece sıra üzeri uzaklık kullanılarak yapılan değerlendirmenin yetersiz olacağı saptanmıştır. Yani sıra arası uzaklık da sıra üzeri uzaklık kadar tohumların yatay düzlemde sapma ve yaşam alanını etkilemesine neden olmuştur. Buğday ekiminde ilerleme hızının artırılması çizi üzerindeki tohumların ideal yaşam alanı şekli ile gerçek yaşam alanı şekli arasındaki farklılık artmıştır (Karayel 2010).



Şekil 2.1. Voronoi poligonunun oluşturulması (Karayel 2010)

Dursun ve Dursun (2000) bu çalışmasında görüntü işleme yardımıyla sıra üzeri tohum dağılımının belirlenmesi incelenmiştir. Birbirinden farklı buğday, mısır, havuç, domates, fiğ ve şeker pancar tohumları kullanılarak boyut ve renk bakımından farklı olan tohumların sıra üzeri uzaklıklarının dışında sık, normal ve seyrek olarak üç şekilde incelemede bulunulmuştur. Belli bir yükseklikten çekilen görüntüler tarayıcılar

tarafından taranarak TIF dosyası haline getirilip bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Görüntü işleme programı ile işlenmiş ve Şekil 2.2'deki şeker pancarı tohumlarıyla x ve y uzaklıkları gösterilmiştir.



Şekil 2.2. TIF uzantılı dosya örneği ile (X) ve (Y) değerleri (Dursun ve Dursun 2000)

Altuntaş ve ark. (2007) çalışmış oldukları kombine ekim makinasında farklı ekim normu ve ilerleme hızlarındaki sıra üzeri ve sıra arası tohum dağılımlarını incelemiştir. En uygun ekim dağılım düzgünlüğü bulmak için denemeler laboratuvar koşullarında buğday ve fiğ tohumları kullanarak 4 farklı ekim normu ve 3 farklı ilerleme hızında yapılmıştır.

Yiğit (2006) çalışmasında ardışık şekilde düşen tohumları elektronik tabanlı bir kontrol sistemiyle algılayıp hassas bir şekilde tohumlar arası uzaklığı belirlemeye çalışmıştır. Elektronik tabanlı sistemi kare platforma (Şekil 2.3) yerleştirilen algılayıcılar yardımıyla ardışık düşen tohumların, mikrokontroller yardımıyla geçişleri belirlenmekte ve iki tohum arası zaman farkı da kullanılarak mesafeye dönüştürülmektedir. Elde edilen zaman farkları mesafeye dönüştürüldükten sonra, yapışkan banda (Şekil 2.4) düşürülen tohumlar arası mesafe ölçülerek karşılaştırılmıştır. Elektronik tabanlı ölçüm sistemi ile yapışkan bant ölçüm sisteminde elde edilen tohum aralıkları değerlerinin regrasyon katsayısı (R^2) 0.7735 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elektronik ölçüm sistemlerinin ekim makinalarının etkinliklerinin (tohum aralığı, tohum atım frekansı, ekim normu, atılan tohum miktarı gibi belirlenmesinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.



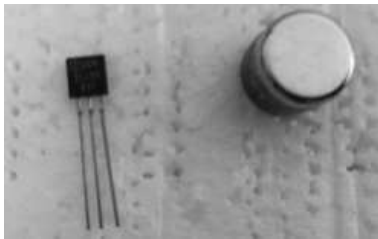
Şekil 2.3. Elektronik tabanlı ölçüm sisteminde algılayıcıların görünüşü (Yiğit 2006)



Şekil 2.4. Tohumlar arası mesafe ölçümünün yapıldığı yapışkan bant sistemi (Yiğit 2006)

Karayel (2007) çalışmasında ekim makinasında sıra üzeri tohumları optik algılayıcı ve kameralı ölçme sistemleriyle sıra üzeri mesafelerini karşılaştırması gerçekleştirilmiştir. Optik algılayıcılardaki kör noktalar 0.35 mm ye kadar düşürülmüş ve bu da en az 1 mm ‘lik tohumların algılamasına olanak sağlamıştır. Denemelerde aynı anda hem optik algılayıcı hem de kamere sistemi ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Referans düzlemi olarak ise optik algılayıcının yerleştirildiği düzlem olarak belirlenmiş. Optik algılayıcı ölçümlerde hataların daha çok tohumların birden fazla düşmesi sırasında meydana geldiği, Kameralı ölçme sisteminde ise tüm tohumların fotoğraflarla görüntülediği hataların ise kullanıcıdan kaynaklı olduğu belirtilmiştir.

Sabancı ve Aydın (2012) yapmış oldukları çalışmada ekim makinelerinin sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün ideal olması istenmektedir. Sıra üzeri tohum dağılımının etkilendiği en önemli faktörlerden biri ekici düzenden çıkan tohumların toprağa yerleştirilmesinde oluşacak aksaklıkların ekim kalitesine ve başarısına büyük ölçüde etkilemesidir. Bu çalışmada pnömatik ekim makinalarının ideal çalışabilmesi için görsel ve ses ikazlı bir kontrol devresi geliştirmişlerdir. Ekim makinasının tekerleğine yerleştirilen manyetik sensör ile ekim yapılan alan bilgisi ve ekim ünitesindeki tohum ekim disklerine yerleştirilen manyetik sensörler (Şekil 2.5) ile ekim yapılmayan ekim ünitesi tespit edilerek görsel ve ses ikazlı bilgi vermeye çalışmışlardır (Şekil 2.6). Ekim ünitelerinde bulunan tohum ekim diskinin dönmemesinden kaynaklanan tohum ekim hataları giderilmiştir. Böylece hangi ekim ünitesinde sorun var ise kullanıcı buradaki sorunu giderek ekime devam edebilmektedir.



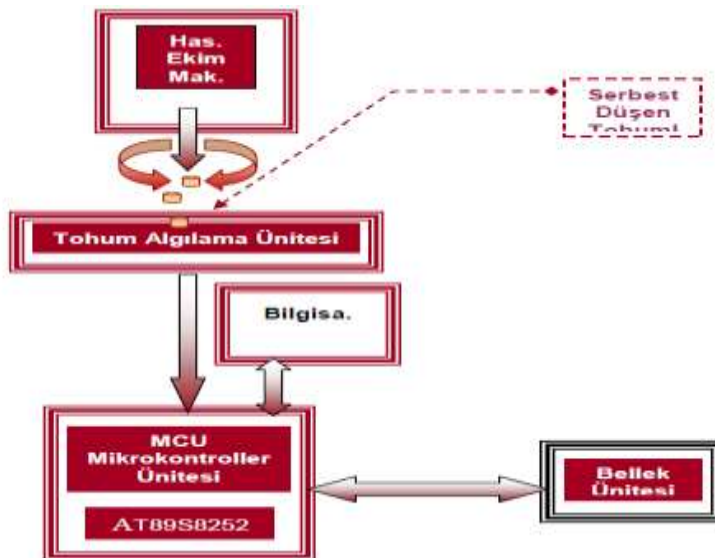
Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan manyetik sensör ve mıknatıs (Sabancı ve Aydın 2012)



Şekil 2.6. Kontrol kutusunun görünümü (Sabancı ve Aydın 2012)

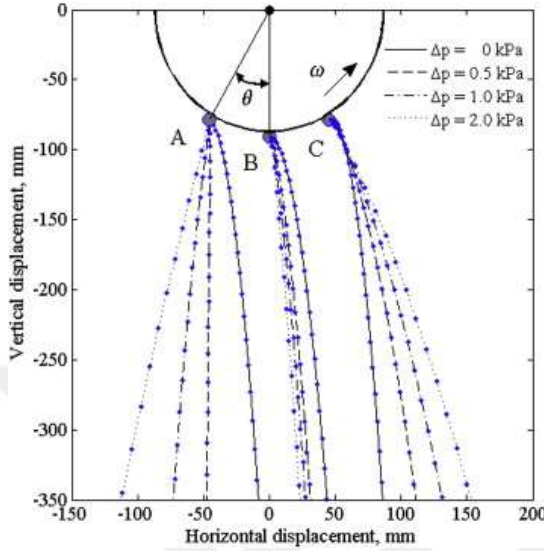
Taşer (1997) ve Taşer vd. (1997) çalışmalarında ekici düzenden düşen tohumların fotosel algılayıcı yardımıyla düşü zamanını belirleyerek bilgisayarda depolanması ve tohumlar arası mesafeyi ilerleme hızı bağlantısı ile belirleyerek bilgisayar kayıt ortamında kaydedilmesi konularında ve pnömatrik ekim makinasında oluşan titreşimlerden kaynaklı sıra üzeri mesafe dağılım düzgünlüğüne etkisini bilgisayar destekli fotosel algılayıcılar yardımı ile belirlemeye çalışmışlardır. Denemelerde ISO 7256/1'e göre ikizlenme ve boşluk oranları bulunmuştur.

Yiğit ve Barut (2008) yapmış oldukları çalışmada ardışık şekilde düşen tohumların arasındaki uzaklıkları hassas ve kolay bir şekilde ölçebilen elektronik tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Serbest bir şekilde düşen tohumları algılayan elektronik tabanlı sistem içinde bulunan mikrokontroller ünitesi yardımıyla zaman belirlenmiştir. Mikrokontroller ünitesindeki program yardımıyla ardışık düşen tohumların zaman farkları mesafeye dönüştürülmüş ve seri port yardımıyla bilgisayara aktarılmıştır. (Şekil 2.7) Kontrol faktörü olarak yapışkan bant sistemi kullanılarak sıra üzeri tohum aralığı, tohum aralıklarının standart sapması ve varyasyon katsayıları değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

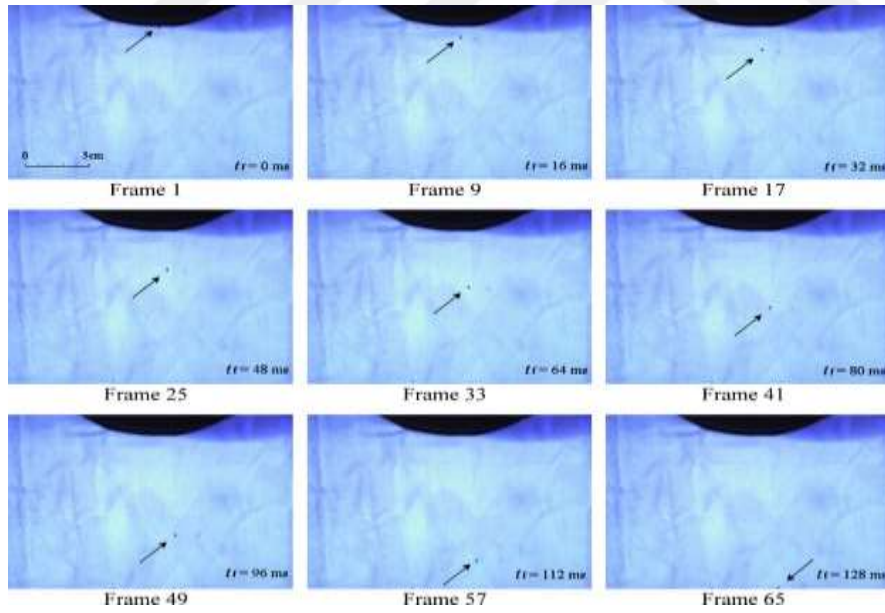


Şekil 2.7. Elektronik tabanlı tohumları arası uzaklık ölçme test cihazı blok şeması (Yiğit ve Barut 2008)

Zhan vd. (2010) kolza tohumlarının hassas ekim için bir pnömatik hassas ekim makinesi performansını araştırmıştır. Bir laboratuvar ekim makinası üzerine monte edilen yüksek hızlı kamera sistemi, tohumların hareketini kaydetmek için kullanılmıştır. Yatay yer değiştirme ve uçuş süresi yüksek hızlı kamera sistemiyle sayısal analizi ile tahmin edilen (Şekil 2.8, Şekil 2.9) ve düşen tohumları ölçerek karşılaştırılma yapılmıştır.



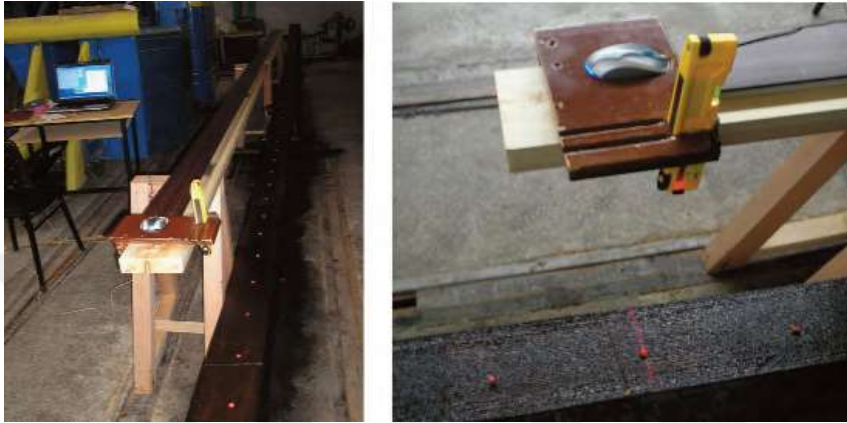
Şekil 2.8. Düşen tohum yörüngeleri sayısal hesaplama (Zhan vd. 2010)



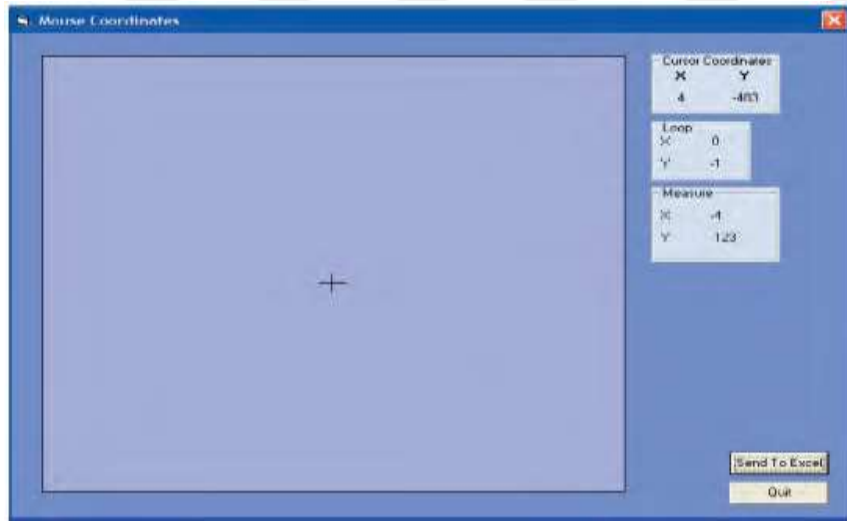
Şekil 2.9. Yüksek hızlı kamera sistemiyle tohumun nereye düştüğünü belirleme (Zhan vd. 2010)

Önal ve Önal (2010) çalışmasında tek dane ekim yapan ekim makinalarında sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü belirlemek için yapışkan bant sistemi kullanılarak kombine edilmiş ve bilgisayar destekli ölçme sistemi geliştirmiştir. Sistem ortalama tohum aralığı ve standart sapması, ikizlenme indeksi, boşluk indeksi, kabul edilebilir tohum aralığı, ekim hassasiyeti, popülasyon indeksi ve tohum konumu doğruluk gibi

sekiz ölçüt veya performans parametresi seçilmiştir. Bilgisayar destekli ölçme sistemi bir dizüstü bilgisayarı ve lazer ışınli işaretleyici ile birleştirilmiş, yüksek duyarlıklı optik fare 'den oluşmuştur (Şekil 2.10). Bilgisayar destekli ölçme sisteminin yazılımı, tohumların konum bilgilerini depolayacak (Şekil 2.11) ve daha ileri istatistiksel değerdendirmeler için Microsoft Excel'e gönderecek şekilde düzenlenmiştir. Sonuç olarak yapışkan bant deney düzeni ile kombine çalışan bilgisayar destekli ölçme sisteminin (CMS), sayısal kumpas veya çelik metreye göre, laboratuvarda sıra üzeri tohum aralığı düzgünlüğünün daha çabuk ve doğru bir şekilde belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 2.10. Lazer ışınli işaretleyici, Yapışkan bant ve Dizüstü bilgisayar (Önal ve Önal 2010)

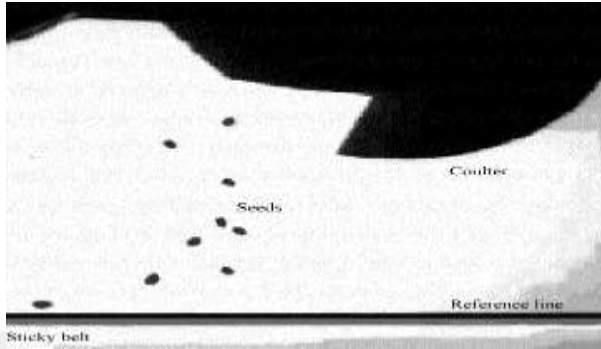


Şekil 2.11. Bilgisayar destekli ölçme sistemi arayüzü (Önal ve Önal 2010)

Karayel vd. (2006) yapmış oldukları çalışmada, sıra üzeri tohum aralıklarının iyileştirilebilmesi için laboratuvar koşullarındaki denemelerde ekim makinasında sıra üzeri tohum aralığı bir kamera sistemiyle tohumun nereye düştüğünü (Şekil 2.12) ve tohum düşme hızını tespit ederek yapışkan bantlı götürücülerle karşılaştırılmışlardır. Yüksek hızlı kamera sistemi ve yapışkan bant sistemi ile test standında elde edilen tohum aralığı verileri arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu nedenle yapışkan bant sistemi yerine yüksek hızlı kamera sistemi kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Yüksek hızlı kamera sisteminin avantajları;

- Daha uzun bir örnek toplama süreci nedeniyle üç kat daha büyük örneklem boyutu.
- Temassız ölçüm yeteneği
- Tohumların düşme hızının ölçülmesi

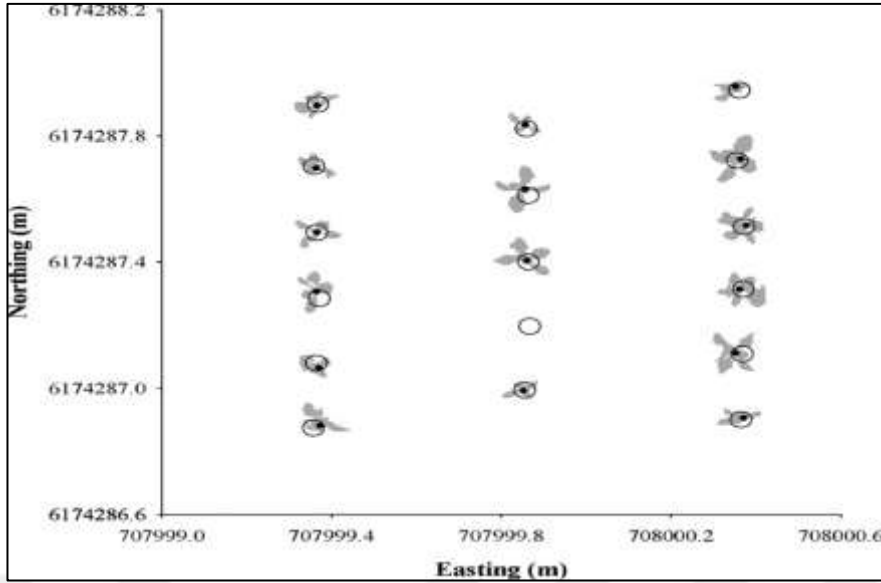


Şekil 2.12. Tohum akışını gösteren yüksek hızlı kamera sistemi (Karayel vd. 2006)

Griepentrog vd. (2005) yapmış oldukları çalışmada hassas ekim makinası ile şeker pancarının yüksek algılama kapasitesindeki sensörler kullanarak ve RTK-GPS yardımıyla tohum konum haritasını oluşturmuşlardır. Tohum haritası ve gerçek bitki haritası arasındaki ortalama hata yaklaşık 16-43 mm arasında değişmektedir. Bu sonuç aracın hızına ve tohum aralığına bağlı olarak değişmiştir. Sonuçlar, doğruluk tahminin bitki konumlarının genel kabul edilebilir bitki aralıklarında olduğunu göstermektedir. Kullanılan hassas ekim makinasının doğruluk ve uygulanabilir sıra üzeri tohum aralığı potansiyeli bitki işlemleri için kabul edilebilir oranda olduğu belirlenmiştir.

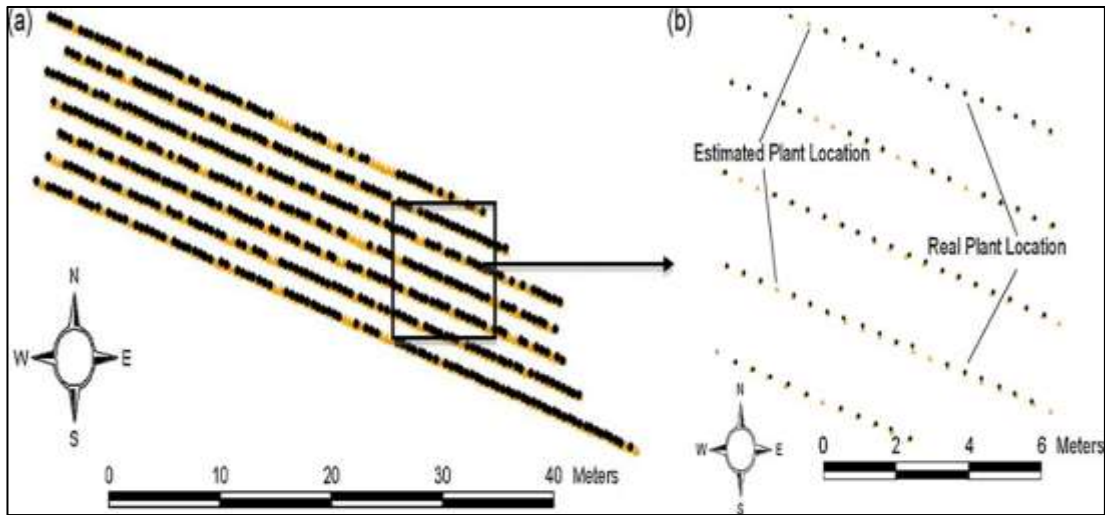
Ehsani vd. (2004) çalışmalarında yüksek hassasiyetli gerçek zamanlı kinematik RTK kullanılarak, 4 sıralı pnömatik ekim makinasına yerleştirilmiş tüpler yardımıyla sensöründen tohumları görerek tohumların konumlarını tespit etmiş ve tohum konum haritası oluşturulmuştur. Veriler, traktörün kabininde yer alan bilgisayarlara kaydedilmiştir. Tohum konum değerleri ve ilerleme hızı değerleri, RTK GPS yardımıyla belirlenmiştir. Her saniyede GPS ile koordinat veriler aktarılan bilgisayar, aynı zamanda tohum sensörlerinden gelen tohum sinyal verilerini de kaydedilmektedir. Araştırma kapsamında iki yıl boyunca denemeler yapılmıştır. İlk yıl deneme sonuçları makina performansı ve tohum sensörünü kontrol etmek için kullanılmıştır. İkinci yıl deneme sonuçlarında çok iyi performans elde edilmiştir. RTK-GPS tabanlı ekici düzen tarafından yapılan çalışmada tohumlar arasındaki farklar 30-38 mm olarak belirlenmiştir.

Nørremark vd. (2007) çalışmalarında gerçek zamanlı bir kinematik konumlandırma sistemi (RTK-GPS) ve karşılıklı görebilen sensörler ekim makinasına bağlanmış olup RTK-GPS ile tohumların konumları belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen veriler ile mekansal tohum konum haritası oluşturulmuş. İlerleme hızı 5,3 km/h olarak belirlenmiştir. Şeker pancarı tohumlarının doğrulama tespitinde (R^2) %95 başarı elde edilmiş. Tohumların sensörle konumunun tespiti ile tohumların fide haline geldikten sonraki konumları arasındaki ortalama uzaklığı ise 37.3 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 2.13).



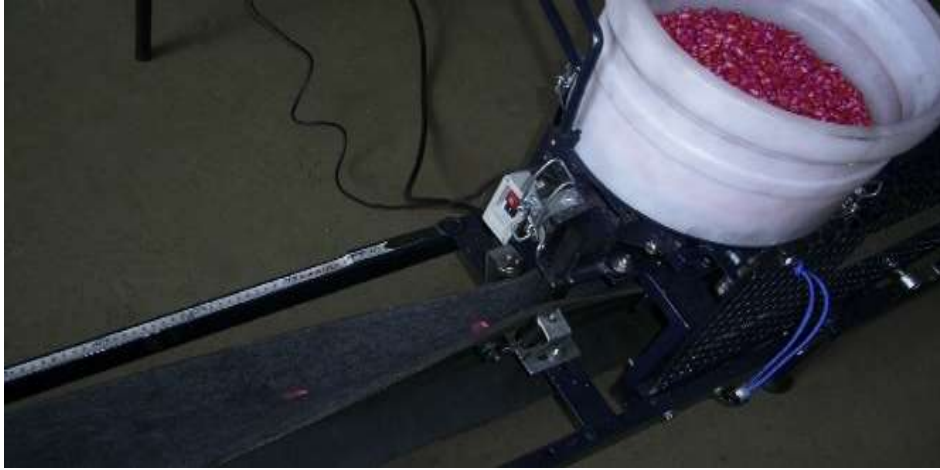
Şekil 2.13. Tohumların koordinatları (Nørremark vd. 2007)

Sun vd. (2010) yaptıkları çalışmada sıra üzerine ekilen bitkilerin yerini otomatik olarak haritalamak için gerçek zamanlı kinematik (RTK) konumlandırma sistemi (GPS) kullanılmıştır (Şekil 2.14). RTK-GPS alıcısı ve odometry sensörler kullanılarak ekim makinasında tohumların tarlaya hangi noktalara ekildiğini gösteren bir çalışma yapılmıştır. Kızılötesi ışık yardımıyla tohumlar tespit edilmiştir. Tarla denemeleri sonucu ekilen tohumların verileri ve çimlenen bitki haritasındaki ortalama hata oranı 2 cm olarak belirlenmiştir.



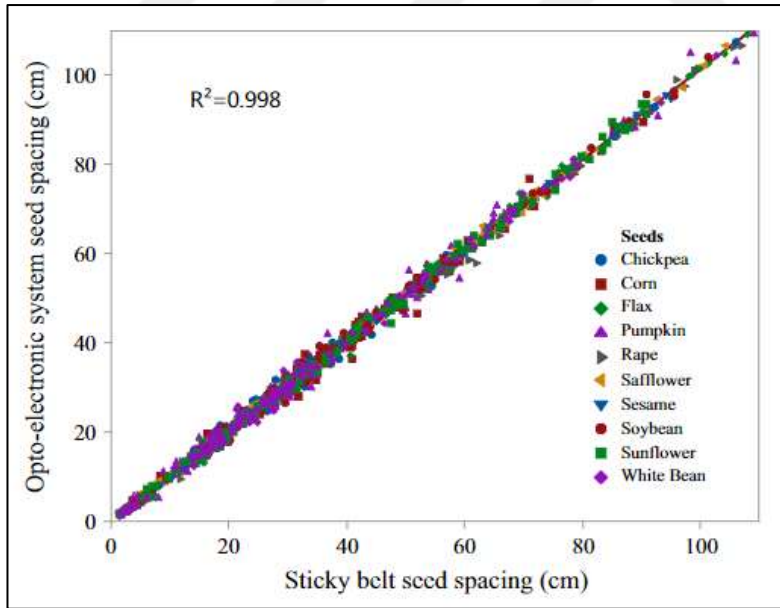
Şekil 2.14. Tohumların Konum Haritası (Sun vd. 2010)

Deividson vd. (2014) çalışmasında tohumları yapışkan bant üzerine düşürerek tohumlar arası uzaklık denemeleri yapmışlardır (Şekil 2.15). Tohumları tespit etmek için kızılötesi sensörler kullanılarak tohumlar belirlenmeye çalışılmıştır. 22 kez 45 adet tohumda yapılan testlerde R^2 0,9998 olarak tespit edilmiş ve tohumlar arası hata 1,9 mm olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada sensör doğruluğu %96.5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.15. Yapışkan bant örneği (Deividson vd. 2014)

Çay vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada tohum aralıklarının belirlenmesinde kullanılan opto-elektronik sensörler yardımı ile yapışkan banda düşürülen tohumların karşılaştırılması yapılmıştır. Geliştirilen sistemde 10 adet farklı tohum kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmada R^2 , ortalama yüzey mutlak hata (MAPE), e_i , β_0 , β_1 değerleri bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda sırasıyla 0.998, 3.60%, 0.484 cm, 0.022 ve 1.012 değerler tespit edilmiştir (Şekil 2.16). Hassas ekim çalışmalarında laboratuvar test düzenlerinde opto-elektronik sensörler ile sıra üzeri tohum aralıklarının başarılı bir şekilde tespit edileceği belirlenmiştir.



Şekil 2.16. Yapışkan bant ve opto-elektronik sensör ile tespit edilen tohum aralığı ilişkisi (Çay vd. 2017)

Çay vd. (2018) çalışmalarında klasik tahrik sistemleri ile elektronik tahrik sistemini karşılaştırmışlardır. Çalışmada 3 farklı hız kullanılarak ve 10 farklı tohum aralığı belirleyerek çalışmaları laboratuvarında denemişlerdir. Elektronik tahrik sisteminde, besleme indeksi (I_{qf}), çoklu endeks (I_{mult}), miss endeksi (I_{miss}) ve hassas endeks (I_p) kalitesi sırasıyla ;2.91–95.36, % 0-1.73, % 4.45 - 97.09 ve % 8.79 - 22.14 , klasik tahrik

sisteminde sırasıyla, % 2.09–98.55, % 0-066, % 1.09–97.91, % 5,79-20,92 değerleri tespit edilmiştir. Her iki sistemde de tohum aralığı homojenliği “iyi” ve “orta” olarak belirlenmiştir. Elektronik tahrik sisteminde elde edilen ortalama tohum aralığı değerlerinin, klasik tahrik sisteminden elde edilenlere göre teorik tohum aralığı değerlerine daha yakın olduğu saptanmıştır. Elektronik tahrik sistemi, önerilen optimum ekim normu, hızlı ve basit bir ayar imkanı, senkronizasyon ve gerçek zamanlı kontrol, daha yüksek hızlarda çalışma imkanı, her bir ölçüm ünitesi için bağımsız hareket ve kontrol sağlamıştır.

Çay vd. (2018) çalışmalarında, tarla ortamında hareket tekerleğinden kaynaklı kaymalar, patinajlardan kaynaklı sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünden bozulmaların gerçekleştiği belirlenmektedir. Bu yüzden klasik tahrik sistemleri ile elektronik tahrik sistemini tarla denemelerinde karşılaştırmaya çalışmışlardır (Şekil 2.17). Elektronik tahrik sisteminde; Besleme indeksi kalitesi (I_{qf}) 90,63%, çoklu indeksi (I_{mult}) 0,94%, kaçırma indeksi (I_{miss}) 8,44% ve hassas indeksi (I_p) 17,63% çalışmalarda elde edilmiştir, klasik tahrik sisteminde; I_{qf} 88,13%, I_{mult} 2,50%, I_{miss} 9,38% ve I_p 17,81% tarafından yapılan denemelerde bulunmuştur. Elektronik tahrik sistemindeki bitki aralığı homojenliği, ilgili kriterlere göre klasik tahrik sisteminde “ılımlı” iken “iyi” olarak bulunmuştur. Elektronik tahrik sistemi ile yapılan denemelerde, ekici tekerleğindeki negatif kayma %1,33, klasik tahrik sistemiyle %6,79 olarak bulunmuştur. Sahada EMDS kullanıldığında, klasik tahrik sistemine kıyasla yaklaşık %22 oranında yakıt tasarrufu sağlanmıştır.



Şekil 2.17. Klasik tahrik sistemleri ile elektronik tahrik sistemini tarla denemesi (Çay vd. 2018)

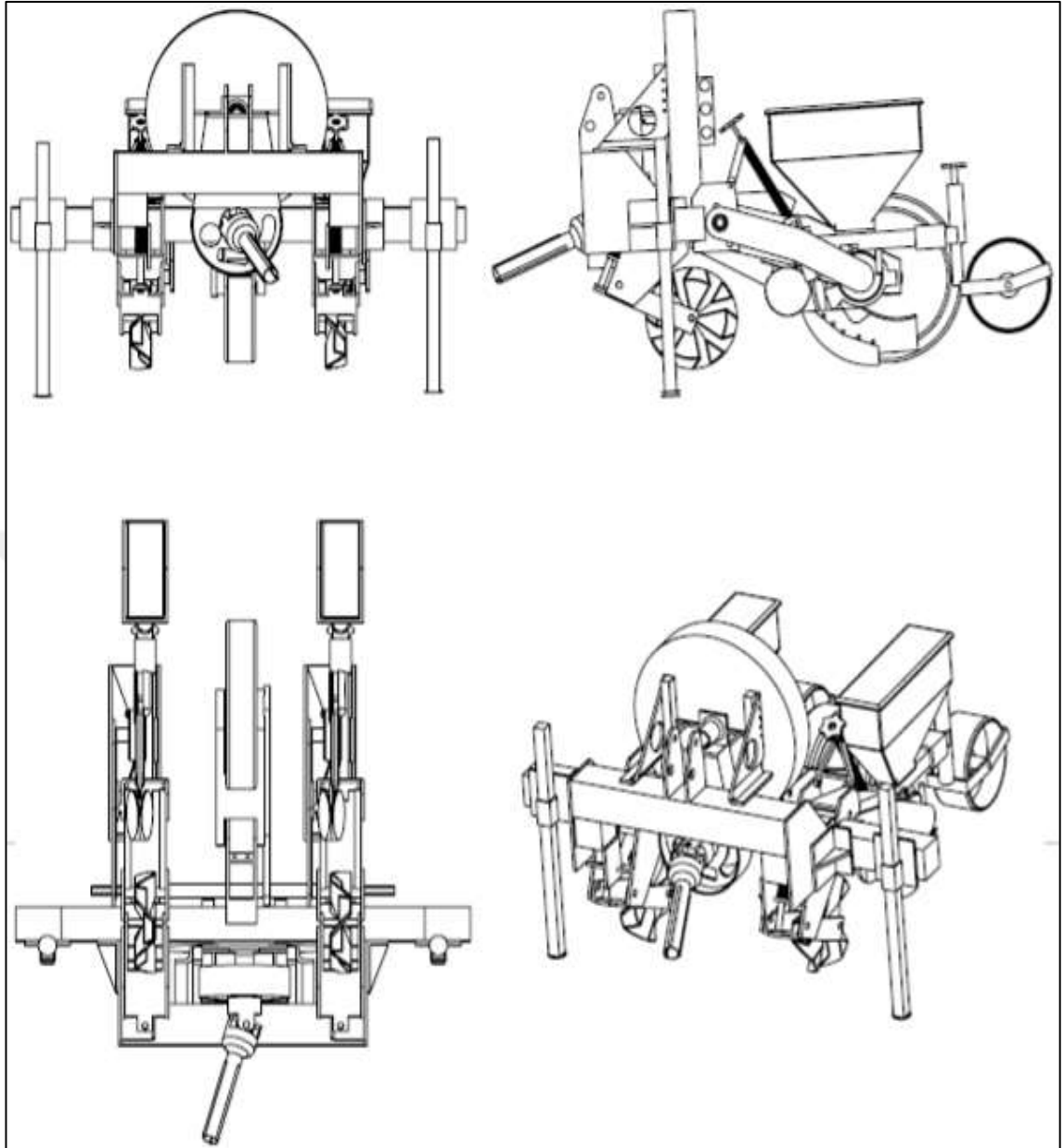
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Pnömatik hassas ekim makinasının balta tipi ayağına bağlı kızılötesi alan sensörü ile tohum dağılım düzgünlüğü belirlenmeye çalışılmıştır. Tasarlanan sistem, her bir tohumun yerini RTK-GPS ile belirleyebilmek için bilgisayar yazılımı ile donanımlardan oluşmaktadır. Ayrıca, her bir tohumun nereye düştüğünü belirleyen bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Tohum algılama sistemi, mekanik, elektronik, bilgisayar ve yazılım olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler aşağıda belirtilmiştir.

- Mekanik
 - Balta tipi gömücü ayağın tasarımı
 - GPS sisteminin yerinin belirlenmesi
- Elektronik
 - Tohum algılama sistemi için tasarlanan DAQ kart
 - GPS alıcısı
 - Kızılötesi Alan Sensörü
 - Güç kaynakları (Aküler)
- Bilgisayar
 - Dokunmatik Panel Bilgisayar
 - Bilgisayar ve diğer elektronik bölümler için bağlantı kabloları
- Yazılım
 - Visual Studio .NET 2012 Yazılım Ortamı
 - Mikrodenetleyici için yazılım ortamı
 - ARCGIS 10 Haritalama Programı

Denemelerde kullanılan pnömatik hassas ekim makinasının teknik resimleri Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan pnömatik hassas ekim makinası

3.1.1. Mikrodenetleyici

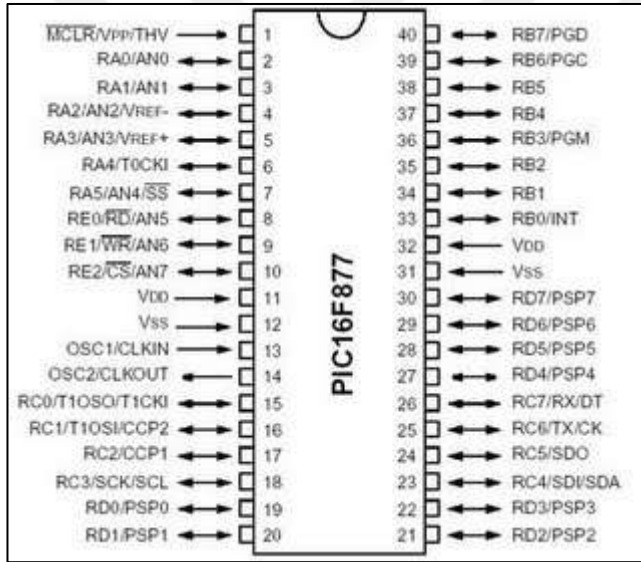
Mikrodenetleyiciler, bir programı içerisinde depolayıp daha sonra çalıştırabilme özelliklerine sahip tek bir chip 'ten oluşan bilgisayardır. Bu çalışmada mikrodenetleyici, sensörlerden gelen verileri toplama, hesaplama ve istenilen noktalara verileri gönderme işleminde kullanılmıştır.

Bu çalışmada Microchip firmasına ait 18F877 mikrodenetleyici entegresi kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. 18F877 mikrodnetleyici

İlk defa 1980 yılında İntel firması tarafından üretilen mikrodnetleyiciler günümüze kadar değişik firmalarca başka markalar altında üretilen binlerce mikrodnetleyicide temel oluşturmıştır. Bunlar arasında ilk akla gelenler Philips, Siemens, Dallas, OK, Fujitsu, Harris, Atmel vb. dir. Microchip firmasının 18F877 koduna ait microdnetleyicisinin görünüşü ve pin bağlantısı şekildeki gibidir (Şekil 3.3). 40 adet pin bağlantısı vardır ve bu bağlantı pinleri istenilen bağlantıları yaparak yazılım hazırlanmıştır.

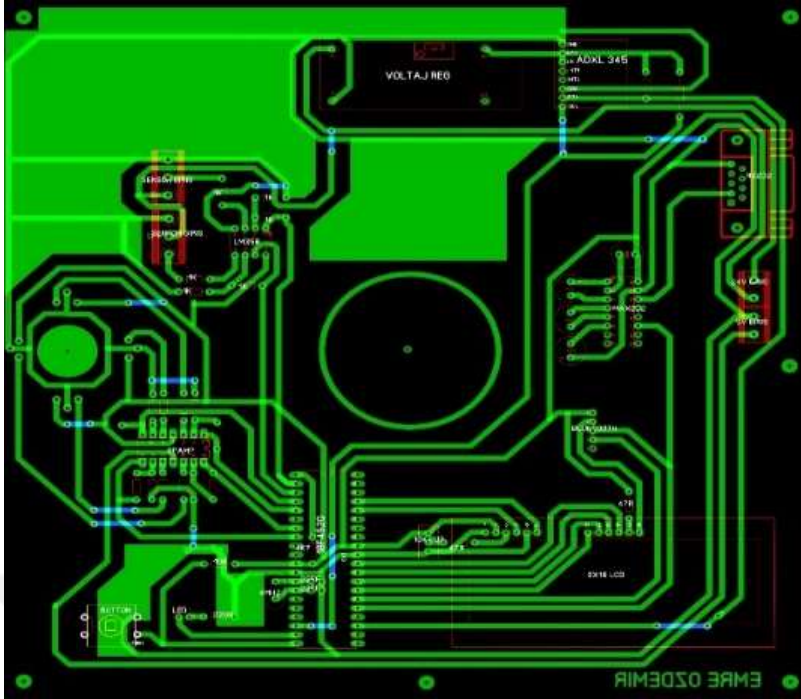


Şekil 3.3. 18F877 mikrodnetleyici uçları

Mikrodnetleyiciler birçok elektronik malzemelerin birleşmesiyle oluşturulmuştur. Elektronik malzemenin beyin kısmını oluşturmaktadır.

Şema ve baskı devre çizimleri labcenter elektronik firmasının tasarladığı Proteus 10 Lite programıyla yapılmıştır. Mikrodnetleyici entegresinin işlev ve programını tasarlamak içinde Bascom programı kullanılmıştır (Anonymous 2017c).

Devre yapımında kullanılan DAQ kart veri akış şeması aşağıdaki verilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Daq kart veri akış şeması

3.1.2. RS-232 bağlantı kablosu

Seri olarak gönderilen verinin alınması veya iletilmesini gerçekleştiren cihazlar arasında haberleşmenin sağlanabilmesi için geliştirilen bir bağlantı kablosu kullanılmıştır (Şekil 3.5). RS232 bağlantı kablosunun erkek ve dişi pinlerinin görevleri Çizelge 3.1 'de verilmiştir (Anonymous 2017b).

Yapılan çalışmada mikrodenetleyici ve RTK-GPS alıcısından gelen veriler RS232 bağlantısı yardımı ile endüstriyel bilgisayara iletilmiştir.

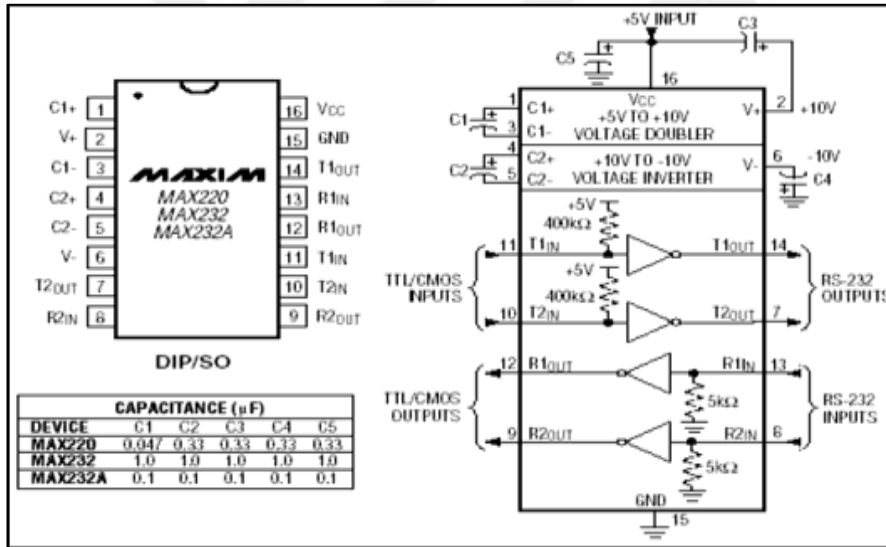


Şekil 3.5. RS-232 DB-9 dişi ve erkek bağlantı kablosu

Çizelge 3.1. RS-232 Pinlerinin Görevleri

DB-9	SİNYAL YÖNÜ	SİNYAL İSMİ
3	DTE-DCE	Gönderilen Data (Transmitted Data)
2	DCE-DTE	Alınan Data (Received Data)
7	DTE-DCE	Gönderme önerisi (Request To Send)
8	DCE-DTE	Gönderi için temizlik (Clear To Send)
6	DCE-DTE	Data set hazır (Data Set Ready)
5	X	Sinyal Sasesi (Signal Ground)
1	DCE-DTE	Alındı mesajı (Carrier Detect)
4	DTE-DCE	Data terminal hazır (Data Terminal Ready)
9	DCE-DTE	Telefon çalıyor (Ring Indicator)

Yapılan bu çalışmada kullanılan algılayıcılardan gelen lojik 1 seviyesindeki bilgiler 14-18 V arası, lojik 0 seviyesinde ise 0 –3.2 V değerindedir. Bu değerler bilgisayara, mikrodenetleyicilere ve göstergelere zarar verebilmektedir. Bu nedenle çok yaygın olarak kullanılan MAX-232 entegresi kullanılmıştır. Bu entegrenin bağlantı ve devresi Şekil 3.6’de verilmiştir (Axelson 2000).



Şekil 3.6. Max-232 bağlantıları ve elektronik devresi

Max-232 ‘nin 14-7 numaralı pinler RS-232 çıkışları, 13-8 numaralı pinler RS-232 girişleri, 11-10 numaralı pinler dış devreden gelen bacaklar, 12-9 numaralı pinler dış devreye giden pinler, 15 numaralı pin toprak, 16-2-6 numaralı pinler besleme ve 1-3-4-5 numaralı pinler ise kondansatör bağlantılarıdır.

3.1.3. Tohum algılama sistemi algılayıcıları

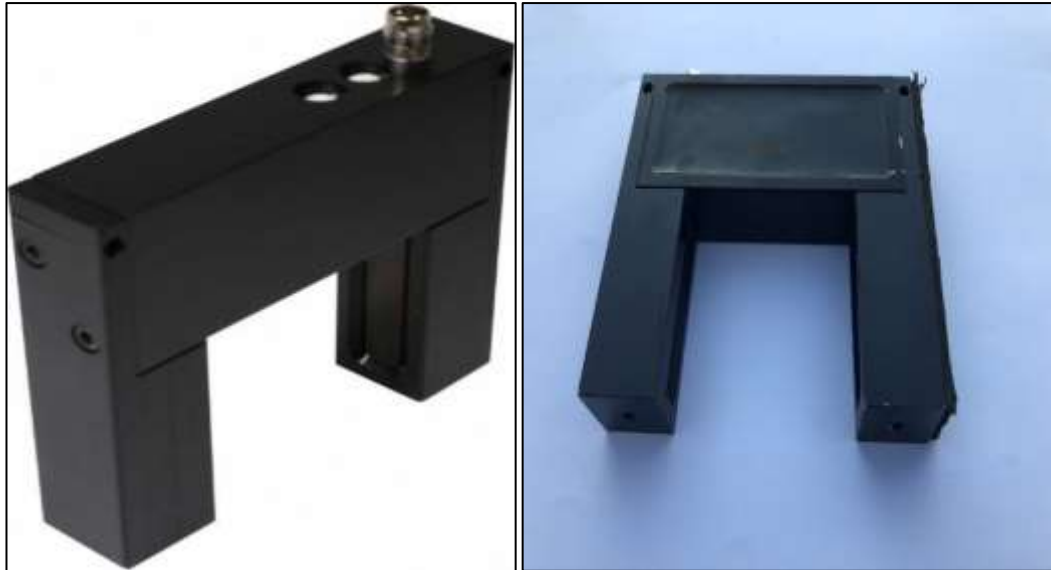
3.1.3.1. Kızılötesi alan sensör

Pepperl Fuchs firması tarafından imal edilen ve araştırmada kullanılan algılayıcı; 90x81 cm boyutlarında, 50x35 algılama alanı, 0,5 mm küçük parçalara kadar algılama kapasitesinde, Light-ON ya da Dark-ON çalışma, OFF-Delay zamanlayıcısı, kısa devre korumalı ve alüminyum gövdeye sahiptir ve Çizelge 3.2.'de teknik özellikleri verilmiştir.

Algılama sisteminde 1 adet kızılötesi alan sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.7). Tohumların algılanabileceği hassasiyet ayarları yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Kızılötesi alan sensörün özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Işık kaynağı	IRED
Işık tipi	Modüle kızılötesi ışık
Çatal genişliği	50 mm
Ortam ışığı sınırı	10000 Lux
Çözünürlük	0,5 mm
Aktif bölge	35 mm x 50 mm
Fonksiyon göstergesi	LED sarı
Çalışma gerilimi	24 V DC $\pm$ % 20
Anahtarlama Geçerli	200 mA
Anahtarlama frekansı	5000 Hz
Bağlantı	M8 Soket, 3-pinli



Şekil 3.7. Kızılötesi Alan Sensörü (RAL50-IR/32/98)

3.1.3.2. Kapasitif sensör

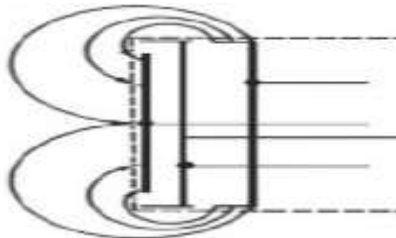
Sick firması tarafından imal edilen ve araştırmada kullanılan algılayıcı 30 mm çapında, 4 mm – 25 mm algılama kapasitesinde, hassasiyet ayarlama, saniyede 50 Hz algılama kapasitesinde, plastik gövde gibi teknik özelliklere sahiptir (Şekil 3.8; Şekil 3.9). Kapasitif alan sensörünün teknik özellikleri Çizelge 3.3.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Kapasitif sensör teknik özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Tipi	Silindirik
Konu boyutu	M30 x 1,5
Algılama aralığı	25 mm
Anahtarlama frekansı	50 Hz
Çıkış tipi	NPN
Koruma sınıfı	IP 67
Bağlantı tipi	M12 konnektör, 4-pin
Ayarlama	Potansiyometre, Duyarlılık
Malzeme	Plastik
Besleme gerilimi	10 V DC ... 36 V



Şekil 3.8. Kapasitif Sensör (CM30-25NPP-KC1)



Şekil 3.9. Kapasitif sensörün çalışma prensibi

3.1.4. GPS alıcısı

GPS alıcısı, tohum algılama sisteminde, tohumların GPS koordinatlarının belirlenmesi ve ilerleme hızının tespit edilebilmesi için kullanılmıştır. Bu nedenle, tohum algılama sisteminde pnömatik hassas ekim makinasının 1 ünitesinin üzerine Promark 500 GPS (Magellan Co., California, USA) alıcısı monte edilmiştir. GPS alıcısı, 75 kanal ve 20 Hz'e kadar veri çıkış hızına sahiptir. Promark 500, çoklu işletim modu, konfigürasyon, haberleşme modülü (UHF, GSM/GPRS, EDGE) ve protokol sunabilen esnek bir 3G GNSS alıcısıdır. Alıcı, üzerine yerleştirilen telefon sim kartı yardımıyla düzeltme sinyalleri alınmaktadır. Düzeltme sinyalleri ASAT (Antalya Su ve Atıksu İdaresi) istasyon ağından alınmıştır. (Şekil 3.10). Konum hassasiyetinin, katalog verilerine göre düzeltme sinyalleri ile milimetre seviyelerine indiği bildirilmiştir. Alıcı ile diğer elektronik cihazlar arasında RS-232, Bluetooth ve USB portu üzerinden NMEA 0183 veri transferi sağlanabilmektedir. GPS alıcı yardımı ile ölçüm yapılan noktanın coğrafik koordinatı, ilerleme hızı gibi bilgiler traktörün içindeki endüstriyel bilgisayarın seri portuna gönderilmiştir. GPS alıcısı ile bilgisayar arasında RS-232 seri haberleşme protokolü ve 9600 baud haberleşme hızı kullanılmıştır. GPS alıcısına ait teknik özellikler Çizelge 3.4'de verilmiştir. GPS alıcısı, sinyalleri kesintisiz olarak alabilmesini sağlamak amacıyla pnömatik hassas ekim makinasının üst ünitesine tohumların tam düştükleri konuma yerleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. RTK-GPS alıcısı



Şekil 3.11. RTK-GPS alıcısının pnömomatik hassas ekim makinasına yerleştirilmesi

Çizelge 3.4. RTK-GPS alıcısı teknik özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Uygulama	Jeodezik Alım Aplikasyon Uygulamaları, İnşaat Jeoloji, Jeofizik Uygulamaları, Hassas GIS Çalışmaları
Alıcı Tanımı	Çift frekanslı GNSS alıcısı
Kanal Sayısı	75
RTK Uzaklığı	100 km
RTK Hassasiyeti (Fix)	Yatay: 10 mm + 1 ppm Düşey: 20 mm + 1 ppm
RTK Hassasiyeti (Flying)	Yatay: 50 mm + 1 ppm Düşey: 200 mm + 1 ppm
Statik Ölçü Hassasiyeti	Yatay: 5 mm + 0,5 ppm Düşey: 10 mm + 1 ppm
Kinematik Ölçü Hassasiyeti	Yatay: 10 mm + 1 ppm Düşey: 20 mm + 1 ppm
SBAS	Yatay < 1 m
Radyo Modem	Magellan 430-470 Mhz
GSM/GPRS Modem	Magellan 4 bantlı GPRS/EDGE modem
Portlar	1 x RS-232, 1 x RS-422, 1 x USB, 1 x Bluetooth, PPS ve Event Marker
Veri Kayıt Aralığı	0.1 - 999 sn
Veri Giriş-Çıkış Tipleri	RTCM 2.3, RTCM 3.1, CMR, CMR+, Magellan ATOM, NMEA 0183, NTRIP, DBEN
Veri Çıkış Hızı	20 Hz

3.1.5. Endüstriyel bilgisayar

Tohum algılama sistemi üzerine yerleştirilen tüm elektronik tabanlı donanımların yönetilmesi ve birbirleri ile iletişimlerinin sağlanması için dokunmatik panel PC Jetway 10" /104BR-2930-4G marka bilgisayar kullanılmıştır (Şekil 3.12). Bilgisayar üzerindeki iletişim portlarının fazlalığı ve all – in – one teknolojisinden dolayı bu bilgisayar tercih edilmiştir. Bilgisayara ait teknik veriler Çizelge 3.5’de verilmiştir. Bilgisayar aşağıdaki amaçlar için kullanılmıştır;

- RTK-GPS alıcısının gönderdiği verileri toplamak ve depolamak
- Tohum algılama sensörü için gerekli olan kontrol verilerini üretmek
- Tespit edilen tohumların konum verilerini kayıt etmek
- Tohum algılama sisteminin yazılımının çalıştırılmasını sağlamak



Şekil 3.12. Jetway 10" /104BR-2930-4G Panel PC

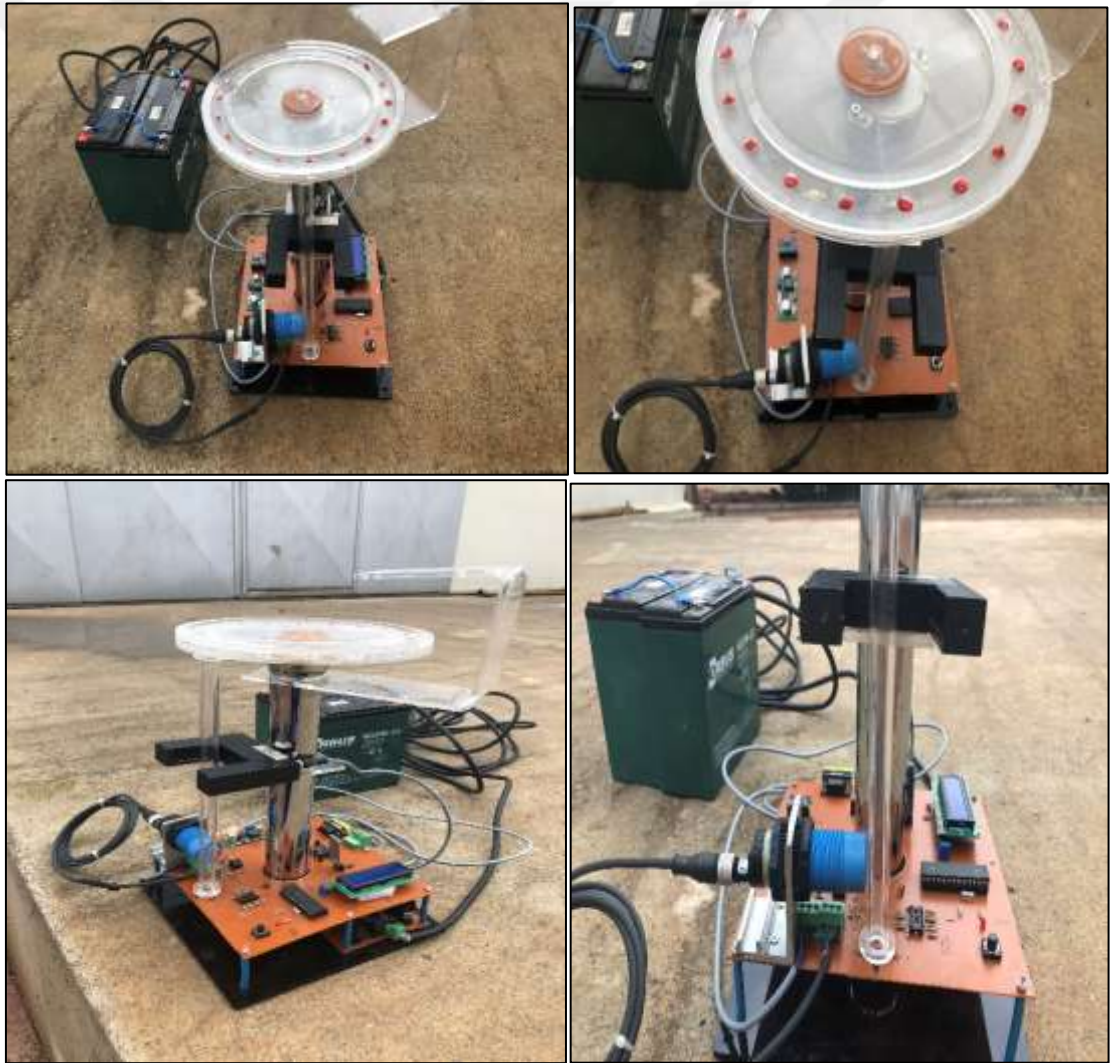
Çizelge 3.5. Endüstriyel Panel Bilgisayarının teknik özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Boyut	10.4" LED
Çözünürlük	800 x 600 @ 60Hz
Tepki Süresi	10 ms
Dokunmatik	5 telli resistif (mevcuttur)
CPU	INTEL BayTrail-M N2930 (1.83GHz - Quad core)
Harddisk	64Gb SSD Harddisk
Bellek	4Gb 1333Mhz DDR3 Ram
Bios	64Mb SPI Flash ROM
LAN	2 * INTEL I211AT Gigabit LAN
Boyutlar	284.0mm * 230.0mm * 37.0mm
Üstteki bağlantılar	2 x Wireless anten bağlantısı
Bağlantılar	1 x USB 3.0 2 x RJ-45 port (Gigabit LAN) 3 x USB 2.0 1 x RS232 2 x RS232/RS422/RS485 1 x Line-out 1 x DC-IN (9~24V, Euro Terminal Block)

Endüstriyel bilgisayar, traktör operatörü görüş hizasında 284x230 mm boyutlarında sistemi de kontrol edebilecek bir şekilde yerleştirilmiştir.

3.1.6. Tohum algılama sistemi laboratuvar deneme düzeni

Tohum algılama sisteminde kullanacak olan sensörler ilk olarak laboratuvar ortamında denenmiştir. Laboratuvarında, sensörlerin tohumu algılama kapasiteleri belirlenmiştir. 10 adet tohumda yapılan algılama çalışmasında kızılötesi alan sensörü tohumların hepsini tespit etmiştir. Tohumun hacim yoğunluğu çok küçük olduğu için kapasitif sensör tohumları tespit edememiştir. Fakat pnömatik hassas ekim makinasında tohumlar tek tek düştüğü için kapasitif sensör tohumların algılamasında yetersiz kalmıştır. Sistemde kızılötesi alan sensörünün kullanılarak laboratuvar ortamında ve tarla denemelerinde kullanılmıştır. Kızılötesi alan sensörünün laboratuvar ortamında hassasiyet ve uzaklık ayarları yapılmıştır. Sistem tarla denemelerine hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Laboratuvar ortamında deneme düzeni

3.1.7. Güç kaynağı

Sistemde yer alan tohum algılama ünitesinin enerji kaynağı olarak invertör daq kartta dalgalı akım sağladığı için akülerden sağlanmaktadır. Tohum algılama sisteminde kullanılan aküler 24 volt 33 amperdir. Aküler, tohum algılama sistemini besleyerek sensörlere de enerji vermektedir. RTK-GPS, Endüstriyel bilgisayar, traktörün aküsüne bağlanan 12 volta 220 volta 50-60 Hz arası şebeke elektriğine çeviren invertör aracılığı ile enerji almaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. İntertör ve tohum algılama sistemi aküsü

3.1.8. Pnömatik hassas ekim makinası

Denemelerde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde yer alan Sönmezler Tarım Makinaları San.ve Tic. Sti. (Adana) yapımı PM-01 model hava emişli 2 sıralı hassas ekim makinasının bir ünitesi kullanılmıştır (Şekil 3.15). Değişik tür ve cinslerdeki bitki tohumlarını istenilen sıra üzeri aralığında ekebilecek şekilde imal edilen makinanın ekici ünitesi düşey tohum plakasından oluşmaktadır.



Şekil 3.15. Sönmezler PM-01 model hassas ekim makinası

Denemede kullanılan pnömatik hassas ekim makinasının teknik özellikleri Çizelge 3.6’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Pnömatik hassas ekim makinasının özellikleri

TEKNİK ÖZELİKLER DEĞERLER	DEĞERLER
Toplam uzunluk (mm)	1900
Toplam genişlik (mm)	1550
Toplam yükseklik (mm)	1600
Ağırlık (kg)	200
Ekici ayaklar arası uzaklık (mm)	290-800
Tohum deposu hacmi (dm ³)	30.6
Kuyruk mili aspiratör iletim oranı	1/7
Aspiratör devir sayısı (d/min)	3150
Aspiratör kanat uzunluğu (mm)	700
Baskı tekerleği çapı (mm)	320
Kapatma Genişliği (mm)	145
Aspiratör basıncı (mbar)	130

Pnömatik hassas ekim makinasında, sıra üzeri mesafe, Z_1 ve Z_2 dişlilerini firmanın belirlemiş olduğu 11x24 dişli ile 20 cm olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.16). Çalışmada delik çapı 5 mm olan 32 delikli tohum plakaları kullanılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.16. Z_1 ve Z_2 dişlilerinin hareket iletimi



Şekil 3.17. Ekici düzen (32 delikli plaka)

3.1.9. Tohum

Çalışmada DEKALB firmasının çimlenme oranı yüksek DKC6442 nolu silajlık mısır (*Zea mays*) tohumları kullanılmıştır (Şekil 3.18). Tohumlara ilişkin bazı fiziksel özellikler Çizelge 3.7’ de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Tohumlarının Fiziksel Özellikleri

Tohum	Boyutlar(mm) Std. sapma			Geometrik ortalama çap (mm)	Küresellik (%)	BDA (g/1000 toh.)
	x	y	z			
Mısır	10.12 $\pm$ 0.43	8.47 $\pm$ 0.54	5.10 $\pm$ 0.24	7.59 $\pm$ 0.38	75 $\pm$ 0.37	229.3

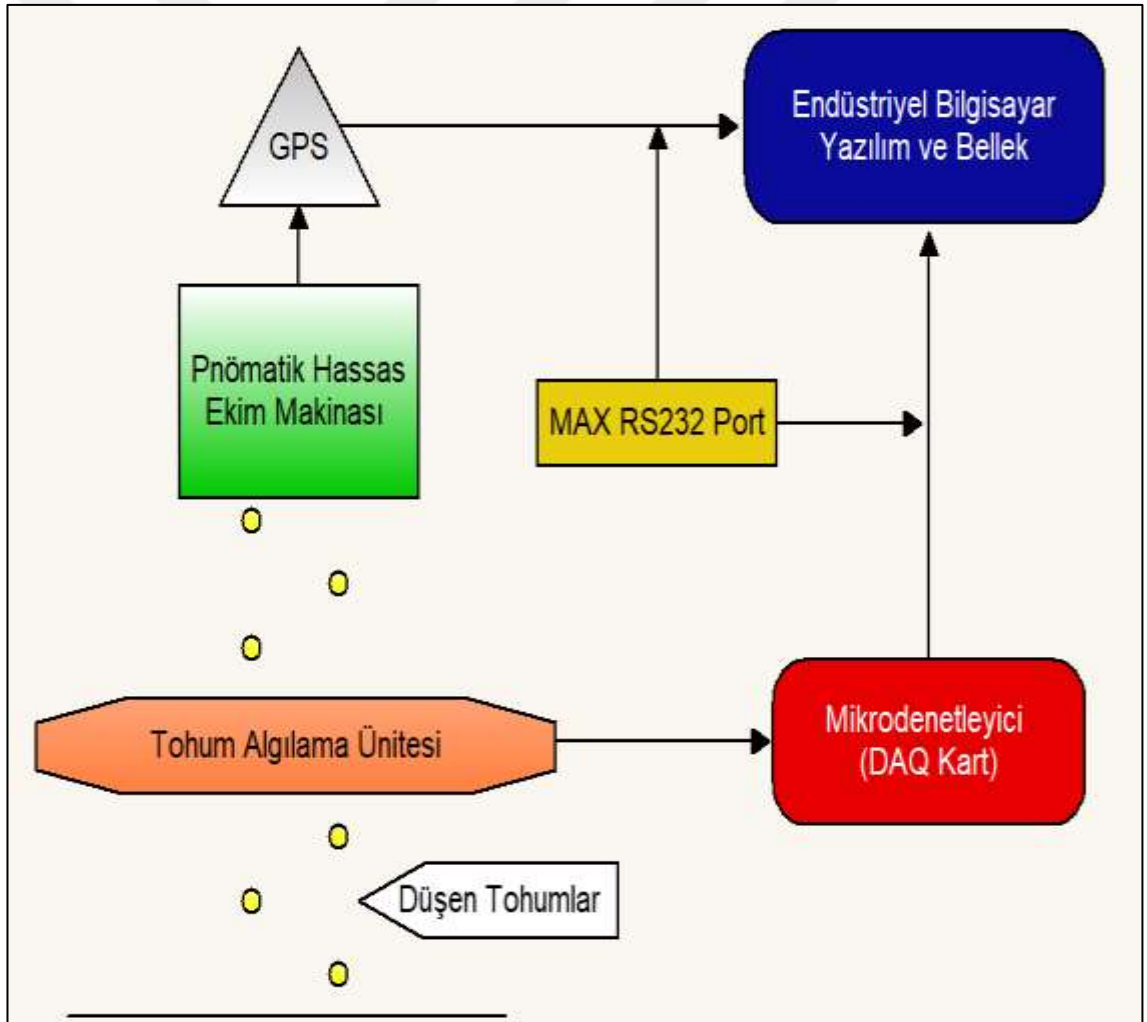
x= tohum uzunluğu, y= tohum genişliği, z= tohum kalınlığı



Şekil 3.18. Denemelerde kullanılan tohumlar

3.2.Metot

Bu çalışmada, pnömatik hassas ekim makinası ile mısır ekiminde tohumların sensörler yardımıyla algılanması, RTK-GPS yardımıyla koordinatlarının belirlenmesi ve tohumların konum haritasının çıkarılması amaçlanmıştır. Elektronik tabanlı GPS destekli tohum algılama sisteminde pnömatik hassas ekim makinası, mikrodnetleyici ünitesi, tohum algılama ünitesi ve bilgisayar gibi ana kısımlardan meydana gelmiştir (Şekil 3.21; Şekil 3.22). Sistem, ekim sırasında pnömatik hassas ekim makinasının balta tipi ayağına yerleştirilen algılayıcılar aracılığı ile tohumları algılamaktadır. Tespit edilen tohumlar, tohum algılama sistemiyle anlamlı veri haline getirilip endüstriyel bilgisayara iletilmektedir. Anlık olarak gelen verilerin RTK-GPS yardımı ile konumları tespit edilmiştir. Tohum koordinatlarının doğruluğu ise tohumlar çimlenmeye başladıktan sonra tek tek konumları alınarak karşılaştırılması yapılmıştır. Bu ölçüm tekniğinde ekim makinasının yapısı fonksiyonel özelliklerin yanı sıra, toprak koşulları, tohum özellikleri ve hava koşulları da etki etmekte, elde edilen sonuçlarda yanıltıcı olabilmektedir (Karayel 2007).



Şekil 3.19. Tohum algılama sistemi blok diyagramı



Şekil 3.20. Elektronik tabanlı tohum algılama sistemi

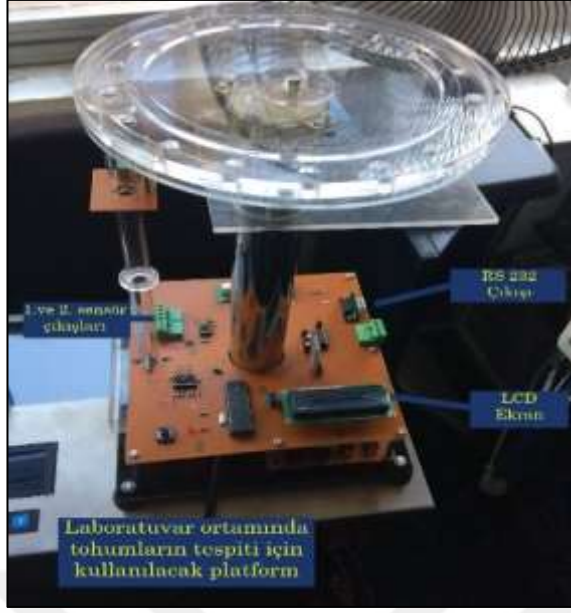
Ekim makinasından serbest şekilde düşürülen tohumlar, balta tipi gömücü ayağa yerleştirilen kızılötesi alan sensörü yardımıyla algılanmıştır. Algılayıcıdaki tohumla ilgili veriler ve bilgiler, tasarlanan uygun programla mikrodnetleyici ünitesinde değerlendirilmiştir ve endüstriyel bilgisayara RS232 portu yardımıyla gönderilmiştir.

3.2.1. Yazılım

Mikrodnetleyici ünitesinde 18F877 tipi entegre kullanılmıştır. Geliştirilmiş olan test cihazı pnömatik hassas ekim makinasından serbest şekilde düşen tohumu sayma, tohumları tespit etme işlemini yapmaktadır (Şekil 3.21). Tasarlanan bu sistem ilk olarak laboratuvar ortamında tohumları tespiti için denenmiştir ve daha sonra tarla koşullarına uygun bir şekilde geliştirilmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.21. Tohum algılama sistemi görüntüsü



Şekil 3.22. Laboratuvar ortamında hazırlanan tohum algılama sistemi

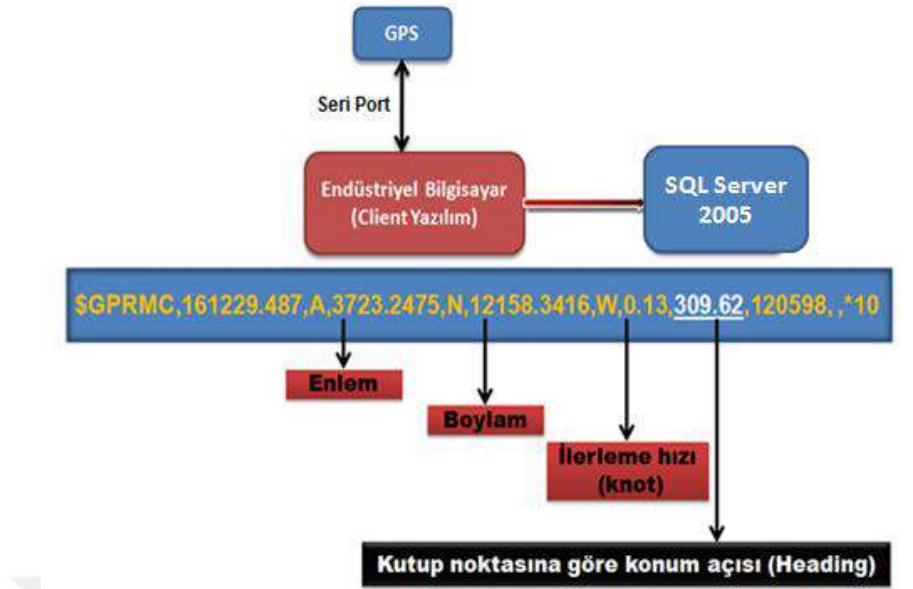
Mikrodenetleyicideki ve GPS ‘teki veriler RS-232 seri portu yardımı ile bilgisayarın seri portuna gelmektedir. Microsoft Visual Studio programında gösterdiği değerler kartta tasarlanan programla Microsoft Access Database (.mdb) uzantılı şekilde kayıt edilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Tohum algılama sistemi yazılım görüntüsü

3.2.2. GPS verilerinin işlenmesi

Tohum algılama sisteminde tohumların konumlarının belirlenebilmesi için RTK-GPS alıcısı kullanılmıştır. Tohum algılama ünitesinden gelen veriler doğrultusunda anlık olarak seri port üzerinden coğrafi konum verisi bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Endüstriyel bilgisayar için geliştirilmiş olan Client yazılım, NMEA 0183 formatındaki konum bilgilerini UTM formatına çevirerek SQL Server 2005 veri tabanına depolamaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. GPS verilerinin depolanması

GPS verilerinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş olan Client yazılımda, alıcının göndermiş olduğu verileri “\$GPRMC” ile bağlayan veri kümesi kullanılmıştır. GPS alıcılarının diğer elektronik aygıtlara göndermiş olduğu NMEA formatındaki veri kümelerinin her biri “\$” karakteri ile başlar ve sonrasındaki 5 karakter, gelen verinin tipini belirlemektedir. “\$GPRMC” ile bağlayan veri kümesi, zamansal ve mekânsal bilgileri içerisinde bulunduran kullanışlı bir veri kümesi olması nedeniyle tercih edilmiştir. Çalışmada, GPS alıcısının 20 ms aralıklarla Client yazılıma “\$GPRMC” veri kümesinin gönderilmesi sağlanmıştır. “\$GPRMC” veri kümesinin işlenmesi ve navigasyon amaçlı kullanılabilmesi için 3 adımdan oluşan bir algoritma kullanılmıştır. “\$GPRMC” veri kümesi, araları birbirinden virgüllerle ayrılmış 11 farklı bilgi içermektedir. Bu sebeple, birinci adımda alıcıdan gelen “\$GPRMC” veri kümesi yazılımda kullanılan Split fonksiyonu ile virgüllerinden ayrıştırılmış ve her bir bilgi içeriğini ayrı şekilde kullanabilmek için, bir dizi değişkenine aktarılmıştır. Dizi değişkeni içerisine aktarılan ve konum belirleme için önemli olan enlem ve boylam bilgileri, NMEA formatının özellikleri nedeniyle derece, dakika ve desimal dakika formatında alınabilmektedir. Birçok uygulama için bu format uygun olsa da, verilerin haritalandırılması ve üzerinde matematiksel hesaplamaların yapılmasında uygun değildir. Bu sebeple, enlem ve boylam bilgilerinin derece - dakika formatındaki ızgara koordinatından, metrik ölçülere sahip harita projeksiyonlarına çevrilmesi gerekmektedir. Metrik ölçülere sahip harita projeksiyonlarından en yaygın kullanılanı ise UTM projeksiyon sistemidir. UTM sistemi, jeodezik koordinatlarla ilişkili olup konum ölçümünde enlem ve boylam bilgilerini dünya üzerindeki gerçek ölçülere göre vermektedir. Dolayısıyla, algoritmanın ikinci adımında derece – dakika formatındaki enlem ve boylam bilgileri UTM formatına çevrilmiştir. Algoritmanın son adımında ise elde edilen tüm bilgiler SQL Server 2005 veritabanı içerisine depolanmıştır. Bu sayede, çalışma sonrası, ofis ortamında çalışma ile ilgili incelemelerin harita üzerinde değerlendirme imkânı sağlanmıştır (Ünal 2012).

3.2.3. Tohum algılama ünitesi ve kullanılan algılayıcıların yerleşimi

Tohum algılama ünitesinde kullanılan kızılötesi alan sensörü pnömatik hassas ekim makinasının balta tipi gömücü ayağına yerleştirilip tohumların algılanması sağlanmıştır. Kızılötesi alan sensörü, arasından geçen 0,5 mm'den büyük her tohumu algılayabilme kapasitesindedir. Sensör, saniyede 50 adet tohum algılayabilme kapasitesindedir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Kızılötesi alan sensörü

Çalışmada yapılan tohum algılama sisteminde, kızılötesi alan sensörünün genişliği balta tipi gömücü ayağından büyük olduğu için kızılötesi alan sensörünün yerleşebileceği yuva açılarak monte edilmiştir. Serbest olarak düşen tohumların kızılötesi alan sensörünün içinden geçmesi sağlanmıştır (Şekil 3.26).



Şekil. 3.26. Balta tipi gömücü ayağa kızılötesi alan sensörün yerleştirilmesi

3.2.4. Tarla denemeleri

Denemeler Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Aksu Araştırma ve Uygulama merkezinde yapılmıştır. Sistemde tohumlar arası uzaklık, tohum algılama sistemiyle anlık olarak RTK-GPS yardımı ile 3 farklı hız denemesinde belirlenmiştir. (Şekil 3.27).

Tarla denemeleri 1 m/s, 1,5 m/s ve 2 m/s'lik ilerleme hızlarında yürütülmüştür. İlerleme hızları RTK-GPS yardımı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.27. GPS destekli tohum algılama sistemi

3.2.5. Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi

Tarla denemelerinde, tohum algılama sistemi yardımıyla tohumlar tarlaya koordinatları tespit edilerek ekilmiştir. Manuel Perez-Ruiz ve ark. (2011) yapmış olduğu çalışmada RTK-GPS ve sensörler yardımıyla fide dikim makinası ile fideleri tarlaya dikmiştir. Daha sonra dikilmiş olan fidelerin konumlarının doğruluğunu tespit etmek amaçlı RTK-GPS ile rastgele seçilmiş olan 2 m'lik yerlerden örnek konumları tespit ederek doğrulama işlemini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada yapılan doğruluk testi dikkate alınarak üç farklı ilerleme hızı ile tarla denemeleri gerçekleştirilmiştir. RTK-GPS yardımı ile rastgele seçilmiş olan 3 farklı bölgeden 10 metre mesafede koordinat bilgileri alınarak sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü hesaplanmaya çalışılmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Tohumların koordinatlarının belirlenmesi

3.2.6. Sıra üzeri tohum aralığının hesaplanması

Manuel Perez-Ruiz vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada fide dikim makinası ile GPS destekli Fide dikim makinasıyla dikilen fidelerin daha sonra ekilen fidelerin konumlarını tespit ederek iki koordinat arası uzaklığı bularak bırakılan fide ile gerçek bitki konumlarındaki arasındaki farkı tespit etmişlerdir.

Elektronik tabanlı tohum algılama sisteminden ardışık düşen tohumların koordinatları RTK-GPS yardımı ile tespit edilmiştir. İki tohum arasındaki uzaklık ölçümünü iki konum arasındaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

$$|AB| = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

- AB : İki konum arasındaki uzaklık (m)
- x_1 : İlk tohumun enlem noktası (m)
- x_2 : İkinci tohumun enlem noktası (m)
- y_1 : İlk tohumun boylam noktası (m)
- y_2 : İkinci tohumun boylam noktası (m)

$$v = AB * t \quad (3)$$

- v : İlerleme hızı (m/s)
- t : İki tohum arasındaki geçen süre (s)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

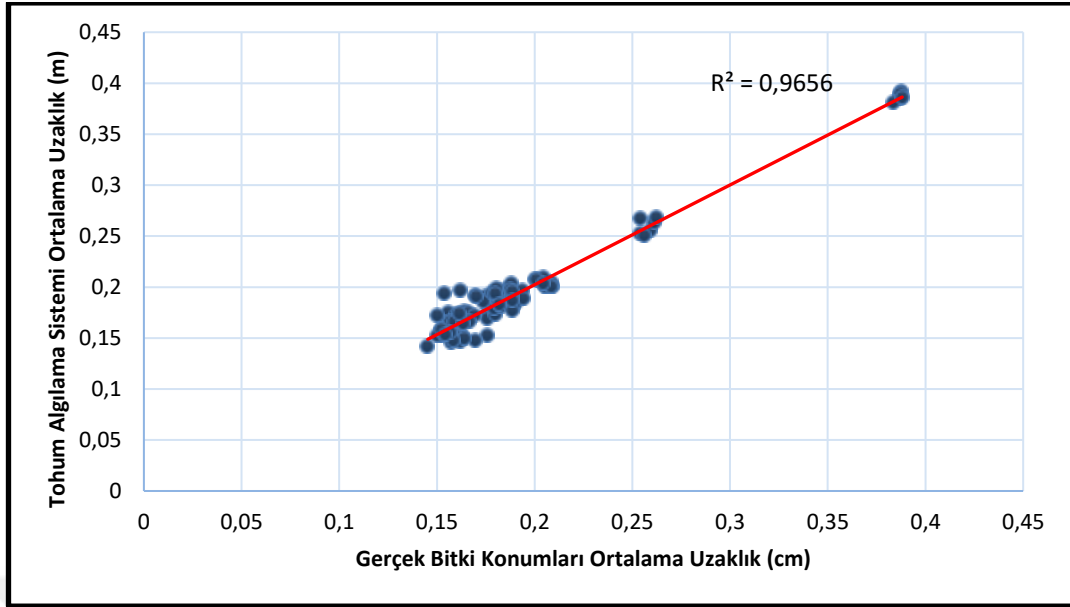
4.1. Sıra Üzeri Tohum Dağılımına Etkili Parametreler

Bu çalışmada, üç farklı ilerleme hızında, tohum algılama sistemi çimlenen gerçek bitkilerin konumları karşılaştırılmıştır. Yapılan denemelerde tohum algılama sisteminde tespit edilmiş olan konumların ortalama uzaklıkları, gerçek bitki konumları belirlenmiştir.

Tohum algılama sisteminde tespit edilen koordinatlar ile gerçek bitki konumları değerleriyle regresyon grafiği oluşturulmuştur. Karayel vd. (2005) yapmış oldukları çalışmada yapışkan bant ile yüksek hızlı kamera ile grafik oluşturarak korelasyon sonuçlarını incelemişler ve buğday ve soya fasulyesiyle 0,96 ile 0,97 başarı elde edilmiştir. Ünal vd. (2012) yapmış oldukları çalışmada ise piyasada bulunan iki farklı GPS 'si düz bir çizgide karşılaştırılmasını yaparak korelasyon değerlerini bulmuşlardır. Piyasada hassasiyet oranlarına göre farklı GPS 'ler yer almaktadır. Hassasiyeti yüksek olan Magellan Promark 500 farklı hızda oldukça hassas sonuç vermiştir. Garmin Etrex Legend ve Magellan Promark 500 GPS 'lerinin korelasyon değerleri birbirine oldukça yakındır. Harita üzerinde gösterimde yatay noktalar birbirine çok yakın elde edilirken dikey noktalar farklılık göstermiştir. Yiğit (2006) yapmış olduğu çalışmada ise elektronik tabanlı ölçüm sistemi ile yapışkan bantlı sistemi karşılaştırarak korelasyon değerlerini tespit etmiştir. Elektronik tabanlı ölçüm sisteminde fiber optik sensörleri kullanarak yapışkan banta serbest bir şekilde düşürüp tohum dağılım düzgünlüğünü hesaplamaya çalışmıştır. Elektronik tabanlı ölçüm sistemi ile yapışkan bantlı sistem farklı hızlarda ve farklı tohum sayılarında denemeler yapılmış, ortalama korelasyon değeri ise 0.7735 tespit edilmiştir.

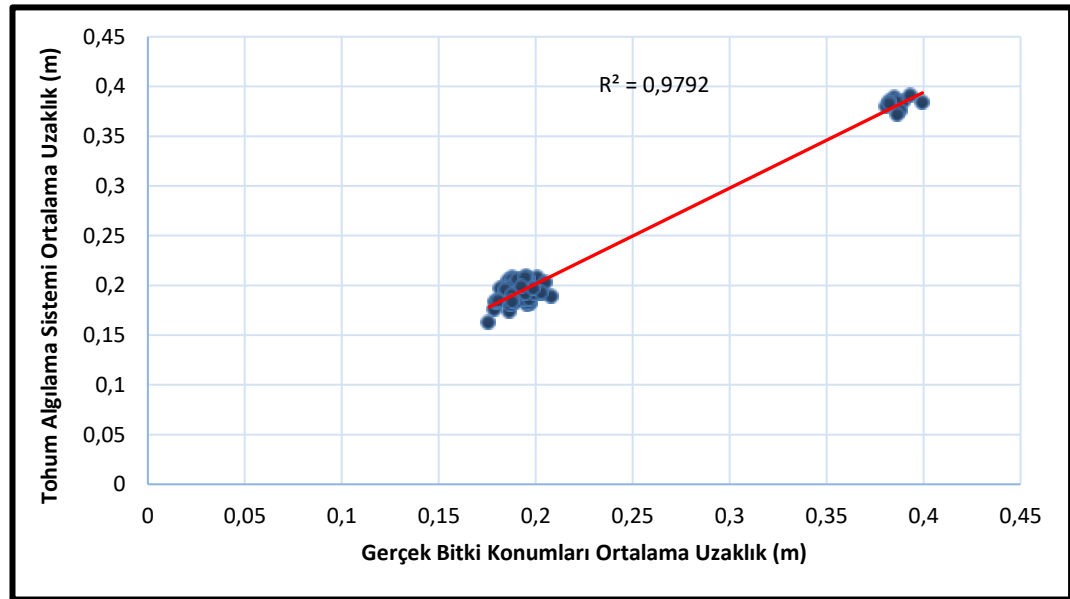
Bu çalışmada, yapılmış olan çalışmaları dikkate alarak tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları regresyon grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafiklerde tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları regresyon değerleri 1'e yakın olması beklenmektedir. Ortalama uzaklıklarda en iyi sonuç 1,5 m/s ilerleme hızında regresyon katsayısı 0,9792 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bu değer ortalama uzaklıkların birbirine yakın olduğunu göstermektedir. 1 m/s ilerleme hızında ise regresyon katsayısı 0,9667 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Sistemde 2 m/s ilerleme hızında ortalama uzaklık regresyon katsayı 0,9664 değerinde tespit edilmiştir (Şekil 4.3).

İlerleme hızı 1 m/s deki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının regresyon grafiği Şekil 4.1 de gösterilmektedir. Bu grafikte tohumlar arası uzaklıklar çoğunlukla 0,15 ile 0,2 m değerlerinde toplanmıştır. Bazı konum değerleri 0,25 m değerinde toplanmıştır. Bu değer ise ortalama sıra üzeri uzaklık değerini değiştirmektedir. Tohum algılama sistemi ile elde edilen ortalama sıra üzeri uzaklığı 19,10 cm gerçek bitki konumları ile elde edilen ortalama sıra üzeri uzaklığı ise 19,35 cm olarak belirlenmiştir.



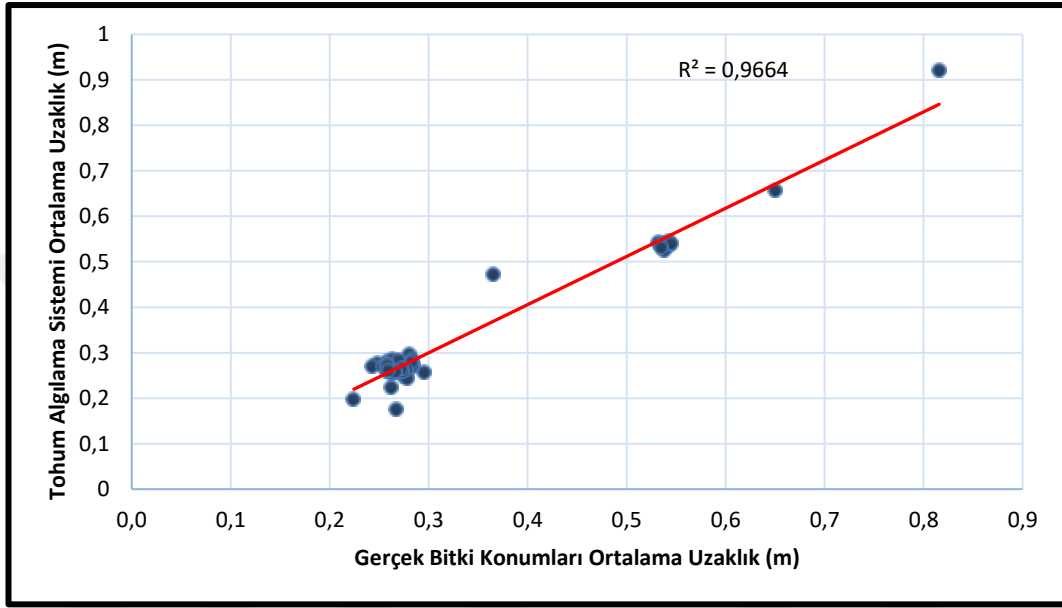
Şekil 4.1. 1 m/s ilerleme hızı tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının ortalama uzaklık regresyon grafiği

İlerleme hızı 1,5 m/s'deki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının regresyon grafiği Şekil 4.2.'de gösterilmektedir. Bu grafikte tohumlar arası uzaklıklar çoğunlukla 0,2 m değerinde toplanmıştır. Fakat bazı tohumlarda tekdüzelik yaşanmadığı için aralarda atlamalar olmuştur. Bunlar pnömatik hassas ekim makinasından, sıyırıcılardan, tohumdan kaynaklı olabilmektedir. Bu yüzden bazı tohumların değerleri 0,4 m'de tespit edilmiştir. Bu değer ise boşluk oranını önemli derecede etkilemiştir. Tohum algılama sistemini ile elde edilen ortalama sıra üzeri uzaklığı 20,94 cm, gerçek bitki konumları ile elde edilen ortalama sıra üzeri uzaklığı ise 21,06 cm olarak belirlenmiştir.



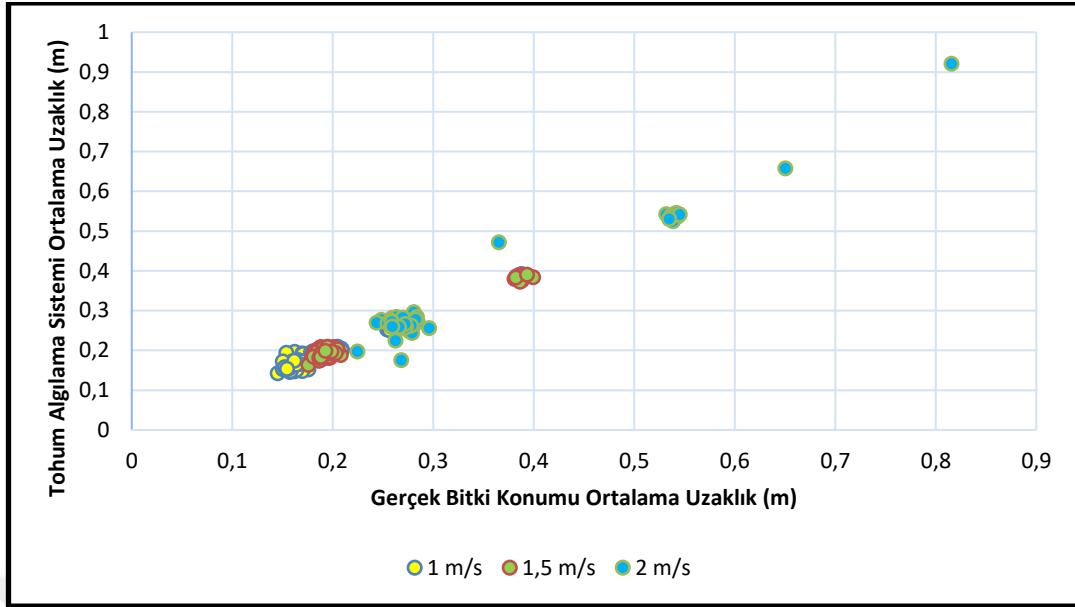
Şekil 4.2. 1,5 m/s ilerleme hızı tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının ortalama uzaklık regresyon grafiği

İlerleme hızı 2 m/s deki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının regresyon grafiği Şekil 4.3.'de gösterilmektedir. Bu grafikte tohumlar arası uzaklıklar çoğunlukla 0,2 - 0,3 m toplanmıştır. Fakat bu grafikte oldukça yüksek değerlerde tespit edilmiştir ve çok büyük sapmalar meydana gelmesinin nedeni ilerleme hızı yükseldikçe ekim plakasında tohumları savurma, toprakta sürüklenme gibi birçok nedenden kaynaklı olabilmektedir. Tohum algılama sistemini ile elde edilen ortalama sıra üzeri uzaklığı 30,59 cm gerçek bitki konumları ile elde edilen ortalama sıra üzeri uzaklığı ise 30,60 cm olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. 2 m/s ilerleme hızı tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının ortalama uzaklık regresyon grafiği

Tarla denemelerinde tohum algılama sistemi ile rastgele seçilmiş olan gerçek bitki konumlarının tüm ilerleme hızlarını içeren grafiği Şekil 4.4 de verilmiştir. Bu grafikte tüm ilerleme hızlarının ortalama sıra üzeri bitki uzaklıkları 0,15-0,3 m arasında toparlandığı görülmektedir. 1 m/s ve 1,5 m/s ilerleme hızlarının beklenen 0,2 m sıra üzeri uzaklıklarına en yakın sonuçların olduğunu göstermektedir. Fakat ilerleme hızı 2 m/s deki denemelerde oldukça yüksek sıra üzeri uzaklıklar belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Tüm ilerleme hızlarındaki ortalama uzaklık değerleri

Gerçek bitki konumları ve tohum algılama sistemi ile ölçülen sıra üzeri uzaklıkları istatistiksel olarak karşılaştırmak için bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Yapılan t-testi sonucu elde edilen veriler Çizelge 4.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Tohum algılama sisteminin uzaklık parametreleri

İlerleme Hızı (m/s)	Df (Serbestlik Derecesi)	t	Önemlilik
1	198	-0,318	0,926
1,5	206	-0,136	0,892
2	198	-0,009	0,993

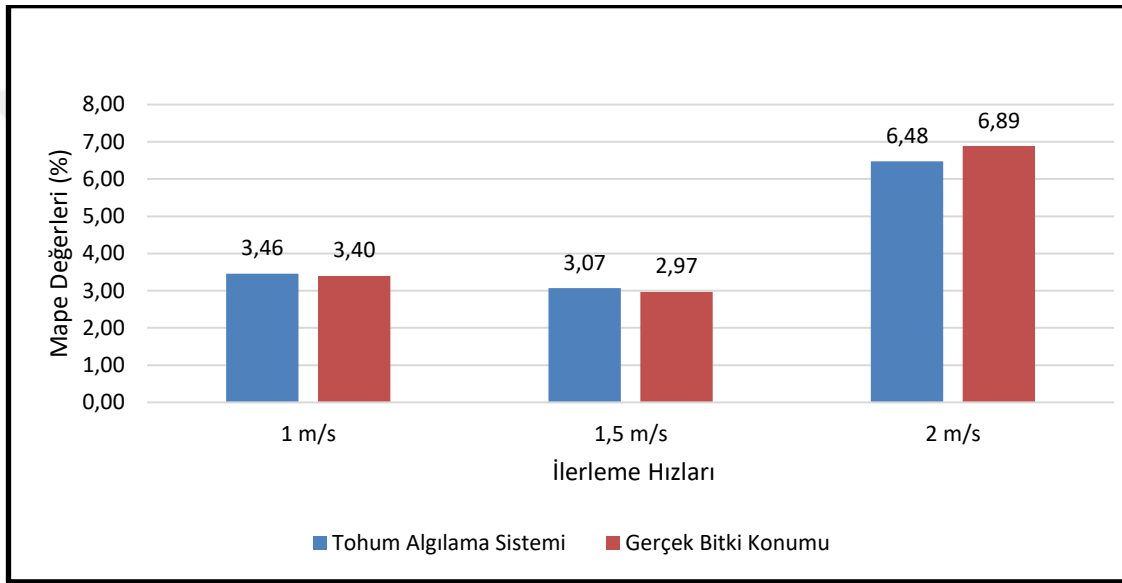
Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi t-testi sonuçlarına göre gerçek bitki konumu ve tohum algılama sistemi ile ölçülen sıra üzeri uzaklıklar arası farklılık istatistik olarak önemsizdir. Ortalama sıra üzeri uzaklık, ortalama standart hata ve standart sapma değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tohum algılama sisteminin ve gerçek bitki konum değerlerinin ortalama sıra üzeri uzaklık ve ortalama standart hata ve standart sapma değerleri

	İlerleme Hızı (m/s)	Ortalama Sıra Üzeri Uzaklık (cm)	Standart Hata (cm)
Tohum Algılama Sistemi	1	19,10 $\pm$ 0,56	0,56
Gerçek Bitki Konum Değerleri		19,35 $\pm$ 0,56	0,56
Tohum Algılama Sistemi	1,5	20,94 $\pm$ 0,56	0,56
Gerçek Bitki Konum Değerleri		21,06 $\pm$ 0,56	0,55
Tohum Algılama Sistemi	2	30,59 $\pm$ 1,03	1,03
Gerçek Bitki Konum Değerleri		30,60 $\pm$ 1,11	1,11

Çizelge 4.2’te görüldüğü gibi standart hatalar ve standart sapma değerleri yapılan denemelerde oldukça az olduğu tespit edilmiştir. 1,5 m/s ilerleme hızında standart hata, standart sapma ve regresyon değerleri diğer hızlar göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Sistemin en başarılı olduğu ilerleme hızı Çizelge 4.2.’de de görüldüğü gibi 1,5 m/s olarak belirlenmiştir.

Sistem başarısını belirlemek için doğrusal orantılı ilişki kendi başına yeterli değildir. Bu yüzden tohum algılama sistemi ortalama yüzde mutlak hata (MAPE) ile test edilmiştir (Şekil 4.5). Sistem genel olarak önemsiz seviyede tespit edilmiştir. Fakat ilerleme hızı 2 m/s de ortalama yüzde mutlak hata değeri diğer değerlere göre daha yüksek elde edilmiştir. Bunun nedeni ise olması gereken ortalama sıra üzeri uzaklık değerinden fazla sapmasından kaynaklanmaktadır. Ortalama yüzde mutlak hata en düşük ilerleme hızı 1,5 m/s da tespit edilmiştir.

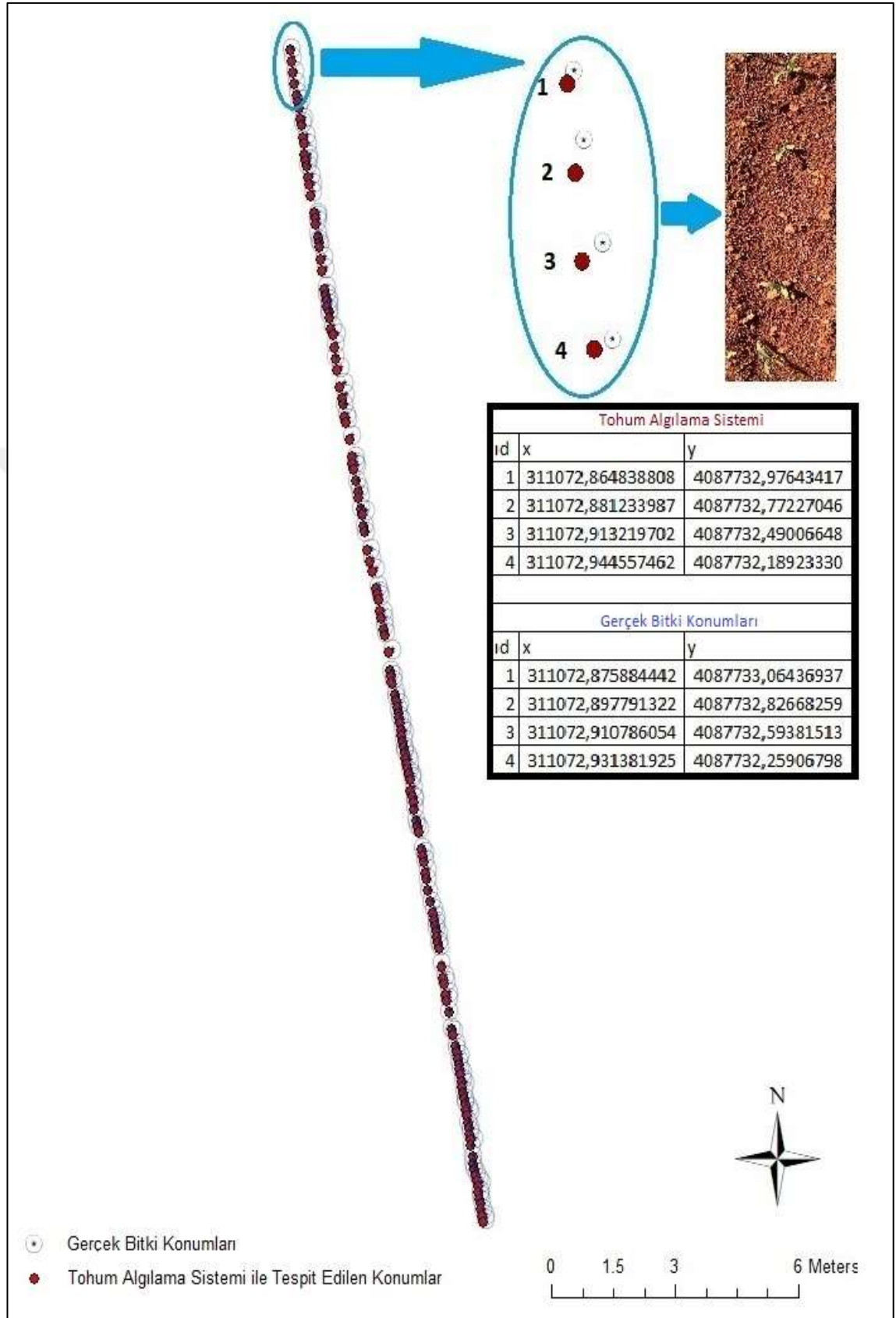


Şekil 4.5. İlerleme hızına göre ortalama yüzde mutlak hata (MAPE) değerleri

Sistem ile genel olarak bütün ilerleme hız denemelerinde oldukça yüksek başarı sonucu elde edilmiştir. Fakat ilerleme hızı 2 m/s’de istenilen sıra üzeri uzaklık ortalama uzaklık oldukça yüksek belirlenmiştir. Bunun nedeni traktör hareket halinde iken tohumun toprağa bırakıldığında sürüklenmesi, topraktan sekmesi, hava koşulları, kaymak tabakası, toprak yapısı, tohum, pnömatik hassas ekim makinası ve sıyırıcılar gibi birçok faktöre bağlı olduğu söylenebilir.

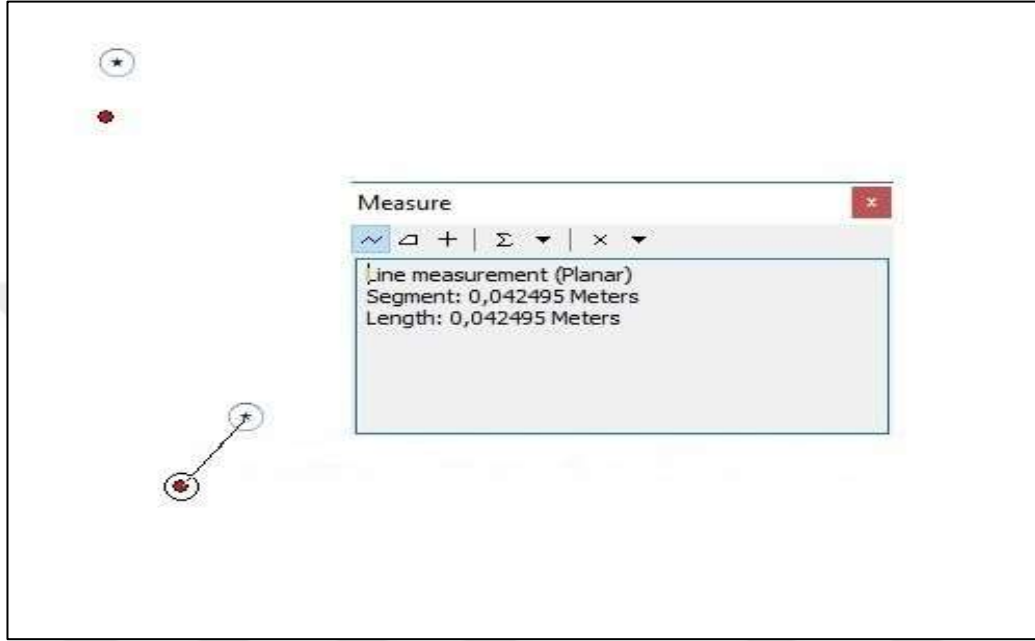
4.2. Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğünün Haritalanması

Tohum algılama sistemi ile tespit edilen tohumlar ile tohumlar çimlendikten sonra rastgele seçilmiş olan 10 metrelik 3 bölgeden RTK-GPS ile konumları alınarak doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları ilerleme hızına bağlı olarak Arcgis 10 programı yardımı ile haritalandırılmıştır (Şekil 4.6; Şekil 4.9; Şekil 4.10).

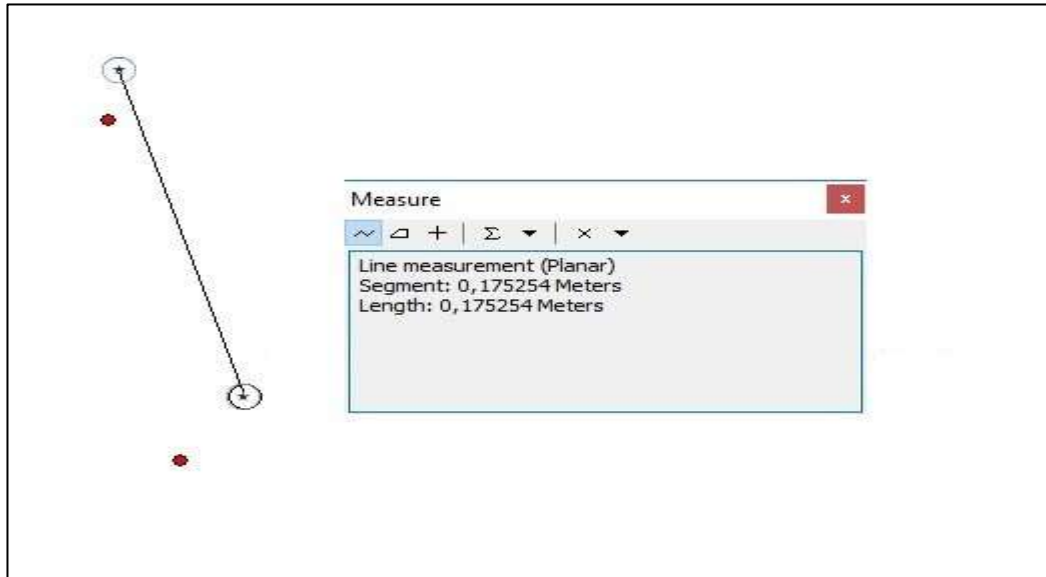


Şekil 4.6. 1 m/s ilerleme hızındaki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları

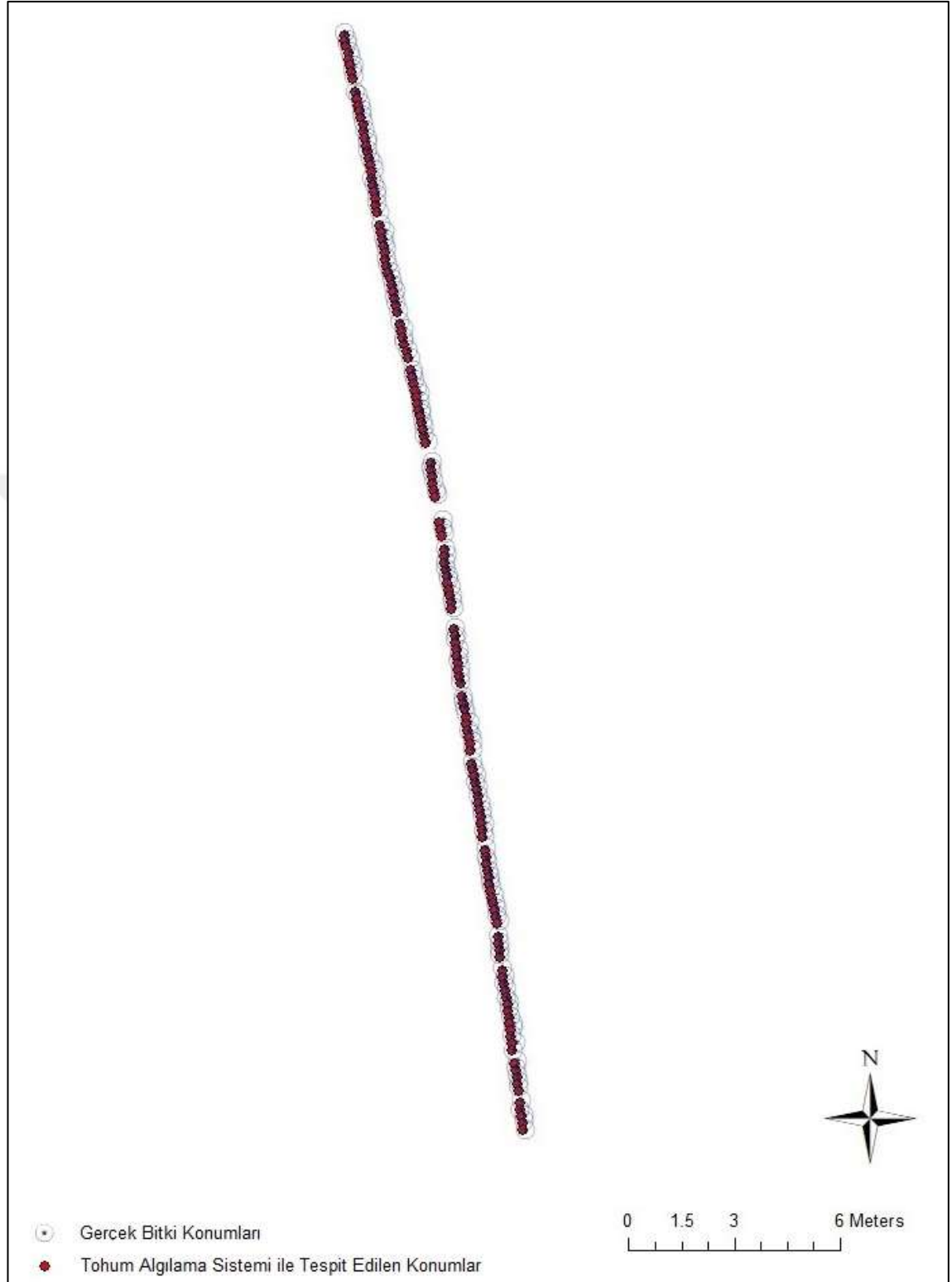
1 m/s ilerleme hızında tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumlarının sıra üzeri tohumlar arasında uzaklık değerlerinde çok yüksek farklılıklar görülmemektedir. Fakat tohumlara yaklaşıldıkça tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları arasındaki farklılıklar gösterilmektedir (Şekil 4.7). Haritada rastgele seçilmiş olarak 1 m/s ilerleme hızındaki bölgede iki tohum arasındaki rastgele seçilmiş olan bir bölgedeki uzaklığı 4,25 cm olarak tespit edilmiştir. Bitkilerin rastgele seçilmiş olan bir bölgeden büyütüldüğünde ortalama sıra üzeri uzaklık 17,53 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.8).



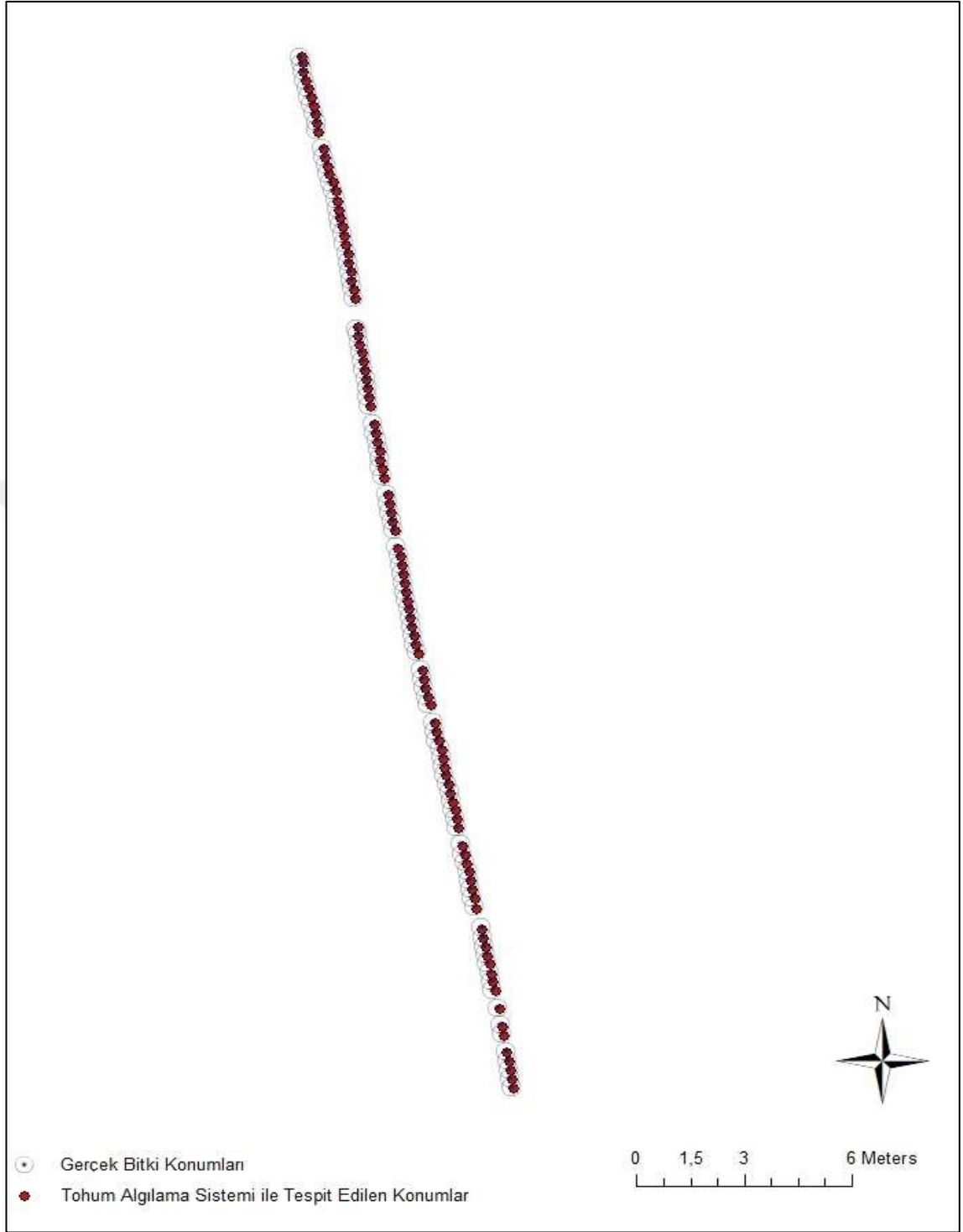
Şekil 4.7. 1 m/s ilerleme hızında tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları arası uzaklık



Şekil 4.8. 1 m/s ilerleme hızında gerçek bitki konumları arasındaki ortalama sıra üzeri uzaklık



Şekil 4.9. 1.5 m/s ilerleme hızındaki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları



şekil 4.10. 2 m/s ilerleme hızındaki tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları

İlerleme hızı 1,5 m/s olan denemede en iyi sonuç elde edilmiştir. Diğer hızlarda ise ilerleme hızına bağılı olarak tohumları hızlı düşürme ve hızdan dolayı tohumların toprakta sekmesi gibi nedenlerden dolayı tohumdaki koordinatlarda sapmalar meydana gelmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu araştırmada pnömatik hassas ekim makinalarında kullanılmak üzere ardışık tohumlar arası uzaklığı ölçebilen, algılayıcı, mikrodenetleyiciler ve bilgisayardan meydana gelen tohum algılama sistemiyle geliştirilmiştir. Geliştirilen tohum algılama sistemi, düşen tohumları algılayıcılar tespit etmektedir. Ardışık düşen tohumların algılayıcılar yardımıyla tespit edilip mikrodenetleyici ünitesinden bilgisayara veri gönderilecek anlık olarak RTK-GPS yardımı ile tohumların konumları tespit edilerek tohumlar arası uzaklık belirlenmiştir.

Tohum algılama sisteminin güvenilirliği, algılayıcıyla gerçek bitki konumları ile belirlenen, ortalama sıra üzeri uzaklık değerleri karşılaştırılarak yapılmıştır.

Çalışmada mısır tohumları kullanılarak pnömatik hassas ekim makinasından düşürülen tohumların ardışık aralıkları, geliştirilen tohum algılama sistemi ile belirlenmiştir. Aynı zamanda çimlenen tohumların RTK-GPS yardımıyla gerçek bitki konumları belirlenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Ortalama sıra üzeri uzaklık değerleri dikkate alındığında en başarılı sonuç 1,5 m/s ilerleme hızında elde edilmiştir. Yapılan denemelerde, ortalama yüzdesel mutlak hata (MAPE) oranı farklı ilerleme hızlarında tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumları arasında çok yüksek farklılıklar görülmemiştir. Tohum algılama sistemi ile gerçek bitki konumunda 1,5 m/s ilerleme hızındaki regresyon değeri (R^2) 0,9792 olarak belirlenmiştir. Regresyon değerinin 0.9792 olarak elde edilmesi sistemin gerçek bitki konum değerleri ile yakın ilişkili olduğu anlamına gelmektedir. Günümüz koşullarında tohumlar arasını metre ile ölçmek yerine RTK-GPS yardımı ile konumlarını tespit ederek sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü belirlenmiştir.

Tohum algılama sisteminin ekim makinalarının etkinliklerinin (tohum aralığı, tohumların koordinatlarının bilinmesi, atılan tohum miktarı gibi) belirlenmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonuçları göz önüne alınarak bundan sonraki çalışmalar için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır.

- Hata oranının azaltılması için elektronik tabanlı ölçüm sisteminde tasarlanan mikrodenetleyici entegresinde tasarlanan programdaki zaman gecikmelerinin en aza indirilmesi,
- Tohumların geçtiği bölgeler iyi analiz edilmeli ve algılayıcılar uygun yere yerleştirilmeli,
- RTK-GPS sisteminin uygun konumda, bulutluluk oranının, CORS ağının ve hassasiyetinin doğru bir şekilde ayarlanması
- Tohumları algılayabilecek kapasitede algılayıcılar seçilmesi,
- Algılayıcı teknolojisinin gün geçtikçe gelişmesi ile daha az hata ile ekim makinalarına uygun hale getirilerek test edilebilmektir.
- Tasarlanan tohum algılama sisteminin performansını test edebilmek için cihazın farklı tohumlar ve farkı makinalarda kullanılması.

6. KAYNAKLAR

- Acar, İ. A. 2001. “Pnömatik hassas ekim makinalarında tohumların tutulmasına etkili bazı parametrelerin etki derecelerinin belirlenmesi”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7 (3): 142-148.
- Alkan, R.M. 1998. Prezisyonlu hidrografik çalışmalar için gps yöntemi ile bat-çık (heave) etkisinin giderilmesi. Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altuntaş, E., Çetin, M., Taşer, Ö.F. 1999. “Kombine ekim makinasında farklı ekim normları ve ilerleme hızlarının sıra üzeri tohum dağılımına etkileri”, *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16: 119-129.
- Altuntaş, E, Polatçı, H., Bayram, E. 2007. “Kombine ekim makinasında farklı ekim normları ve ilerleme hızlarının buğday ve fiğ tohumlarının sıra üzeri ve sıralar arası tohum dağılım düzgünlüğüne etkileri” *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (2): 57-65.
- Akıncı, İ. 2010 Tarım makinaları ders notları, Akdeniz üniversitesi, Antalya.
- Anonymous 1 <http://diyot.net/sensor-cesitleri-nelerdir>
[Son erişim tarihi: 01.Şubat.2017].
- Anonymous 2 http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sens%C3%B6rler%20Ve%20Transduserler.pdf [Son erişim tarihi: 14.Şubat.2017].
- Anonymous 3 <http://www.microchip.com/> [Son erişim tarihi: 15.Ekim.2017].
- Anonymous 4 http://www.labcenter.co.uk/index_uk.htm.
[Son erişim tarihi: 15.Ekim.2017].
- Axelson, J., Dinçer, G., 2000. Her Yönüyle 8051/52, Bilesim Yayıncılık, İstanbul, p223
- Aydın, Ö., Aykut, N.O., Akpınar, B. ve Ata, E. 2005. RTK GPS Yöntemiyle Kıyı Çizgisinin Ölçülmesi. 5.Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 5-7 Mayıs, Bodrum.
- Barut, B. Z., Özmerzi, A. 1997. Hava akımlı hassas ekim makinalarında tohum plakası delik şeklinin ekim düzgünlüğüne etkisi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi 17-19 Eylül, Tokat, 1, 474-484.
- Barut, B. Z. 2006. Tarım Makinaları 2., Bölüm II., Ekim Makineleri, Editör: Öztekin, S., Nobel Kitabevi, Adana, ss. 55-110
- Barut, B. Z., Akbolat, D. 2005. “Tarla koşullarında tohum plakası delik şekillerinin bitki dağılım düzgünlüğü ve verime etkisi”, *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 1(2): 101-108.

- Barut, Z.B., 2006. Tarım Makinaları 2., Bölüm II., Ekim Makineleri, Ed:Öztekin, S., Nobel Kitabevi, Adana, s:55-110.
- Cay, A., Kocabiyik, H., Karaaslan, B., May, S., Khurelbaatar, M., 2017. "Development of anopto-electronic measurement system for planter laboratory tests." *Measurement* 102, 90–95.
- Cay, A., Kocabiyik, H., May, S., 2018. "Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unitof single seed corn planters Part I: Design and laboratory simulation" *Computers and Electronics in Agriculture* Volume 144, January 2018, 71-79
- Cay, A., Kocabiyik, H., May, S., 2018. "Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unitof single seed corn planters Part II: Field performance" *Computers and Electronics in Agriculture* Volume 145, February 2018, 11-17
- Daily, G. C., Dasgupta, P., Bolin, B., Crosson, P., Guerny du, J., Ehrlich, P. R., Folke, C., Jansson, A. M., Jansson, B.-O., Kautsky, N., Kinzig, A., Levin, S., Maller, K.G., Andersen, P., Siniscalco, D., and Walker, B., 1998. " Food production, population growth, and the environment. " *Science*, 281: 1291– 1292.
- Okopnik, D. L., Falate, R., 2014."Usage of the DFRobot RB-DFR-49 Infrared Sensor to detect maize seed passage on a conveyor belt" *Computers and Electronics in Agriculture* 102 (2014): 106–111
- Dursun, G. İ., Dursun, E. 2000. " Ekim makinası sıra üzeri tohum dağılımının görüntü işleme yöntemi ile belirlenmesi", *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (4): 21-28
- Ehsani, M. R., Upadhyaya, S. K., Mattson, M. L. 2004. "Seed location mapping using RTK-GPS" *Transactions of the ASAE.*, vol. 47, No. 3: 909–914.
- Graf, R.J. and Rowland, G.G. 1987."Effect of plant density on yield and components of yield of faba bean." *Canadian J. Plant Science*, 676 (1): 1-10.
- Griepentrog, W. H., Nqrremark, M., Nielsen, N., Blackmore S. B. 2005. "Seed mapping of sugar beet", *Springer Science+Business Media, Inc. Manufactured in The Netherlands. Precision Agriculture*, 6: 157–165.
- Suna, H., Slaughtera, D.C., Pérez Ruizb, M., Glievera, C., Upadhyayaa, S.K., Smithc, R.F. 2010 " RTK GPS mapping of transplanted row crops" *Computers and Electronics in Agriculture* 71 (2010): 32–37
- Hoffmann, W., Lichtenegger, H. And Collins, J. 2001. GPS - Theory and Practice. Springer. Netherlands. Cilt No: 42, Sayı No: 4, 572 s.

- Kahveci, M. 2009. Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları. Zerpa Yayıncılık, Ankara.
- Kahveci, M, Yıldız F., 2001. Sayfa:182. Global Konum Belirleme Sistemi, 1. Baskı Nobel Yayın Dağıtım, Ankara,
- Karayel, D. 2007. ‘‘ Ekim makinası denemelerinde kullanılan optik algılayıcılı ve kamera ölçme sistemlerinin karşılaştırılması.’’ *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3 (1): 59-64.
- Karayel, D. 2010. ‘‘ Sıraya ekim de yatay düzlemdeki tohum dağılımı ve bitki yaşam alanının voronoi poligonlarıyla değerlendirilmesi’’, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16: 97-103.
- Karayel, D. Özmerzi, A. 2007. ‘‘ Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion’’, *Soil and Tillage Research*, 95: 69-75.
- Karayel, D., Özmerzi, A. 2005. ‘‘Hassas ekimde gömücü ayakların tohum dağılımına etkisi’’, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005, 18(1): 139-150.
- Karayel, D., Wiesehoff, M., Özmerzi, A., Müller, J. 2006. ‘‘ Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system’’, *Computers and Electronics in Agriculture*, 50: 89-96.
- Langley, R.B. 1998. RTK GPS. GPS World, September, 70 s.
- Nørremark, M., Sogaard, H.T., Griepentrog, H.W., Nielsen, H. 2007. ‘‘Instrumentation and method for high accuracy geo-referencing of sugar beet plants’’, *Computers and Electronics in Agriculture* 56 (2007): 130–146
- Perez-Ruiz, M., Slaughter, D. C., Gliever, C., Upadhyay, S. K. 2012. ‘‘ Tractor-based Real-time Kinematic-Global Positioning System (RTK-GPS) guidance system for geospatial mapping of row crop transplant’’, *Biosystems Engineering* 111 (2012): 64-71
- Mekik, Ç. 2001. Gerçek zamanlı kinematik GPS, Seminer çalışması, ZKÜ, Zonguldak.
- Okursoy, R. 2012 Ekim makinaları, Ders notu, Ankara üniversitesi, Ankara.
- Önal, İ. 2005. ‘‘Serpme ekimin matematik-istatistik esasleri ve ekim makinalarının denemelerinde kullanılması’’, *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 1(2): 93-100.
- Önal, İ. 2006. Sayfa 100. Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları (3. Baskı). Ege Üniversitesi Basımevi Bornova-İZMİR
- Önal, O., Önal, İ. 2009. ‘‘ Development of a Computerized Measurement System for in-Row Seed Spacing Accuracy’’, *Turk J Agric For* 33 (2009) 99-109 © TÜBİTAK doi:10.3906/tar-0804-12.

- Özgüven, M. M. ve Türker, U. 2010. ‘‘Hassas Tarım Teknolojilerinin Üretim Ekonomisi ve Ülkemizde Mısır Üretiminde Kullanılabilme Olanakları ‘‘ *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1): 55-70
- Özmerzi, A., 1996. Bahçe bitkilerinin mekanizasyonu. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Yayın No: 63, Antalya, 148 s.
- Remondı, B.W. 1984. Using the Global Positioning System (GPS) phase observable for relative geodesy modelling processing and results. Ph.D.Thesis (unpublished), The University of Texas.
- Sabancı, K., Aydın, C. 2012. Mikrodenetleyicili tohum ekim ünitesinin tasarım parametreleri, 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, ss. 482-487, 5-7 Eylül, Samsun,
- Shaw, M., Sandhoo, K. And Turner D. 2000. Modernization of the Global Positioning System. GPS World., 11(9): 36-44.
- Taşer, F. Ö. 1997. Sıra üzeri tohum dağılımının fotosel algılama yöntemi ile bilgisayar destekli saptanabilmesi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi 17-19 Eylül, Tokat, 1, 444-456.
- Taşer, F. Ö., Altuntaş, E., Özgöz, E. 1997. ‘‘ Pnömatik hassas ekim makinasında titreşimin sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğüne etkisi’’, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi 17-19 Eylül 1997 Tokat, 1, 466-473.
- Tuncer, A., ÖNAL, İ. 1997. ‘‘Dar sıra aralığında ekime uygun ekici düzen geliştirilmesi’’, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi 17-19 Eylül 1997 Tokat, 1, 424-431.
- Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Yıldırım, B., Eryiğit, T. 2004. ‘‘ Değişik azot dozları ve sıra üzeri mesafelerinin patateste (*Solanum tuberosum* L.) verim ve kalite üzerine etkileri’’ *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 14(2): 95-104.
- Ülger, P., Güzel, E., Kayışoğlu, B., Eker, B., Akdemir, B., Pınar, Y., Bayhan, Y., Aktaş., T., Sağlam, C., Toruk, F., Gönüloğlu, E. Çelen, İ.H., 2011. Tarım Makinaları İlkeleri. Hiperlink Yayınları, İstanbul, 448 s.
- Ülger, P., E. Güzel, B. Kayışoğlu, B. Eker, B. Akdemir, Y. Pınar ve Y. Bayhan, 1996. Tarım Makinaları İlkeleri. T.Ü. Tekirdağ Z.F. Ders Kitabı: 29, Fakülteler Matbaası, İstanbul.
- Ünal, İ., Topakcı, M., Çanakcı, M., Karayel, D. ve Yiğit, M. 2012. ‘‘Linearity comparison of single and dual frequency GPS receivers under dynamic conditions’’ *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* (2012) 25(2): 85-92

- Ünal, İ. 2012. GPS yönlendirmeli tarımsal bir robotun geliştirilmesi ve anız yoğunluğunun belirlenmesi örneğinde kullanımı üzerine bir araştırma. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 191 s.
- Vatandaş, M., Güner, M. M. ve Türker, U. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, ss. 347-365. Ocak 2005. Ankara, Türkiye.
- Yiğit, K. 2006. ‘‘Ekim Makinalarında Elektronik Tabanlı Tohumlar Arası Uzaklık Ölçme Sistemi’’, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Yiğit, K., Barut, B. Z. 2008. ‘‘ Ekim Makinalarında Elektronik Tabanlı Tohumlar Arası Uzaklık Ölçme Sistemi’’, *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yıl:2008 Cilt:18-1*: 39-51.
- Zhao, Z., Li, Y., Chen, J., Xu, L., 2010. ‘‘ Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder’’, *Biosystems Engineering*, 106: 344-351.
- Zogg, J.M. 2002. GPS basics – introduction to the system application overview. U-Blox AG, Switzerland, 94 ss.

ÖZGEÇMİŞ

Emre ÖZDEMİR

emreozdemir07@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ	
Yüksek Lisans 2014-2019	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2009-2013	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Antalya

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Özdemir E., Kunt G., Yılmaz H., Karayel D., Topakci M., Çelik H.K., 2018. "Seeding Performance Comparison Of Three Different Prototypes Of A Seed Singulator Used In A Precision Vacuum Seeder", 19. World Congress of Cigr, ANTALYA, TÜRKİYE, 22-25 Nisan 2018, pp.279-279

2- Çanakcı M., Topakcı M., Karayel D., Ünal İ., Çakır M., Yiğit M., Özdemir E., 2018 ‘‘ Kendi Yürür Bir Budama Artığı Parçalama Makinası İşletme Giderlerinin Belirlenmesi’’ Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science), 14 (2), 127-134