

**Makale
(Article)**

Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS)'nin Hassas Tarımda Kullanımı ve Sağladığı Katkılar

Muzaffer KAHVECİ*

**GNSS Danışmanı*

muzaffer.kahveci@hotmail.com

Özet

Hassas Tarım Yönetim Sistemi (HTYS) çok genel olarak, gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı bir sistem olarak tanımlanabilir. Bu sistemde tarım arazisi birden fazla alt parçalara ayrılmakta ve her bir alt parça için toprak verimliliği, nem oranı, ürün verimliliği gibi farklı veriler ölçülmekte, toplanmakta ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veri tabanında arşivlenmektedir. Diğer taraftan GNSS (Global Navigation Satellite Systems) yardımıyla tarım makinelerinin ve arazinin doğru koordinatları da toplanarak CBS veri tabanında arşivlenmektedir. Eğer bölgede kurulu bir GNSS sabit referans istasyonları (CORS: Continuously Operating Reference Stations) ağı varsa elde edilecek gerçek zamanlı konum doğruluğu 2 – 5 cm'ye kadar yükselmektedir. GNSS alıcıları örneğin ürün/nem ölçer gibi bir veri toplayıcı cihaza bağlanırsa kaydedilecek tüm bu veriler GNSS'den elde edilecek coğrafi koordinatlarla koordinatlandırılmış olacaktır. Bunun sonucunda da elde edilen bu koordinatlandırılmış veriler birçok taşınabilir sayısallaştırma cihazıyla mevcut durumun (örn. Hava fotoğrafı, uydu görüntüsü yada çizgisel/sayısal harita üzerinde yabancı ot istilasını göstermek gibi) harita olarak çizilmesini sağlar. Arazinin CBS ile haritalanması ile çiftçi arazisi boyunca tüm koşulları görebilme olanağına kavuşur. CBS kullanılarak aynı zamanda ürün çeşitliliği ile arazi koşulları arasındaki ilişkiler de analiz edilebilmektedir. Bu ilişkilerin bir kez kurulması ile arazideki her farklı konum için "reçete" haritasının oluşturulması olanaklıdır.

Tarımda modern teknolojilerin (ICT: Information & Communication Technologies, Uzaktan Algılama, CBS ve GNSS) kullanımı gelişmiş ülkelerde gün geçtikçe daha da artmaktadır. Türkiye gibi çok sayıda ve dağınık durumda olan tarım arazilerinde de modern teknolojilerin kullanımı hem maliyet düşürücü hem de zamandan önemli ölçüde tasarruf sağlayacak olmaları nedeniyle kaçınılmazdır. Bu nedenle, Türk tarımında CBS ve GNSS kullanımı ve buna ilişkin altyapı çalışmalarının bir an önce gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Sonuç olarak etkili bir HTYS kurulabilmesi ICT, GNSS ve CBS entegrasyonu ile olanaklıdır. Bu entegrasyon ise profesyonel yaklaşım ve devlet politikası uygulanmasını gerektirmektedir.

Bu makalede, HTYS kavramı, gerekliliği ve bileşenleri hakkında özet bilgi verilmekte, verimli bir tarım uygulamasında GNSS kullanımının önemi anlatılmakta ve Türksat A.Ş. tarafından Ceylanpınar (Şanlıurfa)'da kurulmuş olan sistem kısaca tanıtılmaktadır. Ayrıca, HTYS konusunda yapılmış olan bazı somut uygulamalardan elde edilmiş tasarruf oranları ile ilgili bilgi de sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: HTYS, GNSS, CORS, CBS, ICT

Use of GNSS in Precision Agriculture and Its Benefits

Abstract

Precision Agriculture Management System (PAMS) can generally be defined as the system based on the advanced information and communication technologies. In this system, instead of managing whole fields as a single unit, fields are divided into small areas and for each area different information and data related to soil and vegetation

Bu makaleye atıf yapmak için

Kahveci, M., "Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS)'nin Hassas Tarımda Kullanımı ve Sağladığı Katkılar" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, 6(2) 35-48

How to cite this article

Kahveci, M., "Use of GNSS in Precision Agriculture and Its Benefits" Electronic Journal of Map Technologies, 2014, 6(2) 35-48

characteristics (such as yield, moisture, texture, structure, nutrient status, landscape position etc.) are gathered and archived in a GIS database. On the other side, coordinates of harvesting machines and the fields are also collected and archived in GIS database. For example, if there is a CORS (Continuously Operating Reference Stations) network in service in the region then the obtainable real time accuracy will reach upto 2 – 5 cm. On the other side, if there is no existing CORS network then using standard RTK (Real Time Kinematic) method (one reference station and one or two rovers within a 10 km-diameter area) it is possible to reach 1 cm accuracy in real time. If the GPS/GNSS receivers are connected to a yield/crop/moisture sensor then all the collected data will have been georeferenced. Consequently, all data collected with georeferenced info (e.g. for precision weed management using aerial photo, satellite image, analog/digital map etc.) will provide us with the possibility of mapping of the existing status. When the field is mapped and stored in a GIS database it will enable farmer to see and understand all conditions along his field. It is also possible to analyse relations between the crop variability and field conditions using GIS database and software. Once these relations be set up it is possible to prepare the prescription maps for each area within the field.

Use of modern technologies (ICT:Information&Communication Technologies, Remote Sensing, GIS and GPS/GNSS) in precision farming increase gradually in developed countries. Using these technologies in Turkey which has numerous and scattered farming fields is inevitable due to its advantage in reducing the cost for labour and mineral fuels and saving time by minimizing the operation hours of machinery in the field to the minimum required. Hence, it is vital to initiate the necessary infrastructure works and support the use of GIS/GNSS in farming. Thus, establishing an effective PAMS is possible to integrate with the ICT, GNSS and GIS technologies.

In this paper, PAMS concept, its necessity and its components are briefly discussed. And the importance of using GNSS in an effective precision agriculture is mentioned. Besides, GNSS infrastructure of a PAMS established by Turksat Inc.Co. in Ceylanpinar is introduced. Additionally, some cost-saving info is also given obtained from some applications performed in Turkey and Europe.

Keywords: PAMS, GNSS, CORS, GIS, ICT

1. GİRİŞ

Türkiye’de tarım ve gıda sektörü tarladan sofraya hizmet götüren en önemli alanlardan birisidir. Ülkemizdeki tarım alanları binlerce farklı şekil ve boyutlara bölünmüş durumdadır. Bu alanlarda ise binlerce traktör ve benzeri tarım makineleri kullanılmaktadır. Diğer taraftan tarımda modern teknolojilerin (ICT, Uzaktan Algılama, CBS ve GNSS) kullanımı gelişmiş ülkelerde gün geçtikçe daha da artmaktadır. Türkiye gibi çok sayıda ve dağınık durumda olan tarım arazilerinde de modern teknolojilerin kullanımı hem maliyet düşürücü hem de zamandan önemli ölçüde tasarruf sağlayacak olmaları nedeniyle kaçınılmazdır. Bu nedenle, Türk tarımında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve GNSS (GPS, Galileo, EGNOS) kullanımı ve buna ilişkin altyapı çalışmalarının bir an önce tamamlanması önemlidir. Sonuç olarak etkili bir Hassas Tarım Yönetim Sistemi (HTYS) kurulabilmesi GNSS, CBS, Uzaktan Algılama ve Bilişim ve İletişim Teknolojilerinin (ICT:Information and Communication Technologies) entegrasyonu ile olanaklıdır. Bu entegrasyon ise profesyonel yaklaşım ve devlet politikası uygulanmasını gerektirmektedir. Türkiye’de coğrafi bilgi destekli Hassas Tarım Yönetim Sistemi’nin kurulması kapsamında yapılacak bir çalışmanın hedefleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Küçük boyutlu tarım alanları ve çiftliklerde basit ve kullanışlı GNSS uygulaması geliştirmek,
2. Büyük boyutlu tarım alanlarının yönetiminde idarenin iş yükünü azaltmayı sağlayacak şekilde arazi ve ürün konum bilgisi toplama sistemi ve bu sistemi diğer tarım yönetim sistemleri ile entegre edecek bir yapı oluşturmak (Bu yapı küçük işletmelere göre daha profesyonel, maliyetli ve karmaşık bir sistem olacaktır.)
3. Tarımda GNSS uygulamalarını mevcut diğer ağlarla (CORS ve CBS) birleştirmek,
4. Bu sistemden elde edilecek verilerle ülke tarım veri tabanı ve altyapısını oluşturmak.

Böyle bir uygulamanın çıkış noktası tarım alanlarındaki çalışmalarda doğru koordinat bilgilerine ihtiyaç duyulmasıdır. İhtiyaç duyulan bu verilerin tarımdaki kullanım alanları ise; klasik kadastral ölçmeler,

tarım alanları kullanım politikaları geliştirme, devlet destekleme alımları, tarımı destekleme yardımları, etkili ürün-hasat analizi, tarım makinelerinin teknolojik kullanımı, tohum ekme, ilaçlama, hayvanların ve sürülerin gerçek zamanlı takibi vb. olarak sıralanabilir. Bu amaçlı kurulan tarım sistemine *Hassas Tarım (Precision Agriculture/Farming)* veya *Alana Özgü Tarım (Site-specific farming)* adı verilmektedir. Hassas tarım, bazen bu olanağı kendisine tanıyan teknolojiler ile birlikte anılarak *GPS tarımı* veya *değişken-oranlı tarım* adını da almaktadır [1].

Tarımsal üretimde insan gücünden hayvan gücüne ve daha sonra da traktör gücüne geçiş sürecinin devamı olarak değerlendirilen “Hassas Tarım” bilişim çağının gelişen teknolojilerinin ekonomik ve çevre ile bütünleşik üretim faaliyetlerinde kullanımını ifade etmektedir. Bu bağlamda coğrafi bilgi destekli hassas tarımın yararları aşağıdaki şekilde özetlenebilir [2], [3]:

- Gübre ve ilaç uygulama maliyetlerinin azaltılması,
- Çevre kirliliğinin azaltılması (gereksiz ve gelişigüzel ilaç kullanma önlenerek),
- Ürün kalitesinde ve veriminde artış,
- Daha sağlıklı bilgi üretimi sayesinde daha doğru işletmecilik kararlarının verilebilmesi,
- Satış ve satış sonrası üretim süreci için gerek duyulan tarım kayıtlarının daha sağlıklı bir şekilde tutulabilmesidir.

Sonuç olarak coğrafi bilgi destekli HTYS gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı bir sistem olup, burada tarım arazisi birden fazla alt parçalara ayrılmakta ve her bir alt parça için toprak verimliliği, nem oranı, ürün verimliliği gibi farklı veriler ölçülmekte, toplanmakta ve CBS veri tabanında arşivlenmektedir. Ayrıca tarım makinelerinin ve arazinin GNSS ölçüleri ile elde edilen doğru koordinatları da CBS veri tabanına yüklenmekte ve kullanılmaktadır.

Bu makalenin ikinci bölümünde HTYS ve teknolojik bileşenleri, üçüncü bölümde HTYS uygulamasında veri toplama ve konum bilgilerinin elde edilmesi örnekleri, dördüncü bölümde ise sonuç ve öneriler verilmektedir.

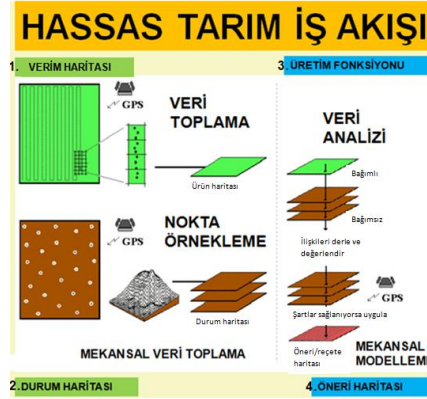
2. HASSAS TARIM YÖNETİM SİSTEMİ VE TEKNOLOJİK BİLEŞENLERİ

Tarımla uğraşan gelişmiş ülkelerde ve ülkemizde 1990'lı yıllara kadar haritalardan tarımsal üretim amaçlı yararlanma asgari seviyede idi. Bunun nedenlerinden birisi çoğu toprak haritaları ve topografik paftaların tarla seviyesinde etkin kullanılmayacak kadar genelleştirilmiş bilgilere yer vermesiydi. Bunun sonucunda da geleneksel tarım yönetim sistemi arazi verilerinin ortalama değerlerine dayalı olarak icra edilmekteydi. Bu yöntemde bazı ölçümlerle arazinin verimlilik performansı ve toprak numunesi alınarak arazi içerisindeki besin değeri seviyeleri belirlenmektedir. Çiftçiler bu tür bilgileri tohum değişikliklerini, gübreleme oranlarının belirlenmesi ve bir arazinin sınırları içerisinde kalan tüm alanı homojen (aynı özellikli) kabul eden yaklaşıma ilişkin kararların verilmesi amacıyla kullanmaktadırlar. Sonuç olarak geleneksel tarımda üreticiler farklı toprak bünyesine bağlı olarak tarlalarının değişik bölümlerinden farklı miktarlarda ürün aldıklarını bilseler de, bu bilgiyi uygun şekilde kullanamamaktadırlar [3]. Bu nedenle, 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 gübre ve ilaç almasına neden olmaktadır.

Diğer taraftan alana özgü tarım (site-specific farming) sisteminde ise aynı arazi içerisinde farklılıkların olabileceği varsayılmakta ve çalışmaların doğru zamanda, doğru yerde ve doğru şekilde yapılması amaçlanmaktadır. Çünkü büyük bir tarla arazisinin her yerinin aynı özellikte olduğunu kabul ederek yapılacak çalışmalar bu arazinin bazı bölgelerine gereğinden fazla başka bölgelerinde ise gereğinden az ekim yapılmasına neden olabilecektir. Bu sakıncalardan kaçınmak ve ekonomik bir tarım uygulamak için alana özgü tarım yönetim sistemi düşüncesi ortaya çıkmış ve büyük alanlar özelliklerine (toprak, nem,

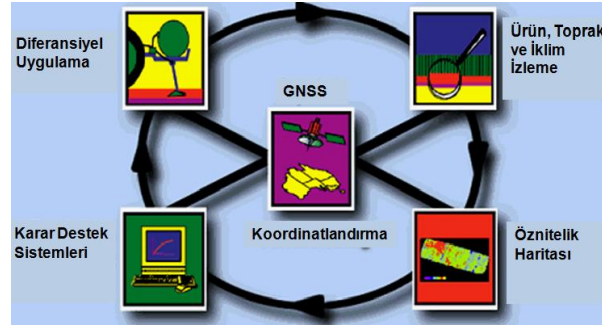
yapı, potasyum oranı vb.) göre alt parçalara ayrılarak her bir parça için farklı tarım politikası (değişken-oran uygulaması) uygulanmaya başlanmıştır. Bu şekilde davranılarak ekonomi sağlandığı, üretimin arttığı, çevresel yarar sağladığı ve yönetimi etkinleştirdiği birçok yayında ifade edilmektedir [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Alana özgü ürün yönetimi geleneksel yöntemin aksine yeni teknolojilerden yararlanan ve haritalanmış değişkenleri uygun yönetim stratejileri ile destekleyen bir sistemdir. Dolayısıyla bu sistemin temel teknolojik bileşenlerini; uydularla konum belirleme (GPS/GNSS), gerçek zamanlı veri iletişimi, uzaktan algılama ve CBS veri tabanı oluşturmaktadır.

Hassas tarım iş akışı dört aşamada ifade edilebilir. Bunlar: veri toplama, nokta örnekleme, veri analizi ve mekansal modellemedir (Şekil 1). Şekilde görülen veri toplama aşamasında traktör tarlada hareket ettiği sürece sürekli veri (koordinatlandırılmış ürün miktarı vb.) kaydı yapılır. Nokta örneklemede arazi koşullarını (örn. Fosfor, potasyum ve nitrojen seviyeleri) modellemede dağınık örnekleme verileri kullanılır. Haritalanmış verinin analizi aşamasında istatistik teknikler mekansal verilere uygulanarak geçerliliği test edilmektedir. Arazide toplanan verilerin regresyon analizi ile ürün verimliliği fonksiyonu elde edilebilir (örneğin mısır üretimi ile potasyum seviyesi arasındaki ilişkinin kurulması). Mekansal modelleme aşamasında ise veri analizi aşamasında kurulmuş olan ilişkiler değerlendirilmekte ve uygulanması gereken optimal çözümler belirlenmektedir. Buna örnek olarak arazideki her bir alana uygulanacak fosfor, potasyum ve nitrojen karışım oranı verilebilir [7].



Şekil 1. Hassas tarım sürecinin dört aşaması [7].

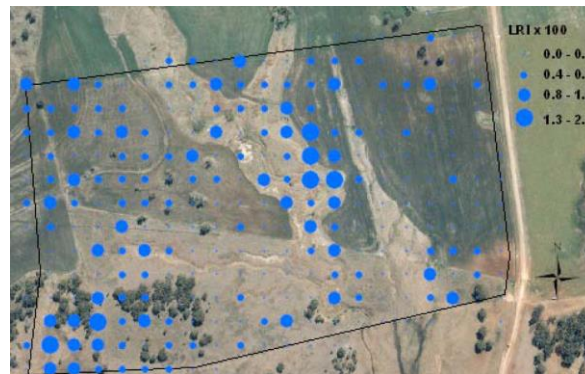
Avustralya'da kullanımda olan örnek bir hassas tarım modeli Şekil 2'de görülmektedir. Bu şekle "Alana özgü ürün yönetimi (SSCM: Site-specific Crop Management) döngüsü" adı verilmektedir. SSCM döngüsü; tarlaların büyüklüğüne göre değişen kaynak yönetimi, toprağın özniteliklerine ilişkin bilimsel tarım uygulamaları ve ürün gereksinimlerini birlikte uygulayabilmek olarak tanımlanabilir [8]. Bu faaliyetler "arazi çeşitliliğine göre farklı işlemler" olarak adlandırılmaktadır. SSCM döngüsü ideal olarak her tarım sezonunda bir kere dönmektedir. Şekilden de görüleceği gibi sistemde 5 ana bileşen bulunmaktadır. Burada uygulamanın alana özgü olma özelliği GNSS ile sağlanmaktadır [5]. Çünkü, tüm tarım faaliyetlerinin icrasında nerede olduğunuzun en doğru ve hassas bilgisi GNSS ile belirlenebilmektedir. Örneğin, bir çayır (otlak) alanındaki çeşitlilik derecesi buranın belirli yerlerinde farklı işlemlerin yapılıp yapılmayacağını belirlemektedir. Uygun modelleme prosedürleri ile ürün verimliliğini etkileyen ölçülmüş faktörlerle ürün verimindeki çeşitlilik ilişkilendirilmektedir. Bu bilgi sonucu bilimsel olarak anlamlı işlem stratejileri planlanabilmektedir.



Şekil 2. SSCM döngüsü [5]

Tarım için buraya kadar anlatılmış konular hayvancılık için de geçerlidir. Benzer şekilde hayvansal üretimde de ister büyükbaş isterse küçükbaş veya kanatlı olsun bütün hayvanların ortalama eşit verime sahip oldukları, su ve yem gereksinimlerinin aynı olduğu, barınma ihtiyaçları ve koşulları arasında farklılık olmadığı varsayılır. Bu varsayımına dayanarak yem, su, ısı, iklimlendirme, havalandırma ve benzeri besleme ve yetiştiricilik kararları verilir. Oysa gerçekte durum çok farklıdır. Bu nedenle HTYS sistemi yalnızca tarım amaçlı kullanılmayıp aynı zamanda hayvancılık ve sulamada da kullanılmaktadır.

Tek hayvanların ve/veya sürülerin izlenmesinde HTYS kullanımı; hayvancılık alanında veri tabanlarının oluşturulmasında ve uygulama planlarının etkin olarak gerçekleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu tür bir çalışmaya örnek olarak hayvanların verimli otlatılmasının takibi ve bunu sağlayacak gerekli tedbirlerin alınması verilebilir. Örneğin, büyük baş hayvan sürüsündeki her hayvanın boğazına GPS monteli bir bilezik/tasma takılır ve bu hayvanların hareketleri sürekli olarak (yada belirlenen zaman aralıklarında örneğin 5 dk. da bir) izlenir. Bu şekilde elde edilecek veriler gerçek zamanlı olarak CBS veri tabanına aktarılarak gerekli analizlerin yapılması sağlanır. Bu analizler hayvan/sürü hareketlerinin (günün değişik zamanlarında ve otlanan yerlerdeki kaydedilen hızları ve kalış süreleri vb.) bir göstergesi olacaktır. Bu veriler bize günün en verimli otlama zamanlarının belirlenmesini ve haritalanmasını sağlayacak ve böylece hayvanların en çok tercih ettikleri ve en uzun süre kaldıkları otlak alanlar belirlenerek etkili bir otlama planı gerçekleştirilebilecektir. Şekil 3’de bu şekilde elde edilmiş bir veri tabanı görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3. Sınırları çevrili bir otlakta hayvanların davranış dağılımı [9]

Şekil 3’de mavi renkli olarak gösterilen yerler büyük baş hayvanların sabah saatlerinde en çok tercih ettikleri otlama alanlarını ifade etmektedir. Burada otlamanın yoğun görüldüğü bölgenin kuzeyi incelendiğinde bir dere yatağının olduğu belirlenmiştir. GNSS verileri kullanılarak söz konusu sürünün zaman-hız grafiklerini de (gece hızı ve süresi, sabah hızı ve süresi, akşam hızı ve süresi vb.) çizdirmek olanaklıdır [9]. Sonuç olarak, GNSS ve CBS kullanılarak hayvanların farklı otlaklardaki ve zamanlardaki

davranışları istatistiksel olarak irdelenebilecek, sürülerin otlama, yatma, ayakta bekleme, yürüme vb. zamanları kaydedilerek etkili ve verimli otlama planları hayata geçirilebilecektir.

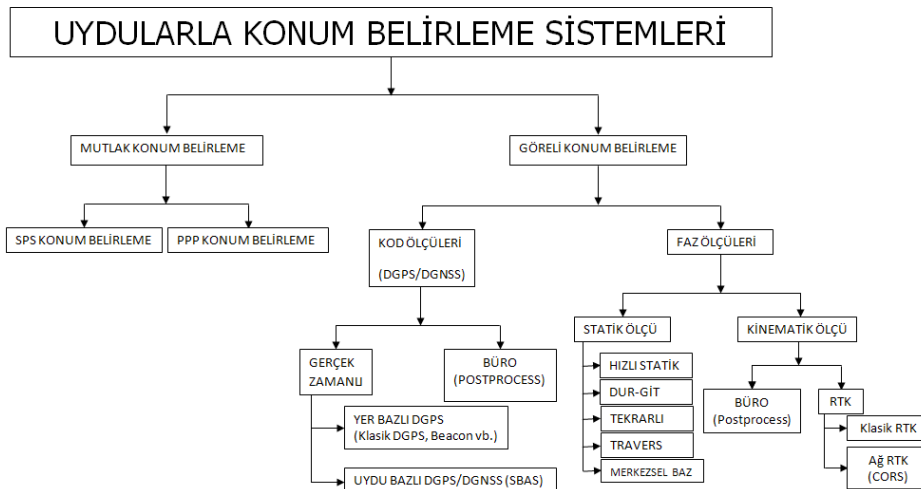
Buraya kadar anlatılmış olan HTYS coğrafi bilgiye dayalı teknolojik bileşenleri hakkında temel bilgiler aşağıda kısaca sunulmaktadır:

2.1 Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS)

GNSS, elinde GNSS alıcısı olan herhangi bir kullanıcının, uydu sinyalleri yardımıyla:

- Herhangi bir yer ve zamanda
- Her türlü hava koşullarında
- Global bir koordinat sisteminde
- Yüksek duyarlılıkta
- Ekonomik olarak
- Anında ve sürekli konum, hız ve zaman belirlemesine olanak veren bir radyo navigasyon sistemidir [10].

Gerçek zamanlı konum belirleme amaçlı olarak birçok GNSS tekniği geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak bilinen ve kullanılanı diferansiyel GNSS (DGNSS) tekniğidir. Diferansiyel GNSS (DGNSS) tekniğinde koordinatları bilinen bir referans istasyonuna dayalı olarak gezen bir alıcının (ölçmeci, uçak, gemi, araba vb.) koordinatları kod (pseudorange) gözlemleri kullanılarak metre mertebesindeki doğruluklarla belirlenmektedir. Ancak, daha yüksek doğruluk isteyen uygulamalarda faz gözlemleri kullanılmakta olup bu da sistemin kullanımında oldukça karmaşık yapılara yol açmaktadır. Bu karmaşık yapının en önemli nedenlerinden birisi faz belirsizliklerinin yüksek doğrulukla çözümündeki sorunlardır. Bu durum özellikle GNSS donanım ve yazılımlarında önemli yeniliklerin geliştirilmesine yol açmıştır. Son yıllarda bu konuda yaşanan gelişmeler sonucu faz gözlemleri ile yüksek doğruluklu gerçek zamanlı kinematik uygulamaların yapılması olanaklı hale gelmiştir. Gerçek zamanlı konum belirlemede yaşanan bu gelişmeler yaklaşık aynı mertebelerdeki doğrulukların hareket halindeki GNSS alıcıları için de geçerli olmasını sağlamıştır. Söz konusu sistemlere gerçek zamanlı kinematik GNSS (RTK GNSS) adı verilmekte olup RTK, zamanın oldukça önemli olduğu hassas tarım, araç takip ve navigasyonu, makine kontrol sistemleri ve kazı-dolgu çalışmaları gibi alanlarda etkili şekilde kullanılan bir teknik ve sistem haline gelmiştir. GNSS ile konum belirleme yöntemleri Şekil 4'de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi RTK/Ağ-RTK ve DGNSS görelî konum belirleme yöntemleridir [11].



Şekil 4. Uydularla konum belirleme sistemleri

RTK ile konum belirleme, gezen (rover) alıcılar tarafından uydulardan (GPS, GLONASS, Galileo vb.) kaydedilen faz gözlemlerine ve aynı anda bir referans istasyonundan gerçek zamanlı olarak gezen alıcıya gönderilen ham ölçü ya da düzeltme bilgilerine (konum, pseudorange, atmosfer vb.) dayalı olarak gerçekleştirilen, hesaplamaların ise genelde gezen alıcıda yapıldığı bir konum belirleme tekniğidir. Klasik RTK tekniğinde elde edilecek doğruluğu, sabit istasyondan olan uzaklığa bağlı olarak artan sistematik (özellikle atmosferik) etkiler sınırlamaktadır. Bu sınırlamalardan kaçınmak için birden çok sabit istasyon kurulması fikrinin uygulanması ve elde edilen deneyimlerden yararlanılması sonucunda sabit GNSS ağları kavramı ortaya çıkmıştır. Burada, 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 GNSS ölçülerini etkileyen en önemli hata kaynaklarından olan iyonosfer ve troposfer hataları yüksek doğruluk isteyen konum belirleme uygulamaları için en düşük seviyeye indirilmiş olmaktadır. Günümüzde gerçek zamanlı uygulamalar (kadaströ ölçmeleri, makine kontrol sistemleri, araç takip ve özellikle uçakların navigasyonu, hassas tarım vb.) bu ağların aktif olmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu şekildeki aktif ağlara genel olarak “Gerçek zamanlı GNSS (RTK CORS) Ağı” adı verilmektedir.

Gerçek zamanlı sabit GNSS ağlarında da konum doğruluğunu etkileyen birçok parametre vardır. Bunlar; sabit istasyonlar arasındaki uzaklıklar, sabit istasyonlarla kontrol merkezi arasında veri alış verişi için geçen zaman (latency), kullanıcının elindeki gezen alıcı (rover) özellikleri ve veri iletişimde kullanılan yöntemin kapsama alanı vb. sayılabilir. ABD GPS ve Rusya GLONASS sistemlerine ilave olarak 2016 yılından itibaren AB Galileo sisteminin de devreye girmesiyle yakın gelecekte CORS ağlarından elde edileceği umulan doğruluklar Çizelge 1’de görülmektedir.

Çizelge 1. CORS ağlarından umulan doğruluklar

Uygulama Alanı	Doğruluk
Jeodezik Datum Belirleme (Jeoid belirleme vb.), Jeofizik-Jeodinamik Çalışmalar, Meteorolojik Çalışmalar.	± 1 mm
Mühendislik Ölçmeleri, Kadaströ Ölçmeleri, Madencilik, Hassas Tarım Çalışmaları, Makine Kontrol Sistemleri.	± 1-2 cm
Gerçek zamanlı araç takip ve navigasyon, Turizm ve hobi amaçlı (yat, dağcılık vb.), Arama Kurtarma.	± 10-15 cm

2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS; kaynakların planlanması ve yönetimine ilişkin problemlerin belirli bir amaca yönelik olarak çözümü için, yeryüzüne ait konumsal (koordinatlandırılmış) ve konumsal olmayan (öznitelik) verilerin/bilgilerin toplanması, depolanması, kontrolü, modellenmesi, analizi, güncellenmesi, sunumu ve yönetimi için kullanılan yazılım, donanım, yöntemler ve personelden oluşan bir sistem bütünü olarak tanımlanabilir.

HTYS amaçlı CBS tabanlı analiz ve modelleme ile genel olarak aşağıdaki sorulara çözüm aranabilir:

- Tarlamanın hangi bölgesinde hangi ürün hangi verimlilikte ekilebilir?
- Tarlamanın verimlilik/rekolte dağılımı geçmişten bugüne kadar nasıldır?
- Tarlama ilişkin potasyum, sodyum, tuzluluk, toprak nemi, toprak türü vb. verilerim ne gibi bir dağılım göstermektedir?
- Tarlama ilişkin herhangi bir karar aldığımda hangi alanlar nasıl etkilenecektir?

- Bu yıl verimi artırmak için tarlamda hangi bölgeye hangi oranda sulama, gübreleme ve ilaçlama uygulamalıyım?
- Tarlamdaki ürün hasarı (hastalık, böceklenme vb.) hangi seviyededir?

Yukarıda verilen sorular bağlamında tarım amaçlı bir CBS sisteminin önemli işlevlerinden birisi de; ürün, verimlilik, topografik haritalar, uzaktan algılama verileri, rekolte keşif raporları ve toprak besin seviyeleri gibi farklı bilgi katmanlarının bilgisayar ortamında depolanmasıdır. Dolayısıyla, koordinatlandırılmış tarım verileri, yorumlamada etkinliği ve isabeti artırmak için görsel özellikler de eklenerek CBS veri tabanında amaca uygun olarak modellenenilmekte, analiz edilebilmekte ve sunulabilmektedir.

2.3 Uzaktan Algılama

Uzaktan Algılama; belirli bir mesafeden sensörler kullanılarak ve fiziksel bir temas olmadan yeryüzündeki cisimler/kaynaklar hakkında havadan ve uzaydan bilgi toplama ve yorumlama tekniğidir. Bu teknikte yeryüzü ile etkileşime giren görünen ve görünmeyen ışınları içeren elektromanyetik enerjinin tespiti ve ölçülmesi söz konusudur.

Yer kaynaklarının araştırılması ve yeryüzünün incelenmesi amacı ile uzaya gönderilen ilk uydu ERTS uydusudur. 1972 yılında yörüngesine ABD tarafından yerleştirilmiş ve adı daha sonra Landsat-1 olarak değiştirilmiştir. Günümüzde birçok uzaktan algılama uydu sistemi mevcut olup bunlardan çok bilinen bazıları; LANDSAT (A.B.D.), IKONOS (A.B.D.), IRS (Hindistan), SPOT (Fransa), ERS (ESA-AB), RADARSAT (Kanada), QUICKBIRD (DigitalGlobe-A.B.D.) şeklinde sayılabilir.

Sonuç olarak uzaktan algılama verilerinden başta haritacılık olmak üzere jeoloji, hidroloji, meteoroloji, sismoloji, ormancılık, tarım, madencilik ve denizcilik gibi birçok alanda yoğun olarak yararlanılmaktadır. Bunlardan tarımdaki genel uygulamalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir [12]:

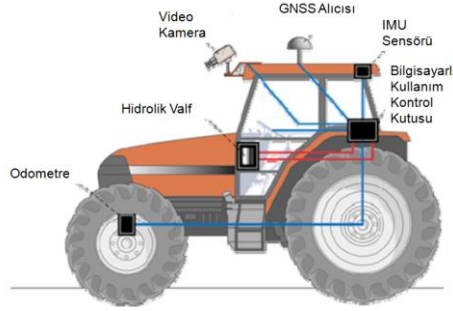
- Ürün Tipini Ayırma
- Ürün Gelişimini İzleme
- Ürün Rekolte Tayini
- Ürün Hasar Tespiti (Hastalık, Böceklenme vb.)
- Toprak Nemi ve Türünü Belirleme ve Sınıflandırma
- Tarım Faaliyetleri Organizasyonu
- Alan yönetimi
- Tarımsal sigortalama

3. HTYS UYGULAMASINDA VERİ TOPLAMA VE KONUM BİLGİLERİNİN ELDE EDİLMESİ ÖRNEKLERİ

HTYS kurulması için gerekli donanım ve yazılım bileşenlerinin nitelik ve niceliği proje yapılacak kurum ya da kuruluşun mevcut CBS yazılım ve donanım altyapısı ile orantılıdır. Bu nedenle aşağıda hiçbir GNSS ve CBS olanağı olmayan bir kuruluş için gerekli standart yazılım ve donanım listesi verilmektedir (Şekil 5):

- GNSS alıcısı ve anteni (her bir tarım makinesi için bir takım)
- Tarım amaçlı hava (sıcaklık, basınç, nem, rüzgar yönü ve şiddeti) sensörü
- Tarım makinelerinin otomatik yönlendirilmesi, sayısal haritalama ve kontrolü için ekranlı konsol (navigasyon kontrol ünitesi)
- Tarım makinesi üzerine monteli kamera
- Araç tekerleği sensörü (odometer, wheel position sensor)
- Hidrolik valf

- Arazinin yapısına göre ihtiyaç halinde IMU(Inertial Measurement Unit) sensörü
- Eğim sensörü
- Su seviyesi için lazer nivo
- Tarım amaçlı CBS yazılımı
- Veri iletişim cihazı ve altyapısı (GSM/GPRS, radyo modem vb.)



Şekil 5. Traktör üzerinde takılması gereken GNSS donanımı

Yukarıda listelenen cihaz ve yazılımların takılı olduğu bir tarım makinesinin operatör/sürücü müdahalesi olmaksızın CBS ve GNSS destekli olarak otomatik alışması Şekil 6’da grlmektedir.



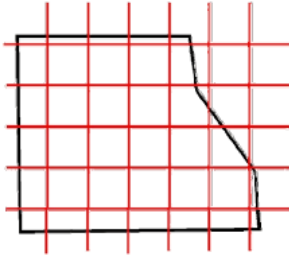
Şekil 6. Tarım makinesinin otomatik olarak tarlayı sürmesi, ekmesi vb. faaliyetleri

Yukarıda verilen standart donanım ve yazılım listesi teknolojik gelişmelere paralel olarak daha profesyonel hale getirilebilir. Örneğin herhangi bir el GPS alıcısı gerçek zamanlı olarak yaklaşık 1 - 10 metre arasında değişen doğruluklarla konum belirleyebilmektedir. Bunun yerine diferansiyel GPS (DGPS) yöntemi ile konum belirlenirse elde edilecek doğruluk yaklaşık 50 cm’ye kadar yükselmektedir. Eğer alışma bölgesinde RTK CORS sistemi varsa elde edilecek gerçek zamanlı konum doğruluğu 2 cm’ye kadar yükselmektedir. Bu GPS/GNSS alıcıları örneğin ürün/nem ölçer gibi bir veri toplayıcı cihaza bağlanırsa kaydedilecek tüm bu veriler GNSS’den elde edilecek coğrafi koordinatlarla koordinatlandırılmış olacaktır. Bunun sonucunda da elde edilen bu koordinatlandırılmış veriler birçok taşınabilir sayısallaştırma cihazıyla mevcut durumun (rn. Hava fotoğrafı ya da çizgisel/sayısal harita üzerinde yabani ot istilasını göstermek gibi) harita olarak çizilmesini sağlar. Arazinin CBS ile haritalanması ile ifti arazisi boyunca tüm koşulları görebilme olanağına kavuşur. CBS kullanılarak aynı zamanda ürün çeşitliliği ile arazi koşulları arasındaki ilişkiler de analiz edilebilmektedir. Bu ilişkilerin bir kez kurulması ile arazideki her farklı konum için yönetim faaliyetleri “reçete” haritasının oluşturulması olanaklıdır. Bunun sonucunda da farklı oranlardaki uygulamalar, GNSS ile elde edilen traktör konum bilgileri söz konusu “reçete” haritası üzerinde işaretlenmekte ve böylece her bir alan için hassas talimatlara göre tohum ekme aralığı veya gübreleme işlemi gibi bilgiler belirlenmektedir.

GNSS ve CBS tarımda birçok alanda kullanılabilmekte olup, aşağıda bunlardan yalnızca bir kaçına örnek verilmiştir.

3.1 Toprak Örnekleme Çalışmaları

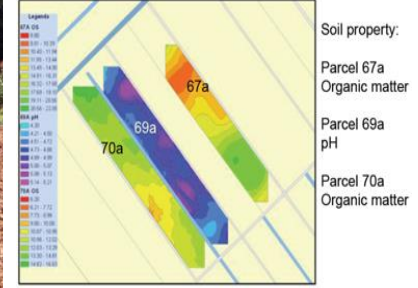
Toprak örnekleme tarım arazisinin belirli bölümlerinden numuneler alınarak bunların kimyasal işlemlere tabi tutularak özelliklerinin belirlenmesidir. Buradaki amaç arazinin hangi yerlerinde hangi oranlarda uygulama yapılmasının gerektiğinin belirlenmesidir (değişken-oran uygulaması). Bu da grid ve hat şeklinde olmak üzere iki farklı biçimde uygulanmaktadır. Grid uygulamada arazi düzgün aralıklı alanlara bölümlenmektedir (Şekil 7a,b,c).



Şekil 7a. Grid arazi



Şekil 7b. GNSS ile örnekleme



Şekil 7c. Toprak haritası

Daha sonra arazinin sınırlarını gösteren bir harita oluşturulur. Bu işlem GNSS alıcısı ile köşe koordinatları belirlenir ve bu bilgiler uydu görüntüleri üzerinde işaretlenerek CBS veri tabanına aktarılır. CBS programı kullanılarak arazi gridlenir ve bu grid köşe koordinatları GNSS alıcılara yüklenerek arazide bu yerlerde toprak örneklerinin alınması gerçekleştirilir. Bu işlem traktöre takılı bir GNSS/CBS sistemi ile kısa sürede uygulanır.

3.2 Büroda CBS ile Belirlenen Ölçü Noktalarının Arazide Bulunması

Gidilecek olan hedef noktası traktörde monteli sayısal harita ekranında seçilir. Buranın koordinatları ekrandaki menü yardımıyla girilir. GNSS pusulalı (açı ve mesafe bilgileriyle) ekran görüntüsü yardımıyla hedefe gidilir.

3.3 Arazinin Topografik Haritasının Yapılması

Traktör üzerine monteli GNSS alıcısı kullanılarak tüm arazi dolaşılır ve örneğin her 10 metrede bir koordinatlar kaydedilerek arazinin sayısal yükseklik modeli(SYM) CBS yazılımı yardımıyla oluşturulur. Elde edilecek SYM ile tarım arazisinde etkili ürün planlaması, erozyon bölgelerinin belirlenmesi, arazi eğim haritalarının çizilmesi, merkezi bindirmeli sulama sisteminin kurulması ve verimli bir sulama yönetimi icra edilebilir.

3.4 Tarım Arazisinin İlaçlanması

Tarım arazilerinde zararlı otlar ve böceklerle mücadele amaçlı ilaçlamalarda ilaçlamanın yapılacağı bölgenin GNSS ile belirlenmiş koordinatları uçak veya ilaçlama yapılacak başka araçtaki CBS veri tabanına (sayısal haritalı) girilerek ekonomik ve israfsız bir ilaçlama yapmak olanaklıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Tarım arazisi ilaçlaması

3.5 Ürün Yönetimi

Tarladaki ürünü toplayan tarım makinesinde mevcut sensörlerle (Grain flow sensor, grain moisture sensor vb.) eş zamanlı olarak GNSS alıcısı da konum bilgilerini örneğin saniyede bir belirler. Bu GNSS bilgilerinden yararlanarak aracın hızı ve hasat yapılan toplam alan hesaplanır. Daha sonra ilgili alana ilişkin ürün haritaları CBS yazılımları yardımıyla elde edilir. Hassas tarım uygulamalarında GNSS ve CBS kullanılması ile sağlanacak bilgiler genel olarak aşağıdaki gibidir:

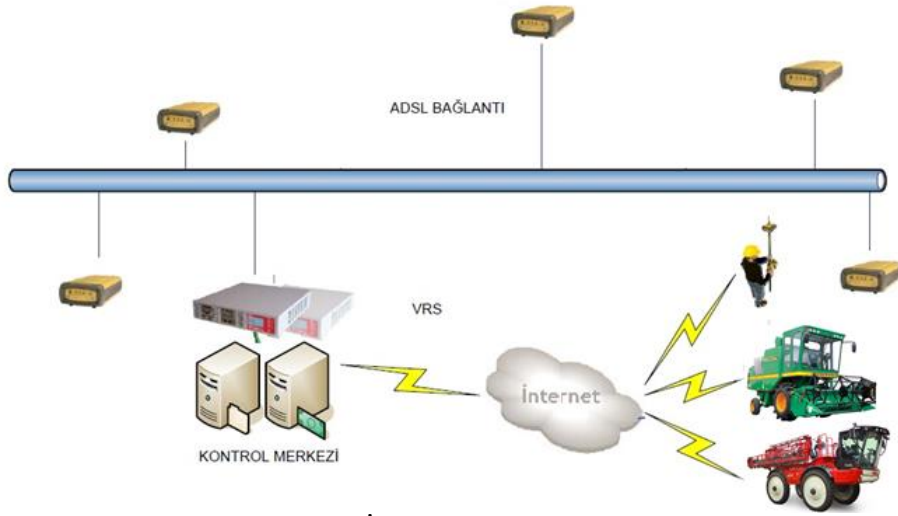
- Arazi topografyası ve SYM (sayısal yükseklik modeli)
- Tarla sınırları ve tarla içindeki mevcut yol durumu
- Tarladaki toprak yapısı ve besin elementleri
- Toprak analizleri sonuçları
- Meteorolojik veriler
- Toprak verimlilik bilgileri
- Sulama bilgileri
- Yabani ot durum bilgileri
- İlaçlama durumu

4. TİGEM CEYLANPINAR TARIM İŞLETMESİ'NDE HASSAS TARIM AMAÇLI SABİT GNSS (CORS) AĞI KURULMASI

Gelişmiş ülkelerde önemli yatırımlarla desteklenmekte olan ve yakın gelecekte standart bir uygulama haline gelmesi beklenen HTYS konusunda Türkiye'de son birkaç yıl içerisinde az sayıda uygulama yapılmış olmasına karşın tarım sektörü bu konuya her geçen gün daha fazla önem vermeye başlamıştır. Örneğin, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına bağlı olarak faaliyet gösteren Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) konunun Türk tarımı açısından önemini önceden kavramış önemli bir devlet işletmemiz olarak bu konudaki ilk somut adımları atmıştır. Üretim verimliliğinin sağlanması, gübreleme ve ilaçlama faaliyetlerinin kontrol altına alınması, tarım makinelerinin çalışma zaman ve sürelerinin kontrol altına alınması, vb. nedenlerle İşletme bünyesinde hassas tarım yönetim sisteminin kurulması için çalışmalar TİGEM Yönetimince başlatılmıştır. Bu bağlamda, TİGEM ile Türksat A.Ş. arasında imzalanmış olan protokol çerçevesinde 15 Haziran 2013 tarihinde Ceylanpınar TİGEM İşletmesi arazisinde 1 adet kontrol merkezi ile 5 adet gerçek zamanlı sabit GNSS istasyonları (SGNSS) ağı kurulumları gerçekleştirilerek HTYS'nin en temel altyapısı oluşturulmuştur.

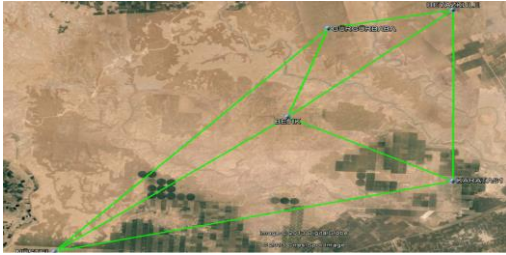
TİGEM Ceylanpınar Tarım İşletmesi yaklaşık 40 km x 80 km'lik bir alana sahip olup, arazinin çok büyük olması nedeniyle İşletme; Merkez, Gümüşsu ve Beyazkule olmak üzere üç ana birimden oluşmaktadır. İşletme arazileri 36° - 37° 20' doğu boylamları ve 39° 30' - 40° 10' kuzey enlemleri arasında yer

almaktadır. İşletme merkezinin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği (rakım) 397 metre olup, en yüksek rakım yaklaşık 520 metre, en düşük rakım ise 370 metredir. TİGEM Ceylanpınar Tarım İşletmesi arazisinde kurulmuş olan sistem 16 Haziran 2013 tarihinden beri çalışmaktadır. Ceylanpınar'a kurulmuş olan genel sistem mimarisi Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. TİGEM SGNSS sistem mimarisi

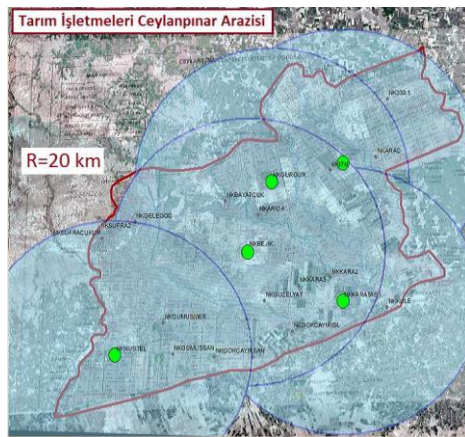
Ceylanpınar GNSS referans istasyonları toplam 5 noktadan oluşmaktadır. Ceylanpınar GNSS ağı koordinatlarının hesaplanmasında bölgeye en yakın olan 5 TUSAGA-Aktif istasyonu (Mardin, Hatay, Şanlıurfa, Viranşehir ve Kilis) koordinat ve GPS verilerinden yararlanılmıştır. Başka bir ifadeyle, Ceylanpınar GNSS ağı TUSAGA-Aktif'e dayalı olarak hesaplanmış olup, tarım uygulamaları esnasında elde edilecek koordinatlar aynı datumda olacaktır. Ceylanpınar Ağı Şekil 10'da, hesaplarda kullanılan TUSAGA-Aktif istasyon yerleri Şekil 11'de, Söz konusu sabit GNSS Ağı'nın kapsadığı alan ise Şekil 12'de görülmektedir. Hesaplamalarda koordinat referans sistemi (datum) olarak, TUSAGA-Aktif'in referans sistemi olan ITRF96 (2005.0) sistemi alınmıştır.



Şekil 10. Ceylanpınar Sabit GNSS Ağı



Şekil 11. Ceylanpınar TUSAGA-Aktif yerleri



Şekil 12. Ceylanpınar Sabit GNSS Ağı kapsama alanı (R: her bir istasyonun 2 cm doğruluk sağlayacağı dairenin yarıçapını göstermektedir)

Bu makalede anlatılmış boyutlarıyla Hassas Tarım uygulaması Türkiye’de henüz yeni bir konudur ve bu nedenle söz konusu uygulama ile elde edilecek tasarruf oranları hakkında yerli kaynaklarda çok az bilgi vardır. Bununla birlikte yurt içi ve yurt dışında yapılmış uygulama ve araştırmalarda HTYS kullanımının tarımsal maliyetleri oldukça dışurdugu, etkili bir ürün izleme ve analiz sistemi kurulduğu, verimliliğin arttığı, çevreye duyarlı bir faaliyet oluşturulduğu ifade edilmektedir. Örneğin, [4]’de; 2008 yılında Çukurova Bölgesinde 250 ha’lık bir alanda yapılan bir çalışmada hassas tarım yatırımı sonucunda:

- mısır üretiminde %4.01’lik denge verim artışı elde edildiği,
- %13.13 gübre azaltması,
- %55.84’lük ilaç azaltması,
- %23.35’lik tohum azaltması,
- %7.51 tüm maliyetlerde azaltma elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Hassas tarım amacıyla yapılmış olan bu çalışma incelendiğinde özellikle haritacılık ve GPS/GNSS kullanımında uygun yazılım ve ekipmanın kullanılmamış olduğu görölmektedir. Buna karşın yine de önemli ölçüde tasarruf yapıldığı görölmektedir.

Diğer taraftan, hassas tarım amaçlı benzer bir çalışma çok daha profesyonel ve iyi koşullarda İspanya’da gerçekleştirilmiş olup, bu çalışmaya ilişkin sonuçlar izelge 3’de verilmektedir.

Çizelge 3. RTK kullanılarak elde edilmiş tasarruf miktarları

Dümenleme Sistemi	Fiyatı (Euro)	Maliyetin Geri Dönüşüm Süresi (Yıl)			
		10 ha	100 ha	500 ha	1000 ha
DGNSS	12.960,00	89,4	8,9	1,8	0,9
RTK	21.692,00	119,2	11,9	2,4	1,2

izelgeler 3’den de görüleceği gibi, gerçek zamanlı sabit GNSS ağları veya gerçek zamanlı kinematik (RTK) GNSS ölçüleri kullanılarak hassas tarım yatırım maliyetleri çok kısa sürede geri dönebilmektedir. Ancak, unutulmamalıdır ki makale içerisinde de ifade edilmiş olduğu gibi hassas tarım GNSS, CBS, uzaktan algılama, tarım makinesi ürün sensörleri, tarım makinesi konsolu vb. yazılım ve ekipman bileşenlerinden oluşan bir bütündür ve etkili bir tasarruf sağlanabilmesi için sistem bütün bileşenleri planlanarak kurulmalıdır. Bu ise çok disiplinli bir çalışma gerektirmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hassas Tarım Yönetim Sistemi (HTYS) uygulaması günümüz bilgi teknolojilerinin arazi ve büro uygulamalarında birlikte kullanımına en iyi örneklerden birisini oluşturmaktadır. Söz konusu bilgi teknolojileri CBS, GNSS, Uzaktan Algılama, araç sensörleri, iletişim teknolojileri, yazılım ve donanımları kapsamaktadır.

HTYS uygulaması çiftçiler ile Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının tarım sektörüne yönelik kararlarının temelini oluşturacak olan yüksek doğruluklu bir arşiv oluşturmalarını sağlayacaktır. Başka bir ifadeyle tarım ve hayvancılıktan sorumlu kurum ve kuruluşların doğru zamanda, doğru yerlerde ve doğru şekilde faaliyet göstermelerinin yolunu açacaktır. Bu uygulamanın çiftçilere katkısı da büyük olacaktır. Çiftçiler çalışmalarını artık daha bilinçli ve eğitilmiş olarak sürdürecekle, sayısal verilerle ve elektronik haberleşmeyle daha içiçe olacaklardır. Diğer bir deyişle, tarladan – sofraya uzanan zincir teknoloji ile donatılmış olacaktır. Ayrıca bilinçli tarımla maliyet düşecek, verimlilik ise artacaktır. Sonuç olarak HTYS sisteminin Türkiye’de kurulmasının amacı çiftçileri ve kurumu veriye boğmak değil, aksine bu verilerin karar destek aracı olarak kullanılmalarını sağlamaktır.

NOT

Bu alışma, Hitit niversitesinde 15-17 Ekim 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen 7. Mühendislik lmeleri Sempozyumunda sunulan ‘‘Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (GNSS)’nin Hassas Tarımda Kullanımı ve Sağladığı Katkıları’’ başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

6. KAYNAKLAR:

1. Davis , G., W.Casady, Ray Massey (2004): Precision Agriculture: An introduction. Water Quality (WQ 450), University of Missouri, Colombia.
2. Gcđdemir, İ., U. Türker, A. Karabulut ve . Arcak (2004): Hassas Tarım Teknolojilerinin Türkiye’deki Uygulamaları. Toprak Gübre ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü. Ankara.
3. Tekin, A. B. ve K. O. Sındır (2006): Tarımsal retimde Hassas Tarım (Precision Farming) Uygulamaları. XI. Türkiye’de Internet Konferansı, 21-23 Aralık 2006, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara.
4. Özgüven, M.M. ve U.Türker (2010): Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2010, 7(1).
5. McBratney, A.B. and B. Whelan (2001): Precision Ag - Oz style. Proceedings of the 1st Australian Conference on Geospatial Information in Agriculture, NSW Agriculture pp 274-282.
6. Vatandaş, M., M.Gner, U.Trker (2005): Hassas Tarım Teknolojileri, VI. Teknik Tarım Kongresi, TMMOB Ziraat Mhendisleri Odası, 03-07 Ocak 2005, Ankara.
7. Berry J.K. (1998): Who’s Minding the Farm?: Precision Agriculture, Yield Mapping and Site-specific Farming. GeoWorld, February 1998, Vol. 11, No. 2, pgs. 46-51.
8. Whelan, B. (2006): Site-specific Crop Management (SSCM) for Australian Gains:How to begin. Australian Center for Precision Agriculture, University of Sydney, NSW 2006.
9. Trotter, M.G., D.W. Lamb, G. N. Hinch and C. N. Guppy (2010): GNSS Tracking of Livestock: Towards Variable Fertilizer for the Grazing Industry. 10th International Conference on Precision Agriculture, 18-21 July, 2010 Denver, USA.
10. Kahveci, M. ve F.Yıldız (2009): Global Konum Belirleme Sistemi (GPS), 4.Baskı, Nobel Yayınları, Ankara.
11. Kahveci, M. (2009): Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Zerpa Yayıncılık, 1.Baskı, Ankara.
12. URL1: http://tr.wikipedia.org/wiki/Uzaktan_alg%C4%B1lama