# Tarımda Elektronik Klavuz Sistemleri

**Arif Behiç Tekin[1], Çimen Demirel, Gülden Özgünaltay[1]**

[1] Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, İzmir

behic.tekin@ege.edu.tr, cimen.demirel@hotmail.com, gulden.ozgunaltay@ege.edu.tr

**Özet:** Günümüzde özellikle sınırlı toprak kaynaklarına sahip çiftçilerin daha yüksek verim ve daha çok gelir kaygısı, yeni teknolojilerin üretimde kullanılmasına neden olmaktadır. Mikroişlemciler ve diğer elektronik donanımlarda yaşanan gelişmeler üreticilerin bu hedeflerine erişebilmelerini olanaklı kılmaktadır. Bu yeni tarımsal üretim yaklaşımında "Elektronik Güdümleme" hızla yer alacak sistemler arasındadır.

Günümüzde iş genişliği büyük makinaların geliştirilmesine paralel olarak tarladaki çalışma hızlarının artması sürücülerin görevi olan birbirine paralel yollar üzerinde makine/aletin dümenlenebilmesi oldukça güç hale gelmiştir. Bu kapsamda, modern güdümleme sistemleri geliştirilerek çiftçilerin hizmetine sunulmaktadır.

Bu çalışmada, modern "elektronik güdümleme" sistemleri anlatılarak, gelecekteki gelişmeler ve beklentiler ile ilgili öngörüler özetlenecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Tarımsal Bilişim, Elektronik Güdümleme, GPS.

**Electronic Guidance Systems in Agriculture**

**Abstract:** Nowadays, more yield and more income concerns of farmers with limited land resources, results in taking into account the using of new technology in production. Developments in microprocessors and other electronic equipment have made it possible to be able to reach their goals. This new approach to agricultural production, "Electronic Guidance" will be among the other new technologies which are fast taken place.

Today, with the development of machine/tool with larger working width and faster field working speed, the operator's task of guiding the vehicle along precisely parallel paths or swaths has become increasingly more difficult. In this aspect, modern guidance systems are being developed and serving to farmers.

In this study, modern "electronic guidance" systems will be explained and future developments and expectations will be summarized.

**Keywords:** ICT, Electronic Guidance, GPS

## 1. Giriş

Tarım, ülkemizde uzun yıllardır bilişim sektörünün ilgi alanı dışında kalmış olmasına karşın, gelişmiş ülkelerde özellikle bilişim teknolojilerinin gelişimiyle insana, bitkiye, hayvana, çevreye duyarlı, üretimde kalite ve verimlilik artışına olanak sağlayan ciddi bir evrim geçirmektedir (Tekin ve Sındır, 2006).

Tarımsal üretimde insan gücünden hayvangücüne ve daha sonra da traktör gücüne geçiş sürecinin devamı olarak değerlendirilen "Hassas Tarım" (Precision Agriculture) bilişim çağının gelişen teknolojilerinin ekonomik ve çevre ile bütünleşik üretim faaliyetlerinde kullanımını ifade etmektedir (Tekin ve Değirmencioğlu, 2010).

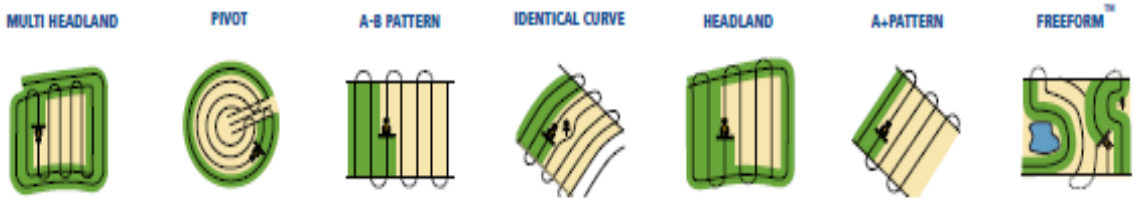
Evcil hayvanların tarımsal üretimde kullanılmasının yanısıra mekanik sistemlerin geliştirilmesi çiftçilerin çalışabileceği tarım alanı boyutlarını artırmıştır. Bu gelişmelere rağmen operatör, üretkenliğin artırılmasının önündeki en büyük engellerden birisi ile hala karşı karşıyadır. Dümenleme, operatör için çıktı kalitesinin belirlenmesindeki birincil faktörlerin arasında mental (akıl) yorgunluğa neden olan görev olarak yer almaktadır (Van Zuydam, 1999). Dümenleme doğruluğu operatör üzerine yüklenen extra istemler ile oldukça düşmektedir (Kaminaka et al., 1981). Operatör üzerinde, araç teknolojisindeki gelişmelerle, oluşan ilave istemler otomatize edilmiş ve otonomus tarım ekipmanlarına olan ilgiyi artırmaktadır (Benson et al., 2003). İlkinde operatör araç içinde kalırken, ekipmanın çalışmasını izleme ve zor koşullarla karşılaşıldığında aracın kullanımına yardım etmektedir. Otomatik sistemler sürücü üzerindeki istemleri (dümenleme yükünü) azaltırken kullanıcı hatalarını da azaltmaktadır (Gerrish et al., 1997). Sürücü hata düzeyinin düşürülmesi operatöre yüksek performansta daha üzün süre çalışma olanağı vermektedir. Otomatik sistemler, görevlerin sadeleştirilmesi yoluyla, operatörden beklenen yeteneklerin azalmasına da yardımcı olmaktadır.

Tarımsal faaliyetlerde iş genişliğine ve parselin fiziksel özelliklerine (büyüklük, genişlik, uzunluk vb.) bağlı olarak tarla içerisinde traktör-ekipman farklı hareket desenlerinde çalışabilmektedir (Şekil

1). Bu desenlerden hangisi tercih edilirse edilsin uyulması gereken kural izlenecek yolların birbirine paralel olmasıdır. İlerleme eksenlerinin birbirine paralel olmaması iş başarısını olumsuz etkilerken girdi uygulamasında problemlere neden olmaktadır. Şöyle ki; eksenden kaymalar sırasında oluşan boşluklar girdi uygulanmayan alanları oluştururken, örtmeler aynı alana tekrar girdi uygulanmasına neden olarak etkin girdi kullanımını engellemektedir. Aynı zamanda verim kaybına, girdi maliyetlerinde aşırı artışa, yer altı sularının kirlenmesine, çevresel kirliliğe ve bitki gelişiminde durgunluğa neden olabilmektedir (Ima ve Mann, 2003). Şekerpancarı üretiminde örtmeler ve boşluklar nedeniyle oluşan toplam girdi kaybının %13 olduğu bildirilirken (Davis, 1977), bir başka çalışmada kaybın %7 olduğu bildirilmektedir (Hanson, 1998). Açıklanan gerekçeler etkin izleme (klavuz) sistemlerine olan gereksinimi açıkca ortaya koymaktadır. Traktör ve ekipmanların dümenlemesinde kullanılmak üzere çok farklı yöntemler tasarlanmış ya da geliştirilmiştir. Bu amaç doğrultusundaki çabalarda görüntü işleme, gömülmüş kablolar, küresel konum belirleme sistemi (GPS) gibi yöntem ve donanımlar kullanılmaktadır.

Son yıllarda Küresel konum belirleme sistemlerinin kullanıldığı donanımlar uluslar arası firmalar tarafından markete sunulmaktadır (John Deere, Case, AGCO, Trimble, Topcon vd.).

Bu çalışmada, traktör&ekipman dümenlenmesinde kullanılan sistemler ve ilgili yöntemler özetlenerek, küresel konum belirleme sisteminin kullanıldığı modern "elektronik dümenleme" sistemleri özetlenmektedir.




**Şekil 1.** Traktör- Ekipman ikilisinin tarladaki hareket desenleri (Trimble, 2010)

## Tarımda Kullanılan Klavuz Sistemler

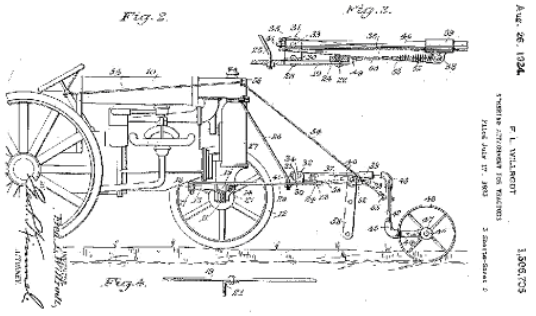
Hayvan gücünün tarımda kullanımı ile başlayan mekanizasyon teknolojilerinin gelişim serüveni buhar gücü ve sonrasında termik motorların gelişimi ile devam etmiştir.

Bu gelişim sürecinde, aşırı nüfüs artışının oluşturduğu besin talebindeki yükseliş daha büyük alanlarda üretim yapmayı zorunlu kılmıştır. Bunun yanısıra ekosistemdeki bozulmalar ve doğal kaynakların tüketilmesi endişeleri tarımsal üretimde "sürdürülebilirlik" farkındalığının ve çekincesinin oluşmasına neden olmuştur.

Büyük alanlarda tarımsal üretimin yapılma zorunluluğu yüksek güçlü traktör ve iş genişliği büyük ekipmanların kullanımını da beraberinde getirmektedir.

İnsan işgücünün dümenleme ile ilgili yükünün otomatik makinalar ile ikame edilme çabaları 1924'lü yıllara dayanmaktadır (Wilrodt, 1924). Traktör, tarlanın pullukla sürümü sırasında, bir önceki işlemde oluşturulan çiziyle (sırayla) traktör ön aksı arasında oluşturulan bir mekanizma ile kontrol edilmiştir (Şekil 2). Sissons (1939) büyük bir tel makarayı kullanarak kademeli olarak azalan çemberler boyunca traktörü dümenlenmeye çalışmışlardır. Traktörün otomatik dümenlemesi ile ilgili diğer bir önemli deneme Rushing (1971) tarafından yapılmıştır. Yer altına gömülen elektrik yüklü kablolar sürücüsüz traktörün dümenlenmesi için kullanılmıştır. Dümenleme işlemi, elektrik motoru yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Daha sonraki çalışmalarda, elektrik motorları yerini elektrohidrolik valflere bırakmıştır. Traktörün gömülü kabloya göre göreceli konumu iki özdeş telle manyetik alan ölçülerek belirlenmiştir. Sıra başlarındaki dönüşlere programlanmış şablonlar üzerinden ulaşılmıştır. İlerleme ekseni doğrusundan sapma 6 km/h ilerleme hızında 2,5 cm civarında gerçekleşmiştir. Schafer ve Young (1979) otonomus traktör geliştirmek için benzer yöntemi kullanmışlardır. Düşük ilerleme hızlarında doğruluk hassasiyeti yüksek iken ilerleme hızı artınca eksenden kayma da artmaktadır.



**Şekil 2.** Willrodt dümenleme sistemi (1924)

Jahns, yaklaşık 300 makale ve 100 patent üzerinde

yaptığı incelemeler sonucunda yazdığı iki derlemesinde (1976, 1983), geliştirilen sistemlerin tarımdaki istemleri karşılamaktan uzak olduğunu bildirmiştir. Benzer çalışmayı yürüten Tillet (1991) günlük hayatın diğer alanlarında geniş kullanım bulamaya başlayan otomatik klavuz sistemlerin tarımın kontrol edilemeyen doğasından kaynaklanan teknik problemler nedeniyle çok az miktarda ticari ürünün tarımda yer aldığını ve bu sistemlerin istemleri karışılayamadığını bildirmiştir.

Otonomus araçların navigasyonu için McGillem ve Rappaport (1989) sabit işaretler arasındaki açı ölçümünü kullanan bir yöntem geliştirdiler. Çalışma, basit geometrik ve trigonometrik hesaplamalarla konumun hatasız belirlenebileceğini göstermiştir. Bu yöntem otonomus araçların navigasyonunnda kullanılabilecek fizible bir deneysel konum belirleme sistemidir. Bu yöntemin ölü konumların belirlenmesinde kullanılan sistemlerin hassasiyetinin artırımında kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

1990'lı yılların ortalarına gelindiğinde GPS kullanılan sistemler öncü çiftçiler tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Diğer tekniklerin taşıdığı bir çok sınırlamanın, GPS kullanılan sistemlerde olmadığı görülmüştür.

Son yıllarda tarımsal mekanizasyonun gelişim sürecinde Bilişim ve Haberleşme Teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler ile bağlantılı olarak yeni bir döneme girilmektedir. Elektronikte yaşanan gelişmeler ve bilgisayar boyutlarındaki küçülmelerin yanısıra mikro işlemcilerdeki gelişmeler tarım endüstrisinide çok etkilemektedir. Veri iletişim yöntem ve transferindeki gelişmeler, iletişim hızındaki artış otonomus araçlar üzerindeki çalışmaları artırmaktadır. İzleme sistemleri iki bölümde sınıflandırılabilir; operatöre gereksinim duymayan otonomus sistemler ve aracı sürmek için gerek duyulan izleme sistemleri

**Küresel Konum Belirleme Sistemli Dümenleme**

**Elektronik markör (Light bar)**

1990'lı yılların ikinci yarısında pazarda yer alan yer bazlı klavuz sistemlerin ilk uygulamaları, havadan girdi uygulamasında klavuz sisteme olan yüksek gereksiniminden kaynaklanan maliyet çekincesinin göz ardı edilmesi nedeniyle, uçakla kimyasal ilaç aplikasyonunda görülmektedir.

Göreceli olarak ucuz olan bu sistemin temel görevi, traktör/kendi yürür makinalarda sürücüye paralel-iz sürme (paralel-tracking) işleminde yardımcı olmaktadır. Sistem, temel olarak GPS, mikroişlemci/bilgisayar ve grafik ekrandan oluşmaktadır. Bazı sistemlerde söz konusu donanımlar fiziksel olarak birbirinden ayrıyken, elektrik kabloları üzerinden birbirine bağlanmaktadır (Şekil 3). Diğer sistemler ise, bu donanımların bazıları ya da tamamı bir ünite içinde toplanmaktadır (Şekil 4).

**Şekil 3.** Elektronik markörle çalışma.

Bu sistemler ile çalışmada, operatör tarlaya giriş yaptığı noktada bir butona basarak "A" noktasını belirlemekte, daha sonra tarlada ilerleyerek, ilk geçiş sırasında, ilerleme çizgisini (A-B doğru/spiral/pivot vb) belirleyerek klavuz yolu oluşturmakta ve yolun sonunda (tarlanın diğer ucunda) tekrar butona basarak "B" noktasını belirlemektedir. Elektronik markörün bağlı olduğu bilgisayar ilerleme çizgisi boyunca GPS koordinatlarını kayıt etmekdir. Bunun yanısıra sürücü, iş genişliği gibi temel ayar bilgilerini bilgisayara girmektedir. Bilgisayar bu verileri kullanarak sonraki adımlarda izlenecek yolları hesaplamakta ve her bir yol sanal olarak belirlenmektedir. Sürücü tarla başlarında dönüşleri elle dümenleyerek gerçekleştirmek zorundadır. Bilgisayar GPS den gelen veriyi kullanarak sanal yol üzerindeki en yakın nokta ile kıyaslama yaparak hatayı hesaplamaktadır. Hata, elektronik markörde (lightbar) görselleştirilerek sürücüye dümenleme yolu bildirilmektedir (Şekil 3).

Elektronik markör, bir dizi LED (light emitting diode) dan oluşmaktadır. Merkezde yer alan LEDin yanıyor olması aracın hedef yol üzerinde olduğunu göstermektedir. Aracın hedef yoldan ayrılması merkezdeki LEDin sağında ya da solunda olan LED lerin yanması ile görselleştirilmektedir. Sürücü yanan LED leri merkezde tutarak hedef yol üzerinde kalmayı sağlamaktadır (Şekil 4).

Elektronik markörler farklı monitörler kullanılarak imal edilmektedirler. Şöyle ki; Tek satır LED den imal edilenler, İki sıra LED den imal edilenler ve grafik LCD monitörden imal edilenler. İlk ikisinde sürücü yanan LED'leri merkezde tutmaya çalışırken, sonuncusunda araç ikonunu ekrandaki yol üzerinde tutmaya çalışmaktadır. İlk üretilen modellerde sadece doğrusal yörüngelerde ilerleme olanağı olmasına rağmen, gelişmelere paralel olarak eğrisel, dairesel vb. yörüngelerde çalışma da olanaklı hale gelmiştir.

Kısaca özetlenirse; elektronik markörler tarımsal işlemlere bir çok avantaj getiren, göreceli olarak kullanımı kolay yeni bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır.

Lightbar ilerleme ekseninden olan sapmayı görmek üzere, kabin içinde, herhangi bir yere ekrandan bağımsız olarak monte edilebilmektedir.

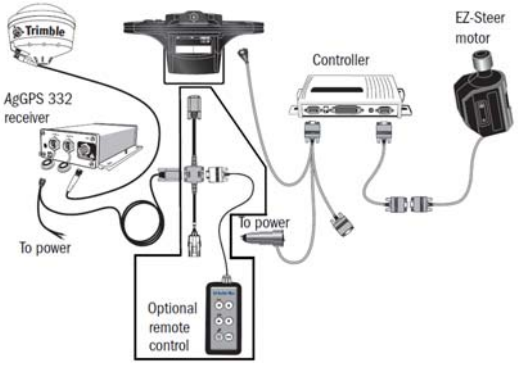
**Şekil 4.** Bilgisayar- elektronik markör.

**GPS destekli yarı otomatik dümenleme**

Bu sistem, elektronik markörün bir üst seviyesi olarak tasarlanıp üretilmiştir. Sistem, direksiyon kolununa monte edilen bir elektrik motoru yardımıyla direksiyonu kontrol etmektedir (Şekil 4). Elektronik markör tarafından belirlenen, sanal yol üzerinde aracın tutulabilmesi için elektrik motoru direksiyonu çevirmektedir (Şekil 6). Çok yüksek çözünürlüklü konum bilgisine gereksinim duyulmayan gübre ve kimyasal ilaç uygulamalarında, geniş alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Trimble tarafından ilk olarak kullanıma sunulmuştur. Son yıllarda Topcon ve birçok firma benzer ürünleri çiftçilerin kullanımına sunmaktadır. Günümüzde, bu sistemler traktörlere, kendi yürür ilaçlama makinalarına, biçerdöverlere ve çekilir tip alet ve makinalarla kullanılmaktadır. Sistemin temel elemanlarını;

- **GPS alıcısı**
- **Elektronik markör**
- **Kontrol ünitesi**
- **Elektrik motoru (actuator)**

oluşturmaktadır.




**Şekil 5.** GPS destekli yarı otomatik dümenleme sistemi (Trimble, 2005).

Bu sistem ile çalışmada, elektronik markör kullanımında anlatılan adımları izleyerek ilerleme çizgisini (A-B doğru/spiral/pivot vb) belirleyerek klavuz yolu oluşturur. Bilgisayar sonraki adımlarda izlenecek yolları belirlenmektedir. Çalışma sırasında araç bu yollardan herhangibirine yaklaştığında elektronik markörün her iki ucundaki LED ler ynıp sönerek sistemin hazır olduğunu sürücüye bildirir. Lightbar ekranındaki ilgili tuşlara basılarak sistem aktif hale getirilir. Benzer şekilde ilgili tuşların kullanımıyla sistem deaktif hale getirilir. Sistem, GPS verisi kesildiğinde ya da setlenen değerlerin dışına çıkıldığında otomatik olarak deaktif hale gelir. Sürücü tarla başlarında dönüşleri elle dümenleyerek gerçekleştirmek zorundadır.

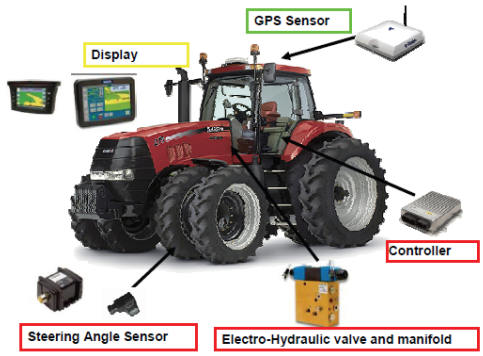
**Şekil 6.** Elektrik motoru ile direksiyon kontrolü (Trimble, 2005).

**Oto-pilot dümenleme sistemleri**

Bu sistemler, çok yüksek çözünürlüklü konum bilgisine gereksinim duyan ekim, dikim vb. tarımsal işlemlerde kullanılmaktadır. 1997 yılında ilk örneği görülen bu sistemler ilk olarak Beeline/Avusturalya firması tarafından üretilerek markete sunulmuştur. Trimble firması da kısa bir süre sonra benzer ürünü satışa çıkarmıştır. Son yıllarda Topcon ve birçok firma benzer ürünleri çiftçilerin kullanımına sunmaktadır. Günümüzde, bu sistemler traktörlere, kendi yürür ilaçlama makinalarına, biçerdöverlere ve çekilir tip alet ve makinalarla kullanılmaktadır. Sistemin temel elemanlarını;

- **GPS alıcısı**
- **Kullanıcı arayüzü**
- **Yol hesaplama/belirleme algoritması**
- **Dümenleme açısı sensörü**
- **Kontrol ünitesi ve kontrol agoritması**
- **Diğer araç sensörleri (Tekerlek hız sensörü vb.)**

oluşturmaktadır (Şekil 7).




**Şekil 7.** Oto-pilot sisteminin temel elemnları (Trimble, 2005).

Oto-pilot sistemler, manuel dümenlemeye benzemektedir. Farklılık sadece dümenleme işinin kontrol algoritmasının çalıştığı kontrol ünitesi tarafından yapılmaktadır. Sürücü, aracı en yakın sanal yola yönlendirerek ve ilgili butona basarak sistemi etkin duruma getirip kontrolü üzerine almasına izin vermektedir. Sistem etkin hale geldiğinde kontrol ünitesi actuatörlere sinyal göndermekte ve aracı dümenleyerek ilerleme ekseninden sapmaları minimize etmektedir. Yüksek hassasiyetli uygulamalarda topoloji-kompanzasyonu ünitesi GPS konum bilgisini düzeltmekte, dümenleme sensörü dümenleme tekerleklerinin açısını ölçmektedir. Bu bilgiler kontrol algoritması tarafından geri besleme döngüsünde (closed-loop control) ek veri olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler daha karmaşık ve edinim maliyetleri yüksek olmasına rağmen diğer sistemlere ek birçok avantaj getirmektedir.

**Sonuç**

Bilişim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak son yıllarda tarımsal üretim yeni bir uygulama alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Dümenleme, sürücüler üzerine yüklenen en ağır işlerin arasında yer almaktadır. Geliştirilen elektronik klavuz ve dümenleme sistemleri sürücüler üzerindeki bu yükü azaltırken/alırken Bir çok avantajıda beraberinde getirmektedir. Bu avantajlar;

- **Daha güvenilir ve hassastır.** Klasik markörlerde hata payı %10 iken bu sistemlerde %1.5-5 arasında değişmektedir.
- **Yüksek çalışma hızlarında da hata hassasiyeti yüksektir.** İlerleme hızının artışı ilerleme ekseninden sapmayı etkilememektedir.
- **Diskli gübre dağıtma makinaları ile kullanılabilecek tek seçenektir.**
- **Kullanımı kolaydır.** Genç sürücüler, bilgisayara olan alışkanlıklarından dolayı, yaşlı sürücülerden daha hızlı öğrenebilselerde yaşlı sürücülerde hızlı öğrenebilmektedir.
- **Sıraya ekilmiş/dikilmiş bitkilerde daha etkin bir izleme sağlamaktadır.** Bitki kanopisi ve boyundan etkilenmemektedir.
- **Görüşün düşük olduğu durumlarda da (sis, toz vb) çalışmaya izin vermektedir.**
- **Hava koşullarından daha az etkilenir.**
- **Yatırımın geri dönüş süresi kısadır.**
- **Operatör hatasını ve göz yorgunluğunu azaltır.** Kullanım sırasında aracın sahına soluna bakması gerekmemektedir.
- Ayarlama süresine daha az gereksinim duyar.
- Rüzgar, rampa salınımı gibi çalışma koşullarından etkinlenmemektedir.
- Bindirmeyi azaltarak kimysal kullanımını azaltmaktadır.
- "Uygulama Haritası" çabuk ve gerçek maliyet analizi için kullanılabilmektedir.

olarak özetlenebilir.

Gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan bu sistemler son yıllarda ülkemiz çiftçisinin de kullanımına sunulmaktadır. Değişen tarımsal yapıya göre bu sistemler yaygın olarak kullanılacaktır.

**Yararlanılan Kaynaklar**


1. Ima, C., Mann, D. 2003. "Lightbar Design: The Effect of Light Color, Lightbar Size and Auxiliary Indicators on Tracking and Monitoring Performance". Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript ERG.
2. Benson, E. R., Reid, J. F., Zhang, Q. 2003. Machine vision-based guidance system for agricultural grain harvesters using cut-edge detection. Biosystems Engineering (2003) 86 (4), 389–398.
3. Davis, N. B. 1977. The minimization of crop losses associated with sugar beet harvesting. The Agricultural Engineer, 32, 10-13.
4. Gerrish, J B., Fehr, B. W., Van Ee, G. R., Welch, D. P. 1997. Selfsteering tractor guided by computer vision. Applied Engineering in Agriculture, 13(5), 559–563
5. Hanson, C. A. 1998. Analysis of operator patterns in machine operation for automatic guidanceof agricultural equipment. Unpublished M.Sc. thesis. Department of Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK.
6. Jahns, G. 1976. Possibilities for producing course signals for the automatic steering of farm vehicles. Agric. Eng. Dept. Series No. 1 (Nov. 1976): 3-16. Auburn, Ala.: Auburn University Agricultural Station.
7. Jahns, G. 1983. Automatic guidance in agriculture: A review. ASAE Paper NCR 83404. St. Joseph, Mich.: ASABE.
8. Kaminaka, M. S., Rehkugler, G. E., Gunkel, W. W. 1981. Visual monitoring in a simulated agricultural machinery operation. Human Factors, 23(2), 165–173
9. McGillem, C. D., Rappaport, T. S. 1989. "A Beacon Navigation Method for Autonomous Vehicles," IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 27, No. 3, August 1989, pp. 133-139.
10. Rushing, K. 1971. Developing the driverless tractor. Agricultural Engineering 52(5):260-262.
11. Schafer, R. L., R. E. Young. 1979. An automatic guidance system for tractors. TRANSACTIONS of the ASAE 22(l):46-49, 56.
12. Sissons, R., 1939. Plowing in circles saves time.Prairie Farmer 111 (20), 7.
13. Tekin, A.B., Sındır, O. K. 2006. Tarımsal üretimde hassas tarım (precision agriculture) uygulamaları. XI. "Türkiye'de İnternet" Konferansı. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Universitesi. Ankara
14. Tekin, A.B., Değirmencioğlu, A. 2010. Tarımsal Bilişim: İleri tarım teknolojileri. Akademik Bilişim Konferansı. Muğla Üniversitesi. Muğla
15. Tillett, N. D. 1991. Automatic guidance sensors for agricultural field machines: A review. J. Agric. Eng. Res. 50: 167-187.
16. Van Zuydam, R. P. 1999. A driver's steering aid for anagricultural implement based on an electronic map and realtime kinematic DGPS. Computers and Electronics in Agriculture, 24(3), 153–156

Willrodt, F.L., 1924. Steering attachment for tractors. US.