

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Hassas Tarım Çalışmaları

Mehmet TOPAKCI¹, İlker ÜNAL², Murad ÇANAKCI¹, Davut KARAYEL¹

¹Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Antalya

²Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Hikmet Tolunay Meslek Yüksekokulu, Bucak/Burdur
mtopakci@akdeniz.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 04.06.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 07.10.2013

Özet: Tarım sektörü, gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerini doğrudan ya da dolaylı olarak iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilir ve rekabetçi tarımsal üretimin yapılabilmesi, bilişim teknolojilerinin kullanımını gerektirmektedir. Sürdürülebilir tarımın pratikte uygulama alanı ise hassas tarım teknolojisidir. Hassas tarımın hedefi, çevreye verilen olumsuz etkileri ortadan kaldırarak girdilerin azaltılmasıyla yüksek ekonomik kazançlı tarımsal faaliyetlerin sürdürülmesini sağlamaktır. Bu hedeflere ulaşmak için ise bilgi, teknoloji ve yönetim unsurlarından yararlanılmaktadır. Tarımsal üretim işlemlerinin bilgi esaslı olarak yapılabilmesi için, verilerin ve bilgilerin toplanması, analiz edilmesi, uygulanması ve kullanıcılara dağıtılması farklı teknolojik araçların kullanımını gerektirmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, ürün verimini arttırmak amacı ile toprak ve bitki özelliklerindeki yersel değişkenliklerin saptanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde yapılan hassas tarım çalışmaları derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Akdeniz Üniversitesi, hassas tarım, araştırma çalışmaları

Studies on the Precision Farming Technologies at the Department of Agricultural Machinery of Akdeniz University, Turkey

Abstract: The agricultural sector plays a major role directly or indirectly in improving economy of developing countries. Sustainable and competitive agricultural production can be made by using information technologies. In practice, the application field of the sustainable agriculture is the precision farming technology. The aim of the precision farming is to minimize agricultural inputs and reduce negative effects of agricultural practices whereby sustain agricultural production at high economical income. To reach these targets, information, technology and management aspects are used. To make the agricultural production process to be based on information, the use of different technological tools is required for the determination, analysis, implementation, and distribution of the data and information to the users. Recently, most of the studies have been concentrated on the detection of spatial variability of soil and plant properties aiming to increase crop yields on the fields. For this purpose, in this article, the research studies conducted in the Department of Agricultural Machinery of the Akdeniz University, Turkey on the precision farming technologies were summarized.

Key words: Akdeniz University, precision agriculture, research studies

GİRİŞ

Tarım sektörü, üretim kalitesini doğrudan etkileyen, mekansal ve zamansal değişkenlikler gibi birçok faktörün etkisi altında olan dinamik ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Büyük tarım arazilerinin heterojen olan yapısındaki değişkenlikleri anlamak, algılamak,

değerlendirmek ve uygulamaya dökmek üreticiler için çok zor ve olanaksız gibi görünmektedir. Fakat teknoloji alanındaki gelişmeler bu farklılıkların belirlenmesi noktasında çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda hassas tarım teknolojisi, geleneksel tarımsal üretim

sistemini tekdüzelikten kurtararak, tarlaları küçük parçalar halinde değerlendirme imkânı sağlamaktadır (Topakçı ve Ünal, 2010).

Hassas tarım teknolojisinin bileşenleri olan GPS (Global Positioning System), GIS (Geographical Information System), uzaktan algılama ve verim görüntüleme sistemleri tarla üzerindeki farklılıkların tespit edilmesi için kullanılmaktadır. Tespit edilen veriler değerlendirilmekte ve hassas tarımın en son ve en hayati halkasını oluşturan değişken düzeyli uygulama sistemi yardımı ile sonuçlandırılmaktadır. Bugün güçlü bilgisayarlar, gerçek zamanlı kontrolcüler, değişken düzeyli uygulama donanımları, küresel konum belirleme sistemleri ve sensör teknolojisindeki gelişmeler her türlü verinin çok hassas ölçülerde elde edilmesi, değerlendirilmesi ve uygulanmasını çok kolaylaştırmaktadır (Sudduth, 1999).

Hassas uygulamalı tarım teknolojisi, tarımsal üretimde kullanılan girdilerin çevreye duyarlı bir şekilde düzenlenmesine olanak sağlayan bir yaklaşımdır. Hassas tarım, ekonomi ve çevre koruma ilkelerini göz önünde tutarak; bilişim çağıının gelişen teknolojilerinin tarımsal üretimle bütünleştirilerek kullanılmasını ifade etmektedir (Vatandaş ve ark., 2005). Özellikle küresel konum belirleme sisteminin gelişmesine paralel olarak çiftçiler, tarımsal üretimde konumsal farklılıkları dikkate alarak uygulama yapmanın avantajlarını fark etmeye başlamışlardır. Yerel bilgilerin kullanılması ile üretime etki eden faktörlerin mevcut durumuna bağlı olarak değişken düzeylerde gübreleme, ilaçlama, sulama, ekim normu vb. uygulama olanağı ortaya çıkmaktadır. Hassas Tarım Teknolojileri yaklaşımının uygulanması ile tarımsal faaliyetler, dijital ve bilgi çağıına uygun hale gelmektedir (Güler ve Kara, 2005). Tarımsal işletme ve uygulamalar, hassas tarım tekniklerinin

kullanılması ve yerinde test edilmesi ile bir teknolojik dönüşüme ve yenilenmeye ihtiyaç duymaktadır (Türker ve Güçdemir, 2004).

Hassas tarımın gelecekteki uygulamaları arasında;

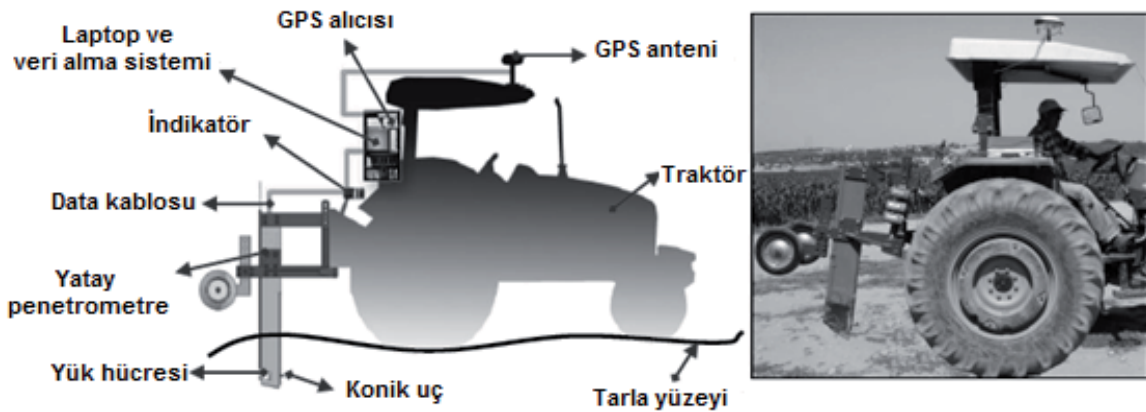
- Teknolojik gelişmelerin kullanım kolaylığını sağlayacak olan kullanıcı ara yüzlerinin iyileştirilmesi
- Kritik çalışma koşullarının, makinelerin ve toprağın durumu hakkında elde edilen verilerin uzak noktalara iletilmesini sağlayacak telemetri sistemlerinin tasarlanması,
- Uzaktan kontrol edilebilen ve konum kontrollü otonom araçların geliştirilmesi

olarak gösterilmektedir (Blackmore ve Griepentrog 2002; Zhalka 2010). Bu bağlamda, konu ile ilgili araştırma yapan kurum ve kuruluşların yukarıda belirtilen konuları dikkate alarak çalışmalarına yön vermeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümü tarafından yapılan hassas tarım çalışmaları hakkında bilgiler derlenmiştir. Ayrıca bölüm olarak ilerleyen zamanlarda üzerinde çalışma yapılacak olan konular hakkında bilgiler verilmiştir.

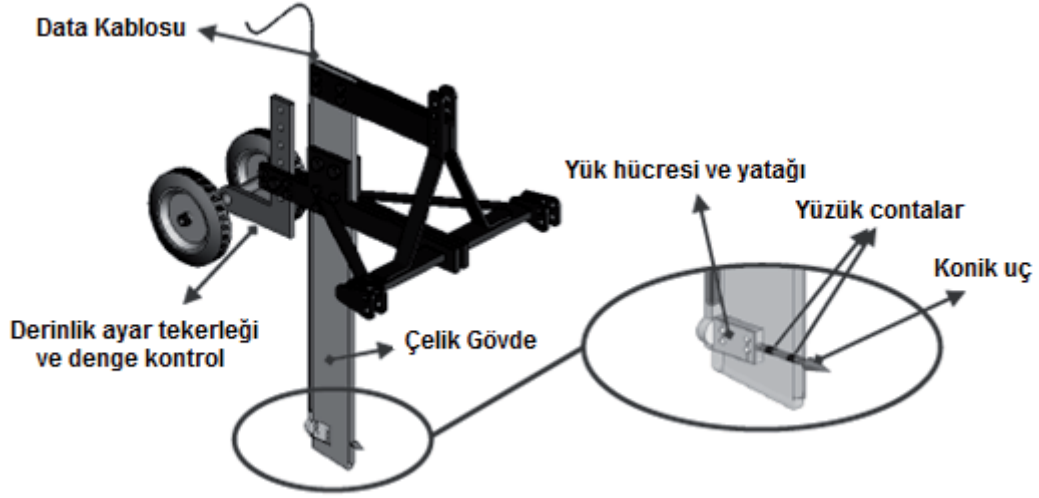
BÖLÜMDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümü tarafından hassas tarım teknolojileri konusunda yapılan çalışmaların temelini veri toplama, analiz ve haritalama uygulamaları oluşturmaktadır.

Topakçı ve ark. (2010a) yaptıkları bir çalışmada, traktör üç nokta askı düzeneğine takılabilen yatay penetrometre sistemi tasarlamıştır (Şekil1). Şekil 2' de yatay penetrometrenin içyapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. Geliştirilen yatay penetrometre yapısı



Şekil 2. Yatay penetrometrenin iç yapısı

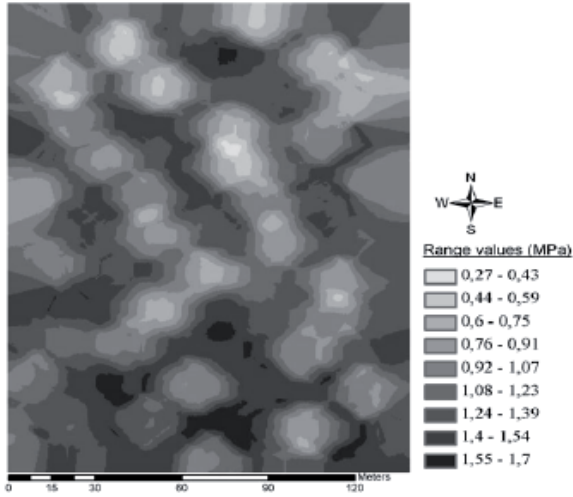
Geliştirilen sistem, 40 cm çalışma derinliğinde yatay doğrultudaki toprak penetrasyon direncini anlık olarak ölçmek ve haritalamak amacıyla geliştirilmiştir. Sistem için 3 temel platform tasarlanmıştır. Birinci platform, traktör üç nokta askı düzenine takılabilen ve uç noktasında konik uç ve yük hücresi düzeneği bulunan mekanik donanımdır. İkinci platform ise, yük

hücresi ve GPS alıcılarından elde edilen verileri anlık olarak toplayan veri alma sistemidir. Son platform ise elde edilen verileri analiz eden ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımlarına uygun dosya formatını üreten yazılım bölümüdür. Şekil 3'de yatay penetrometre sistemi için geliştirilen yazılım gösterilmiştir.

40 cm Penetration	UTMX	UTMY	Speed
1.166	311493	4086692	2.0372
1.459	311493	4086692	2.4076
1.51	311492	4086692	2.4076
1.349	311492	4086692	2.0372
1.541	311492	4086692	2.2224
1.534	311492	4086692	1.052
1.442	311491	4086692	2.4076
1.5	311491	4086692	2.5928
1.646	311491	4086692	2.4076
1.277	311490	4086692	2.2224
1.498	311490	4086692	2.2224
1.657	311490	4086692	2.5928
1.657	311489	4086692	2.4076
1.592	311489	4086692	2.4076
1.643	311489	4086692	2.0372
1.643	311488	4086692	2.2224
2.002	311488	4086692	2.778
1.498	311488	4086692	2.4076
1.498	311487	4086692	2.5928
1.546	311487	4086692	2.5928
1.542	311487	4086692	2.9632
1.663	311486	4086692	2.5928
1.561	311486	4086692	2.5928
1.442	311486	4086692	2.4076
1.33	311485	4086692	2.5928
1.308	311485	4086692	2.5928
1.622	311484	4086692	2.5928
1.183	311484	4086692	2.0372
1.073	311484	4086692	2.2224
1.22	311484	4086693	2.9632
1.543	311483	4086693	2.9632
1.543	311483	4086693	2.9632
1.661	311482	4086693	2.778
1.302	311482	4086693	2.5928
1.494	311482	4086693	2.5928
1.072	311481	4086693	2.778
1.271	311481	4086693	2.5928
1.124	311481	4086693	2.4076
1.447	311480	4086693	2.2224

Şekil 3. Yatay penetrometre için geliştirilen veri görüntüleme ve depolama yazılımı

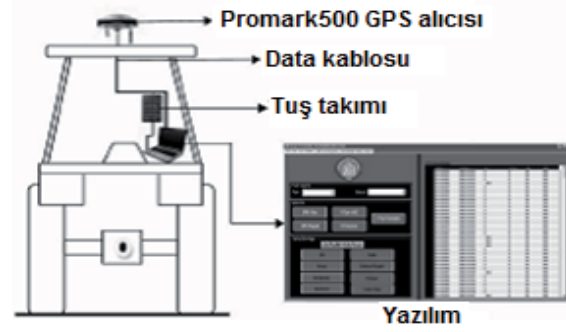
Geliştirilen sistemin denemeleri Akdeniz Üniversitesi deneme çiftliğinde bulunan 20 ha büyüklüğünde bir alanda (30.84 E, 36.94 N) gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 40 cm derinlikte ve 15 m paralel çiziler oluşturacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışma hızı 1.80 kmh^{-1} ile 2.96 kmh^{-1} arasında gerçekleştirilmiş olup alandan toplam 5025 nokta ve Penetrasyon verisi toplanmıştır. Çalışma sonucunda 40 cm derinlikte minimum 0.2 MPa, maksimum 3 MPa toprak penetrasyon direnci değerleri ölçülmüştür. Şekil 4' de çalışma sonucu elde edilen toprak Penetrasyon direnci haritası gösterilmiştir.



Şekil 4. 40 cm derinlik için penetrasyon direnci haritası

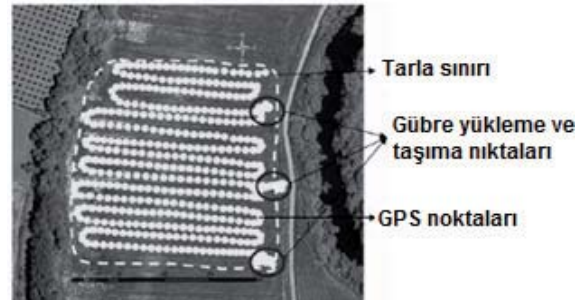
Topakçı ve ark. (2010b) yaptıkları bir çalışmada, hassas tarım uygulamaları için kullanılacak GPS tabanlı tarla etkinliği ölçüm sistemi geliştirmişlerdir (Şekil 5). Sistem için geliştirilen yazılım ile farklı tarım makinalarının farklı işlemleri için tarla alanı, tarla kapasitesi, tarla etkinliği ve diğer verileri tespit edilebilmektedir. Sistem, traktör üzerine yerleştirilen bir GPS alıcısı, verileri toplamak için bir bilgisayar ve sayısal bir tuş takımından oluşmaktadır. GPS alıcısı çalışma yapılan noktaların koordinatlarını belirlemek ve tarlanın alanını belirlemek için kullanılmıştır. Sayısal tuş takımı ile çalışma esnasında gerçekleştirilen faaliyetin türü (materyal yükleme, diğer makinayı bekleme, dönüşler ve boşta geçen süreler gibi) geliştirilen yazılıma aktarılmaktadır. Bu sayede yazılım içerisinde bulunan zamanlayıcılar gerçekleşen faaliyetin süresini

belirlemektedirler. Sistemin tamamı için kullanılan yazılım Visual Basic.NET ortamında geliştirilmiştir. Elde edilen verilerin depolanması için SQL Server 2005 veri tabanı kullanılmıştır. Yazılım içerisinde verilerin analiz ve raporlanması için Crystal Report eklentisi kullanılmıştır.



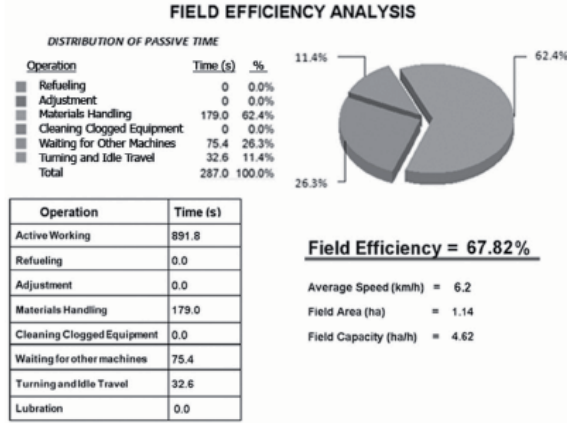
Şekil 5. Geliştirilen etkinlik ölçüm sistemi

Geliştirilen sistemin denemeleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme çiftliğinde, santrifüjlü gübre dağıtma makinası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneme işlemi çalışma alanının üç eşit parçeye ayrılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Gübreleme işlemine başlamadan önce çalışma alanının etrafından traktör ile geçilerek tarlanın alanı geliştirilen yazılım ile hesaplanmıştır. Gübreleme işlemi süresince aktif ve pasif zamanlar belirlenmiştir. Çalışmaya ait koordinat deseni Şekil 6'da gösterilmiştir.



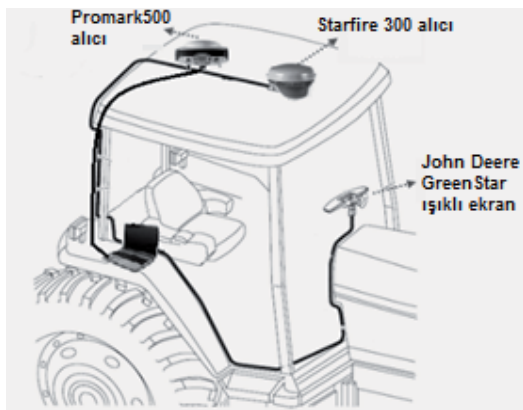
Şekil 6. Gübreleme işleminin gerçekleştirildiği koordinat deseni

Geliştirilen yazılım tarafından, çalışma esnasında elde edilen tüm veriler değerlendirilerek tarla etkinlik raporu oluşturulmuştur. Sonuç raporu, Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7. Tarla etkinlik analizi

Topakçı ve ark. (2011) çalışmalarında, ışıklı dümenleme sisteminin (John Deere GreenStar Lightbar) operatörler üzerindeki etkinliğini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, santrifüjlü gübre dağıtma makinesi kullanılarak yapılan granül gübreleme süresince coğrafi koordinatlar toplanmış ve analiz edilmiştir. Ortalama tecrübe süreleri 25 yıl olan üç farklı operatör, hem ışıklı dümenleme sistemini kullanarak hem de kullanmadan traktörü yönlendirmişlerdir. Her durum için toplanan veriler ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılarak haritalandırılmıştır. Daha sonra, çizgi genişlikleri arasındaki standart sapma ve standart hata değerleri istatistiksel olarak hesaplanmıştır. Son olarak, ışıklı kılavuz sisteminin santrifüjlü gübre dağıtma makinesi kullanımındaki etkinliği belirlenmiştir. Traktör üzerine yerleştirilen sistem Şekil 8’ de gösterilmiştir.



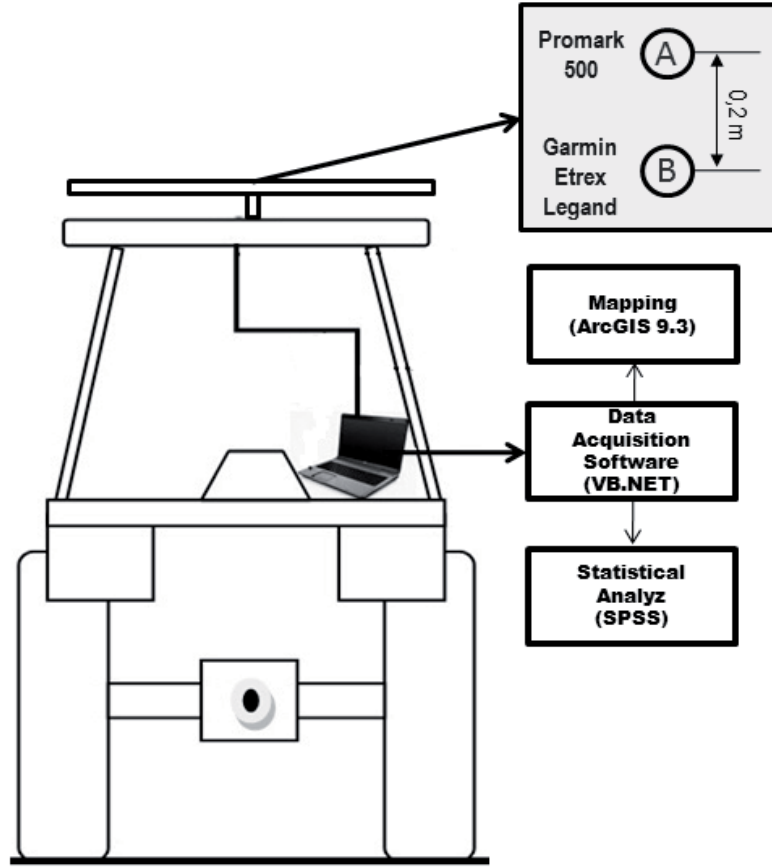
Şekil 8. Işıklı Dümenleme sistemin traktör üzerindeki yerleşimi

Çalışma sonrası elde edilen koordinat haritası Şekil 9’ da gösterilmiştir. Elde edilen haritada, ışıklı dümenleme sistemi ile çalışmanın paralel hatların oluşturulmasında etkili olduğu görülmektedir. Ne kadar deneyimli olurlarsa olsunlar operatörlerin geleneksel çalışma yöntemleriyle hata yaptıkları ve düzgün olmayan iş genişliklerinde çalıştıkları, üst üste bindirme veya boş geçme hataları yaptıkları görülmektedir.



Şekil 9. Deneme alanında yapılan çalışmaya ait noktalar

Ünal ve ark. (2012) dinamik şartlar altında çalışan tek frekanslı (Garmin Etrex Legend) ve çift frekanslı (Magellan ProMark 500) GPS alıcılarının hassasiyet ve doğrusalık karşılaştırmasını yapmışlardır. İki alıcı 20 cm aralıklara aynı hizada traktörün üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 10). Koordinat verilerinin toplanması için traktör, farklı hızlarda, doğrusal hatlar oluşturulacak şekilde ilerletilmiştir. Karşılaştırma işleminin yapılabilmesi için her bir alıcıya ait GPS verileri ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılarak haritalandırılmıştır. Doğrusal hatlar üzerindeki doğrultudan sapma hatalarının (XTE) standart sapma ve standart hata değerleri ile yatay hassasiyet (DRMS) değerleri analiz edilmiştir. Ayrıca, farklı ilerleme hızlarının yatay hassasiyet üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, Magellan Promark 500 alıcısının Garmin Etrex Legend alıcısından daha hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, farklı ilerleme hızlarının yatay hassasiyet üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Tablo 1’ de her iki GPS alıcısına ait test sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 10. İki adet GPS alıcısının traktör üzerindeki yerleşimi

Tablo1. İki adet GPS alıcısı karşılaştırmalı tarla deneme sonuçları

Receiver s	Test No	Speed (km/h)	Standard deviation of the easting XTE values (m)	Standard error of the easting XTE values (m)	Standard deviation of the northing XTE values (m)	Standard error of the northing XTE values (m)	Horizontal Accuracy (m)	R Square (R ²)
Garmin Etrex Legend	1	2	0.159	0.159	2.081	2.097	2.075	0.9912
	2	4	0.316	0.317	4.327	4.369	4.315	0.9842
	3	6	0.456	0.455	6.397	6.490	6.380	0.9672
	4	8	0.116	0.118	1.493	1.526	1.489	0.9979
	5	10	0.401	0.406	5.901	6.040	5.888	0.9764
	6	12	0.205	0.211	2.685	2.768	2.677	0.9942
Magellan Promark 500	1	2	0.055	0.055	0.730	0.732	0.728	0.9988
	2	4	0.206	0.206	2.933	2.940	2.926	0.9925
	3	6	0.344	0.343	4.128	4.141	4.113	0.9878
	4	8	0.084	0.085	1.165	1.173	1.162	0.998
	5	10	0.242	0.243	3.115	3.132	3.105	0.9928
	6	12	0.090	0.090	1.187	1.191	1.184	0.9985

Ünal (2012), tarafından hassas tarım teknolojisine uygun bir doktora tez çalışması tamamlanmıştır. Bu çalışmada, tarla ortamında hareket edebilen, diferansiyel sürüş sistemine sahip bir mobil robot tasarlanmıştır (Şekil 11). Mobil robot, hareketini iki adet DC motordan alan lastik tekerlekli bir araçtır. Tasarlanan mobil robotun otonom olarak ilerletilmesi ve yönlendirilmesi için GPS sistemi kullanılmıştır. GPS sisteminden gelen verilerin değerlendirilebilmesi için navigasyon yazılımı geliştirilmiştir. Mobil robotun ilerleme ve dönüşleri, motorların ileri veya geri aynı ya da farklı hızlarda çalıştırılması ile sağlanmıştır. Kontrol sinyalleri robot üzerine yerleştirilen panel bilgisayardan gönderilmiştir. Robotun istenilen noktaya yönlendirilmesi için azimuth (kertziz) ve heading (istikamet) açıları kullanılmıştır. Robotun istenilen noktaya ilerletilmesi için, bulunulan nokta ile hedef nokta arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Geliştirilen navigasyon yazılımı ile anlık olarak heading açısı, azimuth açısı ve iki nokta arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Heading ve azimuth açısı arasındaki fark ve mesafe 0'a yaklaştığında mobil robot hedef noktaya ulaşmaktadır.



Şekil 11. Geliştirilen robot

Çalışmada, mobil robota işlevsellik kazandırmak amacıyla anız yoğunluğu tespiti için görüntü işleme yazılımı geliştirilmiştir. Mobil robotun üzerine yerleştirilen bir dijital fotoğraf makinası kullanılarak tarla üzerindeki anız görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler grayscale formata çevrilmiştir. Bu sayede, anızı tanımlayan renk değeri belirlenmiştir. Anıza ait renk değerinin toplam görüntü içerisindeki yoğunluğu

belirlenerek o görüntüye ait anız yoğunluğu değeri hesaplanmıştır.

Tarla denemeleri, 2012 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında iki farklı tarlada yürütülmüştür. Her bir deneme için 30 farklı GPS noktası kullanılmıştır. Her bir deneme, 10 nokta için 3 tekerrürlü şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemelerde, mobil robotun durduğu nokta ile hedef nokta arasındaki mesafe ölçülmüştür. Böylece, mobil robotun hedef nokta hassasiyeti belirlenmiştir. Ayrıca her bir nokta için görüntü işleme yöntemi ile anız yoğunluğu oranları belirlenmiştir. Belirlenen anız yoğunluğu oranları, kesişen hat yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, istatistiksel olarak aritmetik ortalama ve bağımsız örnek t testine tabi tutulmuştur.

Yapılan denemeler sonucunda, geliştirilen mobil robotun, doğrusal hedef nokta hassasiyeti ortalama 10-12 cm, dağınık hedef nokta hassasiyeti ise ortalama 15-17 cm olarak ölçülmüştür. Anız yoğunluğu belirleme işleminde, birinci deneme ($P=0.193$) ve ikinci deneme ($P=0.578$) için, her iki yöntem için sonuçların istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermediği görülmüştür ($P>0.05$).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Hassas tarımın gelecekteki uygulamaları arasında; teknolojik gelişmelerin kullanım kolaylığını sağlayacak olan, kullanıcı ara yüzlerinin iyileştirilmesi, kritik çalışma koşullarının, makinaların ve toprağın durumu hakkında elde edilen verilerin uzak noktalara iletilmesini sağlayacak telemetri sistemlerinin tasarlanması, uzaktan kontrol edilebilen ve konum kontrollü otonom araçların geliştirilmesi gösterilmektedir. Bununla beraber, son zamanlarda operatörlerin hatalarını ortadan kaldırmak için sürücüsüz traktör konusunda çalışmalar da yapılmaktadır. Ayrıca, mekânsal ve zaman-sal değişkenlikler gibi birçok faktörün etkisi altında olan dinamik ve karmaşık bir yapıya sahip tarım sektörü için hassas tarım çalışmaları disiplinler arası çalışmaların yoğun bir şekilde yapılmasıyla mümkün olacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Blackmore, B.S., Griepentrog, H.W. 2002. A future view of precision farming. In: Proceedings Precision Agriculture Tage. Germany, KTBL, Darmstadt. 38: 131-145.
- Güler, M., Kara, T. 2005. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir Bakış. OMÜ Zir. Fak. Derg., 20 (3): 110-117.
- Sudduth, K.A. 1999. Engineering Technologies for Precision Farming, The International Seminar on Agricultural Mechanization Technology for Precision Farming, Suwon, Korea.
- Topakcı, M., Ünal, İ. 2010. Hassas Tarımda Değişken Oranlı Uygulamalar, Tarımsal Mekanizasyon 26. Ulusal Kongresi, 22-23 Eylül, Hatay, Türkiye.
- Topakcı M, Unal I, Canakci M, Celik HK, Karayel D. 2010a. Design of a Horizontal Penetrometer for Measuring On-the-Go Soil Resistance. *Sensors*,10(10):9337-9348.
- Topakcı, M., Has, M., Unal, I., Karayel, D., Canakcı, M., 2011. Determination of Efficiency of Lightened Guidance System on Agricultural Machinery: A Case Study on Fertilizer Broadcaster. 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 21-23 September, İstanbul, TURKEY.
- Topakcı, M., Unal, I., Canakcı, M., Yigit, M., Karayel, D. 2010b. Improvement of field efficiency measurement system based on GPS for precision agriculture applications, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3-4):288-292.
- Türker, U., Güçdemir, İ. 2004. Atatürk Orman Çiftliğinde Nadas-Tahıl Sisteminde Küçük Ölçekli Alansal Değişkenliğin Hassas Tarım Teknolojilerinden Yararlanarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 305-312.
- Ünal, İ. 2012. GPS Yönlendirmeli Tarımsal Bir Robotun Geliştirilmesi ve Anız Yoğunluğunun Belirlenmesi Örneğinde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Ünal, İ., Topakcı, M., Çanakcı, M., Karayel, D., Yigit, M. 2012. Linearity comparison of single and dual frequency GPS receivers under dynamic conditions, *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 25(2):85-92.
- Vatandaş, M., GÜNER, M., Türker, U. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, Ankara 347-365 ss.
- Zhalka, A. 2010. Precision Agriculture - The future is here (and the journey is just beginning), Topcon Precision Agriculture. <http://www.topconpositioning.com/news-events/single/item/precision-agriculture-the-future-is-here-and-the-journey-is-just-beginning/>, Erişim: Mayıs 2013.