

## Hassas İlaçlama İçin Mekatronik Bir Tarla Pülverizatörü Tasarımı

Caner KOÇ<sup>1</sup>, Abdülkadir GÜNEYTEPE<sup>2</sup>, Bülent PERKTAŞ<sup>3</sup> Mustafa VATANDAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Bilişim Sistemleri Bölümü, Ankara

<sup>3</sup>Başkent Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Ankara  
ckoc@ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 13.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 27.06.2013

**Özet:** Bu çalışmada; değişken düzeyli hassas kimyasal uygulamalarına olanak veren, ilaçlama memeleri bağımsız olarak kontrol edilebilen, pülverizatör bumlarnı yer düzlemine paralel tutmaya yarayan aktif dengeleme düzeneğine sahip bir tarla pülverizatörü geliştirilmiş ve modellenmiştir. Geliştirilen pülverizatör 20 m iş genişliğine sahip ve parçalı yapıdadır. Pülverizatör bumlarnı üzerinde bulunan memeler merkezi bir elektronik kontrol biriminden gönderilen sinyaller ile kumanda edilmektedir. Ayrıca geliştirilen kontrol ünitesi, GPS verileri, harita verileri, sensör verileri ve selenoid valflerin durumu (açık-kapalı) "Android" ve/veya "iOS" dillerinde geliştirilen gömülü yazılımla, anlık ve internet erişimi olan yerlerden de uzaktan, akıllı telefon ve tabletlerle izlenebilir bir yapıdadır.

**Anahtar kelimeler:** Tarla pülverizatörü, hassas tarım, simülasyon, aktif dengeleme, iOS, Android

### Design of a Mechatronic Field Sprayer for Precision Pesticide Application

**Abstract:** In this work, a field sprayer was designed and modeled. The features of the machine are suitable for variable rate application, sprayer nozzles can be controlled selectively and has an active boom suspension system keep the booms parallel to the field surface. In addition, a mobile phone application was to develop for remote monitoring and control of a field sprayer. The mobile application is suitable for smart phones and tablet computers using Android and iOS operating systems. The field sprayer had 20 m length and equipped with a microcontroller, a custom built sprayer boom height control mechanism, GPS, ultrasonic sensors and variable rate spray nozzles. The developed mobile application, under the test conditions, allows the operator to set the desired application rate, monitor and control the nozzles using a mobile electronic device and over the internet.

**Key words:** Field sprayer, precision agriculture, simulation, active suspension, Android, iOS,

### GİRİŞ

İslah edilmemiş tarlalarda artan engebelerin traktörde yarattığı yatay ve düşey titreşimler, tarımsal savaş makinalarının ilerleme hızını azalttığı gibi ilaç dağılım düzgünlüğünü de olumsuz yönde etkilemektedir. Tarımsal savaşta ilaçların büyük çoğunluğu sıvı olduğu için, damlalar halinde pülverizasyon söz konusu olup, en önemli ilaçlama parametresi damla çapı olmaktadır (Hedden 1961). Bu nedenle damla çapında meydana gelen farklılıklar, tarım ilaçlarının uygulama başarısını etkilemektedir (Kepner et al 1972, Çilingir ve Çelen 1995). Bu yüzden bumlarnı ilaçlama esnasındaki yüksekliği sürekli olarak belirlenen değerde tutulmalıdır (Pochi ve Vannucci 2001, Jeon et al 2004). Son yıllarda tarımsal faaliyetlerde kullanılan pülverizatörlerin tarla etkinliklerini artırmak amacıyla bu makinaların iş

genişlikleri gittikçe artırılmaktadır (Deprez et al 2003). Bunun yanısıra yeni teknolojik gelişmelerle birlikte pülverizatörlerde, aktif bum dengeleme düzenekleri, değişken oranlı kimyasal uygulamalara olanak tanınması, GPS ile markör yollarının tayin edilmesi ve uzaktan takip ve kontrol sistemleri gibi özellikler eklenerek kullanılmaya başlamıştır (Koc and Keskin 2011).

Hassas tarımın en temel amacı; tarımsal faaliyet amacıyla tarlayı bütün olarak değerlendirerek yönetmek yerine, tarlanın her metrekaresinin analiz edilerek yönetilmesidir. Bu amacın gerçekleştirilmesi için de; yapılacak her faaliyet için kimyasal uygulama, gübreleme veya sulama vb haritalama çok önemlidir (Ping ve Doberman 2005). GPS kullanımı tarla üzerinde istenilen bölgelerdeki bilgi alış verişini tespit, görüntüleme ve takip etmek için kullanılmaktadır. Son

yıllarda iOS ve Android işletim sistemine sahip akıllı telefon ve tabletler sahip oldukları kamera, ivme sensörleri, gyro sensörleri, GPS ve kablosuz haberleşme (Bluetooth, Wi-Fi, 3G/4G bağlantısı) gibi özellikleriyle bir çok alanda olduğu gibi hassas tarım alanında da kullanılmaya başlamıştır (Fujiki 2010). Bir çok bilim adamına göre de yakın bir gelecekte akıllı telefon ve tabletler bir çok sektörde kullanılan pahalı cihazların yerini alacağı öngörülmektedir. Akıllı tablet ve telefonlar bilgi alış verişi için kullanılabilirler gibi sahip oldukları arayüz ve kablosuz veri alışverişi özellikleriyle kontrol ve görüntüleme amacıyla da kullanılabilirler (Perttunen et al., 2011; Thompson et al., 2010; Zaldivar et al., 2011).

Bu çalışmada; aktif bum dengeleme düzeneğine sahip, değişken oranlı pestisit uygulamaya uygun, Android ve iOS yazılım dillerinde geliştirilen bir uygulamayla kontrol ve takip edilebilen akıllı bir tarla pülverizatörü prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamada, özel bir yazılım geliştirilerek pülverizatörün markör yollarının tayini için akıllı telefon ve tablette yer alan GPS'den yararlanılmıştır.

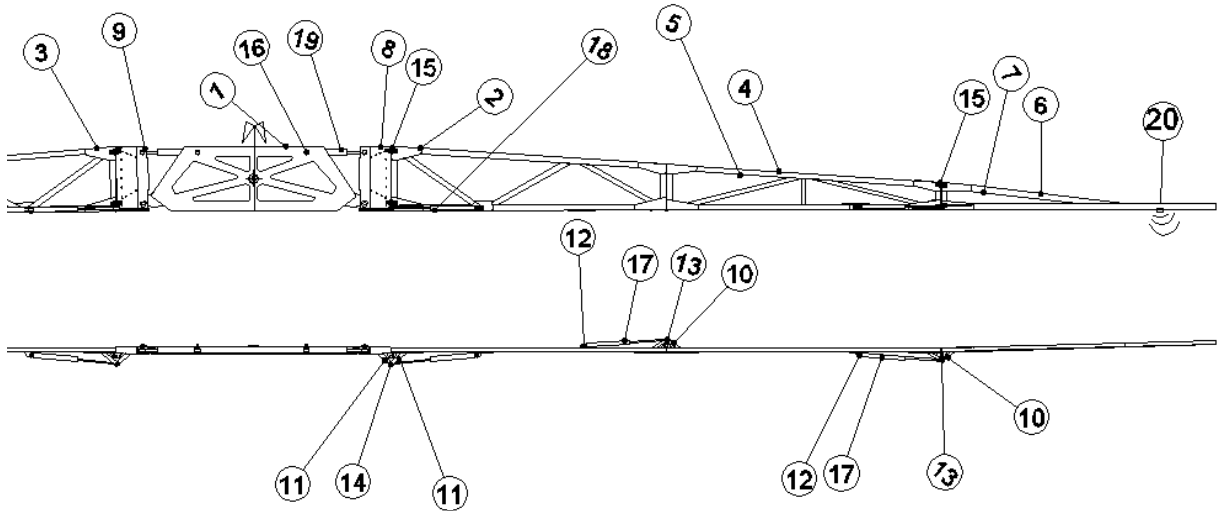
Ayrıca tüm sistem geliştirilen uygulamayla tablet ve telefon aracılığıyla internet erişimi olan her yerden takip edilerek verilerin kaydedilmesi ve grafiksel olarak görüntülenmesi sağlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

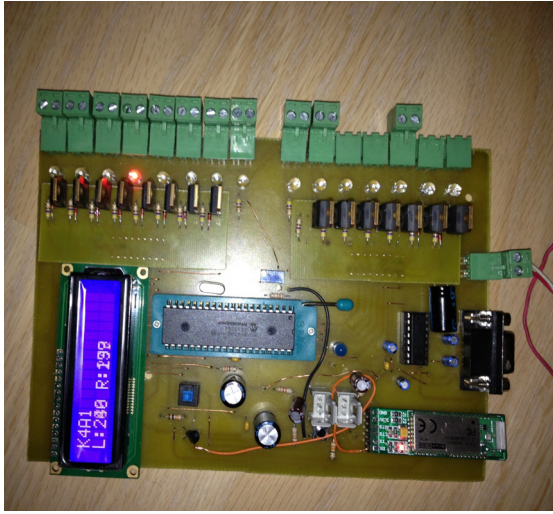
Bu çalışmada hassas tarıma uygun bir tarla pülverizatör prototipi imal edilerek; Android ve iOS yazılım dillerinde geliştirilen uygulamayla kontrol ve takip edilmiştir. Denemelerde kullanılan prototip tarla pülverizatörü, sağ ve sol bum kolları ayrı ayrı hareket etmeye uygun ve parçalı yapıda imal edilmiştir. Bumlar iş ve yol konumlarına hidrolik silindirler yardımıyla getirilmektedir. Bumların toplam iş genişliği 20 m'dir. Bumlar üzerinde parçalı yapıdaki kolların açılıp kapanmasına yardımcı olan 4 adet hidrolik silindir, bumların yüzey profilini takip etmesine yardımcı olan açılı olarak konumlandırılmış 2 adet ve tüm bumları düşey düzlemde kaldırıp indirmeye yarayan bir adet hidrolik silindir daha kullanılmıştır (Şekil 1).

Hidrolik silindirler güç ihtiyaçlarını traktör üzerinde yer alan hidrolik prizlerden almaktadır. Sistemde ayrıca tüm hidrolik silindirleri kumanda eden bir hidrolik kontrol ünitesi de geliştirilmiştir. Geliştirilen hidrolik kontrol ünitesi; 5 adet selenoid valf, basınç sınırlama valfi ve sıralama valflerinden oluşmaktadır. Sistemde yer alan tüm hidrolik silindirler bir elektrik kumanda panosu aracılığı ile manuel olarak ta kumanda edilebilmektedir.



**Şekil 1.** Orta Gövde (1), 1. Bum Kompleksi (2), 1. Bum Kompleksi Aynası (3), 2. Bum Kompleksi (4), 2. Bum Kompleksi Aynası (5), 3. Bum Kompleksi (6), 3. Bum Kompleksi Aynası (7), Ara Mafsal Kompleksi (8), Ara Mafsal Kompleksi Aynası (9), Ø32 Silindir Mafsal Kompleksi (10), Ø 40 Silindir Mafsal Kompleksi (11), Pim (12-16), Ø32 Hidrolik Silindir (17), Ø 40 Hidrolik Silindir (18), Ø 50 Hidrolik Silindir (19), Mesafe Ölçüm Sensörü (20).

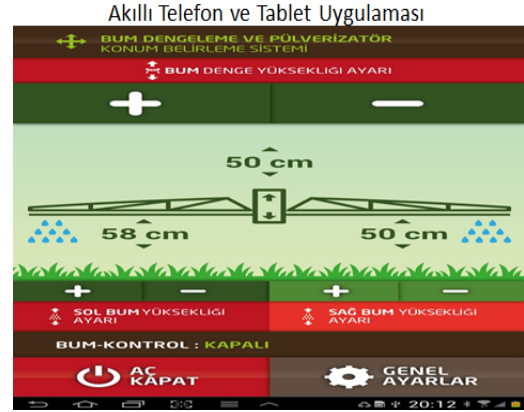
Aktif bum dengeleme sisteminin kumanda edilmesi için bir adet elektronik kumanda kartı geliştirilmiştir. Elektronik kumanda kartı elemanları 1 adet PIC 18F4552 16 bit ADC mikrodenetleyicisi, 7805 regülatör, IRFZ 44 MOSFET yarı iletken transistörler, 4 adet 5V DC röle, dirençler, 4 MHz kristal osilatör ve kapasitörlerden oluşmaktadır. Yer düzlemiyle bum arasındaki yükseklik mesafesini ölçmek için ise sağ ve sol bum uç noktalarına sabitlenen birer adet MaxSonar-EZ1 (Maxbotix LV, 8757 East Chimney Spring Drive, Tucson AZ 85747 USA) mesafe ölçüm sensörleri kullanılmıştır. Ayrıca sensörlerden ölçülen kalibre edilmiş mesafe bilgilerinin gösterimi için kullanılan bir adet LCD ekran kullanılmıştır. Geliştirilen elektronik kumanda kartı mobil telefon ve tablet uygulamaları ile haberleşebilmesi için bir adette bluetooth kit kullanılmıştır. Geliştirilen sistemde, tüm sistemi kumanda eden ve denetleyen PIC BasicPro programlama dilinde yazılmış birde program geliştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Elektronik kumanda devresi.

Geliştirilen mekatronik tarla pülverizatörüne ait verilerin internet erişimi olan yerlerden alınabilmesi, kaydedilebilmesi, kontrol edilebilmesi ve takip edilebilmesi için arayüz görünümü Şekil 3'te görülen bir adette mobil uygulama ANDROID ve iOS yazılım dillerinde geliştirilmiştir.

Geliştirilen mekatronik tarla pülverizatörü konum verilerinin alınması, değişken oranlı pestisit uygulamalarına ilişkin sinyallerin üretilebilmesi amacıyla GSM hattı aracılığıyla çalışan yerli yazılım GPS programı geliştirilmiş ve kullanılmıştır.



Şekil 3. Mobil uygulama arayüz görünümü.

## Yöntem

Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen mekatronik tarla pülverizatörünün amaca uygunluğunu test etmek için laboratuvar ve tarla koşullarında denemeler yapılmıştır. Geliştirilen sistemin laboratuvar denemeleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Kadayıfçılar Atölyesinde, tarla denemeleri ise Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Deneme Tarlalarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde sensörler ve kontrol programı hassaslaştırılarak, prototip makinanın ve kontrol düzeneğinin performansı belirlenmiştir.

Geliştirilen prototip makine ve aktif bum dengeleme sisteminin tasarımı ve simülasyonları için bilgisayar destekli tasarım programlarından yararlanılmıştır. Bilgisayar ortamında mekanik, hidrolik ve elektronik aksamların yanı sıra kontrol programının da çalışmaları simüle edilerek tasarımların etkinliği artırılmıştır. Malzeme yorulma ve akış analizleri için sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan programlardan yararlanılmıştır. Bu şekilde çok kısa sürede hassas bir imalat gerçekleştirilerek muhtemel malzeme ve zaman kayıpları önlenmiştir. Geliştirilen sistemin mekanik kısmının tasarımı ve simülasyonları CATIA V5 R21 (Dassault Systems 300 Baker Avenue Concord, MA 01742, USA) programı, elektronik aksamın simülasyonu için Proteus 7.2 (Labcenter Electronics Ltd., UK) programı ve hidrolik aksamın simülasyonu için Automation Studio programı (FAMIC Technologies inc. 9999 Boul. Cavendish Suite 350 Saint Laurent . Qc. CANADA) deneme sürümleri kullanılmıştır. Mukavemet ve yorulma analizleri için ANSYS (ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA

5317 USA), ve akış analizleri içinse aynı firmaya ait ürün olan Fluent programı kullanılmıştır.

Ölçtüğü mesafeye bağlı olarak sistemin çalışmasını sağlayacak olan ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinin kalibrasyonu için Koç ve Keskin (2011) tarafından aynı sensörlerin kalibrasyonu için kullanılan aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Y = 1,7302 X - 2,274 \quad (1)$$

Burada;

Y: Ayar edilen yükseklik değeri (cm)

X: Sensörden okunan gerilim değeri (mV).

Sistemin çalışması, bumların uçlarına yerleştirilen sensörlerden alınan yükseklik verilerine bağlı olarak elektronik kumanda kartının hidrolik silindirleri kumanda etmesi esasına dayanmaktadır. Tüm sistemin çalıştırılması; mikrodenetleyici üzerine aktarılan, PIC Basic Pro programlama dilinde yazılan kontrol programına göre olmuştur. Program; mobil telefon veya tablettan girilen çalışma yüksekliğine göre prototip makine üzerinde yer alan bumları ayrı ayrı kumanda edecek şekilde tasarlanmıştır. Denemeler sırasında elde edilen veriler eş zamanlı olarak internet erişimi olan yerlerden elektronik kumanda kartı üzerinde yer alan Bluetooth kiti aracılığıyla ANDROID ve iOS programlama dillerinde geliştirilen yazılım aracılığıyla bir servera yazılı ve grafiksel olarak aktarılmış ve kaydedilmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan laboratuvar ve tarla denemeleri sonucunda sistem başarılı bir şekilde akıllı telefon ve tablet aracılığıyla set edilen değerlerde bum yüksekliklerini tutmaya çalışmıştır. Geliştirilen mekatronik tarla pülverizatörünün çalışması için iki farklı hidrolik basınç değerine denemeler sonucunda ulaşılmıştır. Makinanın iş ve yol konumlarına getirebilmesi için kullanılan hidrolik silindirlerin optimum çalışma basınçları 80 bar ve aktif bum dengeleme sisteminin kumandası için kullanılan hidrolik silindirlerin optimum çalışma basınçları 130 bar olarak belirlenmiştir.

Aktif bum dengeleme sistemi, tek parçalı olarak imal edilen ve ülkemizde yoğun olarak kullanılan tarla

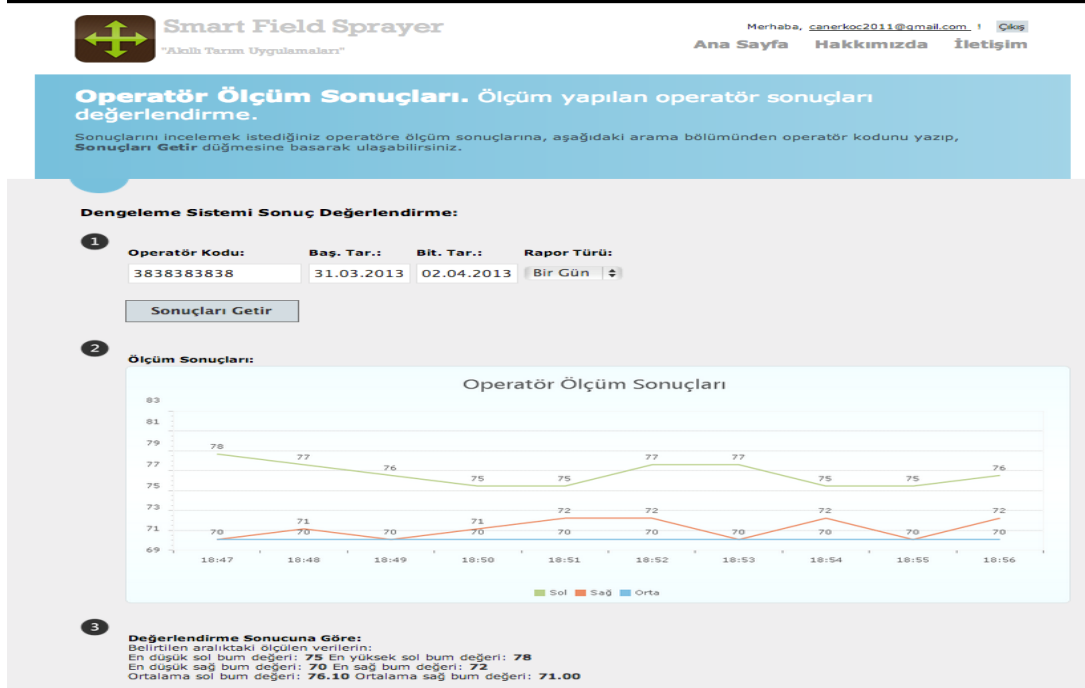
pülverizatörlerinin dengelenmesi için uygun olmamıştır. Özellikle sensörlerden gelen yükseklik verilerinin bumların bir ucunu aktif olarak yer düzlemine paralel tutmaya çalışırken, diğer uç kısımda yer alan bumun var olan ağırlık ve ataleti nedeniyle pülverizatörün çok daha salınımlı ve titreşimli çalışmasına neden olmuştur. Aynı zamanda iki uç noktaya yerleştirilen sensörlerden gelen verilere göre pülverizatör bumlarını yer düzlemine paralel tutmaya çalışan aktif bum dengeleme düzeneği, hidrolik silindirlerde hasara neden olmuştur.

Bu nedenle denemeler sırasında tek parçalı çalışacak şekilde kullanılan 18 m iş genişliğine sahip prototip tarla pülverizatörü parçalı (çift bumlu) çalışacak şekilde düzenlenmiştir. Bu şekilde sağ ve sol bumlar ayrı ayrı kullanıldığı durumlarda, aktif bum dengeleme düzeneği oldukça başarılı bir şekilde çalışmış ve girilen ayar (set) değerlerinde bumları tarla düzlemine paralel tutmaya çalışmıştır.

Tüm sistemi kumanda eden PIC Basic Pro dilinde geliştirilen kontrol programı sistemi başarılı şekilde yönetmiştir. Denemeler sırasında kumanda sistemiyle ilgili olarak akıllı telefon ve tablet aracılığıyla sistemin kumanda edilmesi sırasında sorunlar yaşanmıştır. Bu sorunlar yazılımın döngü zamanının 1 saniyenin altına (960 ms) ye çekilmesi sonucunda giderilmiştir. Ayrıca alınacak veya üretilecek verilerin kontrol yazılımlarının aralarına 1 ms'lik gecikme zamanları konularak sistemin daha kararlı çalışması sağlanmıştır.

Yapılan denemeler sırasında makinanın konum verilerinin alınabilmesi için GSM hattı üzerinden çalışan GPS uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen GPS uygulaması ile tarla sınırları başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Ancak markör yolu olarak kullanılması sırasında hassasiyet ortalama  $\pm 1$  m olmuştur.

Yapılan denemeler sırasında akıllı tarla pülverizatörüne ait tüm veriler (yükseklik, konum, zaman vb) elektronik kumanda kartı üzerinde yer alan bluetooth ve mobil telefon uygulaması aracılığıyla internet erişimi olan yerlerden bir hizmet sunucuya (server) iletilerek başarılı bir şekilde yazılı ve grafiksel olarak görüntülenmiş ve kaydedilmiştir.



Şekil 4. Takip sistemi web sayfası görünümü.

Şekil 4'te denemeler sonucunda anlık olarak web sayfasından alınan verilere ilişkin görüntü yer almaktadır. Web sayfasında anlık olarak bir çok veri görülebilmektedir. Geliştirilen yazılımla oluşturulan operatör kullanıcı kodu ile ilgili web sayfasına ulaşılmıştır. Web sayfasında set değeriyle birlikte sağ ve sol bum yükseklik değerleri dakikalık ortalamaları grafiksel olarak görülmektedir. İlaveeten, çalışma aralığı içerisinde, en yüksek değer, en küçük değer ve ortalama değerlerde sayısal olarak ta görülebilmektedir. Yine web sayfasından operatörün çalışması sırasında kaydedilen ortalama değerler günlük, haftalık, aylık olarakta raporlanabilir özelliktedir.

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan laboratuvar denemelerinde mekatronik tarla pülverizatörü aktif bum dengeleme düzeneği başarılı bir şekilde ayar yüksekliğini korumuştur. Ancak farklı tarla koşullarında yeteri kadar deneme yapılamamıştır. Koç ve Keskin (2011) yaptıkları çalışmada, farklı tarla koşullarında aktif bum dengeleme düzeneği üzerinde yer alan ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinin performanslarının değişebildiği ve her koşul için sensörlerin kalibrasyonunun yenilenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu nedenle sistem performansının farklı tarla koşullarında da denenmesi gerekmektedir.

Lida & Burks (2002) tarafından yapılan çalışmada ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinin hızdan etkilenmediği ve hız artışıyla birlikte standart sapmanın da en üst noktaya ulaştığı bildirilmiştir. Bu nedenle farklı hız değerleri için prototip makinanın denemelerinin tekrarlanarak sapmaların belirlenmesi gerekmektedir. Elde diledik sonuçlara göre hızın prototip makinanın ilaç normuna etkisi de araştırılmalıdır.

Denemeler sırasında parçalı imal edilen prototip makinanın sağ ve sol bumları birbirinden bağımsız olarak istenilen set değerlerini sağlamaya çalışmıştır. Prototip makinanın mekanik aksamıyla ilgili olarak sahip olunan ağırlığın, özellikle asılır tip tarla pülverizatörlerinde kararsız çalışmaya ve yakıt tüketiminde artışa yol açabileceği düşünülmektedir.

Yapılan araştırma çerçevesinde imal edilen prototip tarla pülverizatörü bumları St 37 çelikten imal edilmiştir. Bunun nedeni daha ucuz ve imalatının kolay olmasıdır. Ancak St 37 çeliği ucuz olmasına karşın fazla malzeme kullanıldığı için makinaryı ağırlaştırmakta ve bumlara çatısında kırılmalara neden olabilmektedir. Bunun yansısı nispeten ağır bumlara yakıt tüketimini ne derece etkilediği de yine araştırılması gereken bir durumdur.

Geliştirilen prototip makinanın diğer bir özelliği olan akıllı telefon ve tablet uygulaması, internet

erişimi olan yerlerden makinaya ait istenilen özellikler olan konum verisi, bum yükseklik verisi, zaman vb gibi bilgileri başarılı bir şekilde kaydetmiştir. Denemelerde kısa süreli yapılan çalışmalarda bir sorun ortaya çıkmamıştır. Geliştirilen prototipin seri üretime dönüşmesi durumunda, sunucuda tıkanma olasılığına karşın kapasitesinin optimize edilmesi gerekli olabilecektir.

Hassas tarımın en önemli unsurlarından birisi konum verilerinin belirlenmesidir. Bunun için de GPS kullanılmaktadır. Günümüzde hassas tarım amaçlı kullanılan GPS'lerin hassasiyeti cm seviyelerindedir. Ancak bu tarz GPS'ler henüz çok pahalı ve kullanımı zordur. Proje kapsamında GSM hattı üzerinden akıllı

telefon ve tabletler üzerinde mevcut durumda bulunan GPS'lerin kullanımına yönelik bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımla konum verileri başarılı bir şekilde alınarak kaydedilmiştir. Geliştirilen yazılımın hassasiyeti 1 metre düzeyinde olmasına karşın tarla pülverizatörü gibi büyük iş genişliğine sahip makinalarda kullanılabilir vaziyettedir. Ancak değişken oranlı ilaç uygulanmasında GPS kullanımının ne derece başarılı olduğu yine araştırılması gereken bir konudur. Prototipin seri üretime dönüşmesi durumunda makinanın biyolojik etkinliğinin belirlenmesi de ayrıca önem taşımaktadır.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Çilingir İ & İ H Çelen 1995. Tarla pülverizatörlerinde bum stabilitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 4 (1-2):157-167.
- Deprez K, J Anthonis & H Ramon 2003. System for vertical boom corrections on hilly fields. Journal of Sound and Vibration 266: 613-624.
- Fujiki, Y. 2010. iPhone as a physical activity measurement platform. 1754146: ACM.
- Hedden O K.1961. Spray drop sizes and size distribution in pesticide sprays. Transactions of ASAE 4(2): 158-159.
- Jeon H Y, Womac A R & Gunn J 2004. Sprayer Boom Instrumentation For Field Use. American Society of Agricultural Engineers 47(3): 659-666
- Kepner R A, Bainer R & Barger EL 1972. Principles of Farm Machinery. The Avi Publishing Company, Second Edition, Connecticut.
- Koc, C., ve R., Keskin, 2011. Tarla Pülverizatörleri İçin PIC Kontrollü Aktif Bir Bum Dengeleme Sisteminin Geliştirilmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 17: 1-13.
- Lida M & Burks TF. 2002. Ultrasonic Sensor Development for Automatic Steering Control of Orchard Tractor. Proc. Automation Technology for Off-Road Equipment, Chicago, Illinois. pp 221-229.
- Perttunen, M., O. Mazhelis, F. Cong, M. Kauppila, T. Leppänen, J. Kantola, J. Collin, S. Pirttikangas, J. Haverinen, T. Ristaniemi, and J. Rieki. 2011. Distributed Road Surface Condition Monitoring Using Mobile Phones Ubiquitous Intelligence and Computing. 64-78. C.-H. Hsu, L. Yang, J. Ma, and C. Zhu, eds: Springer Berlin / Heidelberg.
- Ping, J.L., and A. Dobermann. 2005. Processing of yield map data. Prec. Agric 6:193-212.
- Pochi D & D Vannucci 2001. Laboratory Evaluation Of Linear And Angular Potentiometers For Measuring Spray Boom Movements. Journal of Agricultural Engineering Research 80(2): 153-161.
- Thompson, C., J. White, B. Dougherty, A. Albright, and D. C. Schmidt. 2010. Using Smartphones to Detect Car Accidents and Provide Situational Awareness to Emergency Responders Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications. 29-42. Y. Cai, T. Magedanz, M. Li, J. Xia, and C. Giannelli, eds: Springer Berlin Heidelberg.
- Zaldivar, J., C. T. Calafate, J. C. Cano, and P. Manzoni. 2011. Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones. In Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on .