

FİKRİ ÇIKTI - IO3

Mahsul Sağlığı Analizi, Algılama ve Fotogrametri

Tarih: 06.2022

Proje Başlığı: Akıllı Tarım Eğitimi ve Uygulaması

Proje Kodu: 2020-1-EL01-KA226-VET-094682

Project Kısa Adı: SATI



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Önsöz

Bu bilgi ürününde kullanılan tanımlamalar ve materyalin sunumu, herhangi bir ülke, bölge, şehir veya alanın veya yetkililerinin yasal veya kalkınma statüsü ile ilgili proje tarafında herhangi bir görüş ifadesi anlamına gelmez. Patentli olsun ya da olmasın, belirli şirketlerden veya üreticilerin ürünlerinden olası söz edilmesi, bunların, söz edilmeyen benzer nitelikteki diğerlerine tercihli olarak bu projenin ortaklığı tarafından onaylandığı veya önerildiği anlamına gelmez. Bu bilgi ürününde ifade edilen görüşler yazar(lar)a aittir ve ortakların görüşlerini yansıtmayabilir. Aksi belirtilmediği sürece, kaynak ve telif hakkı sahibi olarak projenin uygun şekilde kabul edilmesi ve ortaklığın kullanıcıların görüşlerini, ürünlerini veya hizmetlerini onayladığı hiçbir şekilde zımnen değildir.

SATI © 2021

İçerik

Fikri Çıktı Tanımı	3
Kolofon	5
Metodoloji	6
1. Hassas tarıma (PA) giriş.....	7
1.1.PA'nın Tanımı	7
Mekansal ve zamansal değişkenlik	10
Uygulamalar: sebze bitkileri, ekilebilir ürünler, bağcılık (vaka çalışmaları)	12
2. KA uygulamasının ilerlemeleri ve fırsatları	17
2.1.Örnekleme ve veri toplama	17
2.2. Veri analizi ve sunumu	19
2.3. Raporlama, izlenebilirlik ve çiftçi geri bildirimi.....	22
2.4. Düşük maliyetli mevcut teknoloji ile KA Nasıl Uygulanır.....	24
3. Sensörlere giriş	26
3.1. Metroloji (doğruluk, kesinlik, çözünürlük, hata vb.)	26
3.2. Sinyal türleri.....	27
3.2.1. Analog ve dijital.....	27
3.3. Sensör sınıflandırması.....	29
3.3.1. Ölçüm prensibine göre sınıflandırma.....	29
3.3.2. Ölçülen değişkene göre sınıflandırma.....	29
4. Küresel navigasyon uydu sistemleri.....	30
4.1. Drone'lara karşı çalışma prensibi ve hataları.....	30
4.2. Alıcılar ve doğruluk.....	33
4.3. Tarımda uygulamalar (vaka çalışmaları).....	33
5. PA için Ticari Sensörler.....	36
5.1. Mahsul algılama.....	36
5.1.1. Gölge ve biyokütle karakterizasyonu.....	37
5.2. Çiçek ve meyve izleme.....	39
5.3. Mahsul Sağlığı algılama.....	40
5.4. Yabancı ot tespiti ve sınıflandırılması.....	42
5.5. Su stresi.....	43
5.6. Verim izleme (NDVI ve VARI indeksi).....	44
6. Sensör verilerinin işlenmesi: sensör verilerinden çiftçi bilgilerine.....	44
6.1. Vaka çalışmaları uygulamaları.....	44
6.2. Gerçek zamanlı veri işleme.....	48
7. Çiftlik yönetim bilgi sistemi.....	49
8. Fotogrametri.....	51
9. Kaynaklar.....	54
10. Sorular.....	57

3 Fikri Çıktı Tanımı

Hassas Tarım (PA), bilgi teknolojisi, uydu konumlandırma (GNSS) verileri, uzaktan algılama ve yakın veri toplama (doi: 10.2861/587580) kullanan tüm çiftlik yönetimi yaklaşımıdır. Bu proje, tarımın en ileri zorluklarında eksiksiz bir eğitim platformu sağlamayı amaçlamaktadır. Konular, ziraat mühendisleri, tarım sigortası uzmanları ve çiftçiler için temel gereksinimlere göre seçilmiştir. Fotogrametri, Tarla keşif, Bitki Sağlığı Analizi ve Sensörler ve İnsansız Hava Sistemlerinin (UAS) kullanımı gibi konular, teori ve vaka çalışmaları olarak basitleştirilmiş bir şekilde anlatılmakta ve analiz edilmekte, böylece yeni trendler ve sadece yeni trendler değil çevre bilimi ve tarım sektöründeki politikaların da, uzmanlara tanıtılması sağlanmaktadır.

Bu çıktı, tarımda kullanılan farklı sensör türlerini ve bir tarla haritasının yanı sıra hava ve diğer fiziksel parametrelerin uzaktan izlenmesine yönelik prosedürleri sunacaktır. Bir çiftlik işletmecisinin kararlarını vermek için bu bilgileri beklediği düşünüldüğünde temel bir süreçtir. Bu kurs çiftçilere ve ziraat mühendislerine yöneliktir ve çiftçiler, ekimlerinin sağlığını tahmin etmek için uygun sensörlü ve su stresi ve verim tahmini gibi unsurları ölçmek için bir UAS kullanmanın temellerini öğreneceklerdir.

Bu dersin giriş modülü, yeni başlayanlar için bitki fizyolojisi ve fotosentez olacaktır. Modül, agronomist olmayanlar veya biyologlar tarafından bile anlaşılabilir olacak ve çeşitli disiplinlere sahip kursiyerlere odaklanacaktır. Amaç, kursta, örneğin çiftçiler gibi, bilimsel olmayan geçmişe sahip operatörlere (ancak bu aşamada kursiyerler için) anlaşılır bir eğitim materyali sağlamaktır. Daha fazla çalışma için ileri düzey okuyucular için ekstra materyal mevcut olacaktır. Böylece materyal ile geniş bir kitleye ve farklı hedef gruplara hitap ediyoruz.

Ek olarak, bu çıktıda, kursiyerler arasında genişletilmiş bir bilişsel arka plan olduğu göz önünde bulundurularak, materyalin basitleştirilmiş bir şekilde sunulmasına özel önem verilecektir. Potansiyel kursiyerlerin mevcut farkındalığı nedeniyle çok popüler çıktı olması bekleniyor. Farklı sensörlerin özellikleri açıklanacak ve bu sensörlerin kullanımına ilişkin bilimsel arka plan sunulacak ve standartların yanı sıra vaka çalışmaları / en ticari sensör örnekleri analiz edilecektir. Haritalama, kursun nihai kapsamıdır. Ortaklık, hasattan sonra elde edilen gerçek veriler olan deneysel alanlardan gerçek haritalar vaka çalışmaları olarak sunacak ve kullanacaktır. Böylece, veri toplamak için "geleneksel" araçların ve bu proje tarafından yenilikçi bir şekilde önerilenlerin paralel bir sunumu olacaktır. Kursiyer, teknolojinin son kullanıcısı olacak olan çiftlik operatörü veya tarım danışmanı için yeniliğin nerede olduğunu ve elde edilen avantajların neler olduğunu anlama fırsatına sahip olacaktır.

Fotogrametriye ilişkin Dersin ilk bölümü, tarımda uzaktan algılamanın 35 yıllık tarihine, uydu görüntülerinin ve havadan fotogrametrinin düşük uzamsal ve zamansal çözünürlüğünden daha ileri teknolojilere ve onu tarımda kullanma fikirlerinin ardındaki kavramlara genel bir bakış olacaktır. İkinci modül, uzaydaki ve havadaki sensörlerden bilgi çıkarmanın mevcut teknolojilerine ve bilgilerin hassas tarımda uygulanmasına odaklanacaktır. Havadaki multispektral, RGB ve termal kameralara ve LiDAR sistemlerine ve uzay kaynaklı optik ve radar sensörlerine dayalı uygulamalar şunları içerecektir: ekin sağlığı izleme, biyokütle ve verim tahmini, yönetim bölgeleri, hastalık tespiti, bitki sayımı, arazi veya gölgelik mimarisi vb.

Tarımdaki paydaşlara (örn. çiftçiler, ziraatçılar, sanayi vb.) ve onların paydaşlarına sunulan hizmetler için, arayüz görevi gören, web ve masaüstü bilgisayar uygulamaları ve bunların fonksiyonları analiz edilecektir. Materyal, piyasada ne mevcut ve nasıl kullanılabileceği hakkında,

4 farklı geçmişe sahip kursiyerlere (çiftçilerden ileri düzey kullanıcılara kadar), benzersiz bir eğitim sağlayacaktır. Üçüncü modül, kursiyerleri uzaktan veri toplama ve bilgi sağlama konusunda geleceğe hazırlamayı hedefleyecektir. Drone'lardan ve saha tabanlı sensör sistemlerinden gelen yüksek uzamsal çözünürlüklü verilerle yüksek zamansal ve spektral çözünürlüğe sahip uydu verileri arasındaki sinerji trendini tartışacaktır. Veri füzyonu, Yapay Zeka yöntemleri ve Nesnelerin İnterneti gibi teknolojilerin gücü ele alınacaktır. Bu çıktı, yeni nesil Hassas Tarımın her türlü son kullanıcıya hitap etmek için oluşturulacaktır.

Ek olarak, diğer Entelektüel Çıktıların bir parçası olduğu ve daha çok tarım bilimi geçmişine sahip kursiyerlere yönelik olduğu için, son kullanıcılar olarak İHA'ları ve uydu görüntülemeyi, fotogrametriyi kullanmanın temelleri.

- Uzaktan algılama ve bitki örtüsü indekslerinin (ör. NDVI) üretiminde kullanımı
- Kursiyerler ayrıca drone'lardan üretilen haritaların nasıl "okunacağını" ve bir haritanın nasıl hazırlanacağını ve bir alandaki çeşitliliğin nasıl gerekçelendirileceğini öğrenecekler. Kurstan sonra kursiyerler haritaları karşılaştıracak, çiftliklerinin evrimini sonuçlandıracak ve tarlalarındaki olası tehditleri belirleyecek ve potansiyel verimi tahmin edeceklerdir.

Diller: İngilizce, Yunanca, İspanyolca, Türkçe

Çıktı türü: Kurs / müfredat - Pilot kurs / modül

Başlangıç Tarihi: (gg-aa-yyyy) 01-03-2021

Bitiş Tarihi: (gg-aa-yyyy) 30-06-2022

Sürüm: 1.1

Kolofon

Bu kursun içeriği çeşitli kaynaklara dayanmaktadır:

- MKV International Consulting Training Services & Trade Company Limited'in uzmanları tarafından geliştirilen öğrenme materyalleri
- Bu proje kapsamında sıfırdan geliştirilen eğitim materyali
- MKV Danışmanlık ve Ankara Üniversitesi Tarım Teknolojileri Bölümü'nün geçmiş ve güncel araştırmalarından üretilen araştırma materyali
- Bu dersin "İleri Çalışma" bölümünde açıklanan kaynaklar Materyaller kitap ve E-Öğrenim

Platformu uzaktan eğitim Materyali olarak hazırlanmıştır. Adınız yanlılıkla çıkarılmışsa lütfen bizimle iletişime geçin (info@mkv-consulting.com).

Bu çalışma kapsamındaki kurs materyali, Creative Commons Attribution-Noncommercial 2.0 Generic Lisansı ile lisanslanmıştır.



Metodoloji

Çıktı türü Kurs / müfredat - Pilot kurs / modüldür. Her katılımcı ülke için resmi kaynaklardan veriler toplanacak ve son vakalar sunulacaktır.

Ortaklar, çıktıya eşit olarak katkıda bulunacaktır.

MKV, bu teknolojinin Türkiye'deki kilit oyuncusu ve Avrupa düzeyindeki varlığı ile sensör teknolojisindeki uzmanlığını aktararak katkıda bulunacaktır. Algılama ve alan haritalamanın son teknolojik gelişmelere dayanan ve kesinlikle bilimsel temeli olan iki kavram olduğu göz önüne alındığında, MKV tarafından sensörleme ve Gilab tarafından haritalama konusunda eğitim materyalinin ilk sunumundan sonra ortaklık, materyali VET amaçları için, bu projenin kapsamı gibi, basitleştirecektir. Bahsedilen Gilab, sırasıyla büyük ticari yazılımlarla eşleştirmeyi hazırlayacak ve bu durumda da aynı yöntem izlenecektir.

Bu çıktı, projenin sunumunda ve genel görünümünde, ayrıca yaygınlaştırma amacıyla da önemli bir role sahiptir, çünkü hassas çiftçilik denen şeyin en yaygın görünümü, bir alanın haritasını çıkaran bir UAS'dir. Bu nedenle, diğer ortaklar, veri toplama, eğitim materyali hazırlama, materyalin basitleştirilmesi gibi ilk göreve eşit olarak katkıda bulunacaklar, aynı zamanda çıktı sonuçlarının paydaşlara sunumuna ve dağıtılmasına, sonuçların bazıları, bu çıktı için de kullanılabilir, çıktı Yaygınlaştırma videosu ile birlikte eşit olarak katkıda bulunacaklardır. Bu görev, eğitim merkezi olarak İspanyol Ortak (UPA) ve Spirito'nun (Yunanistan) yaygınlaştırma kapasitesine ve yaygınlaştırma için belgesel hazırlamada EIEO ve MKV'nin deneyimine dayanacaktır. Çıktının hazırlanması için veri kaynağı, esas olarak Ol'deki ortakların devam eden çalışmalarından olacaktır.

Gilab, hem H2020 projelerinden hem de kendi ticari çözümlerinden uzak sensörler veri odaklı PA sistemleri ve uygulamaları konusundaki bilgi ve deneyimini aktaracak. Materyal, PA için jeo-uzamsal verileri toplamak ve analiz etmek için kullanılan teknolojiler ve en iyi uygulama örnekleri için teorik temel sunmak üzere yapılandırılacaktır. Vakalar, teknolojinin yararlılığını göstermek ve kursiyerlere teknolojiyi nasıl kullanacaklarını öğretmek için tasarlanacaktır. Spirito, MKV ve EIEO'nun eğitim ve öğretimdeki tecrübesi, kursiyerlere en fazla fayda sağlayacak yaklaşımı benimsemek için çok önemli olacaktır. UPA, küçük çiftçilerle yakın temas halinde olan küçük çiftçiler birliği olarak, materyali, ileri teknolojilerden ve KA'dan önemli ölçüde yoksun olarak kabul edilen kullanıcılar için basitleştirilmiş ve anlaşılır olacak şekilde uyarlayacaktır.

Giriş

1. Hassas tarıma giriş (PA)

1.1. PA'nın Tanımı

Hassas tarım (PA), ekonomik getirileri artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için tarımsal girdilerin kullanımındaki mekansal ve zamansal değişkenliğin yönetimidir. PA ile başlayan süreç, hassas tarımın devamı olarak kablosuz iletişim tekniklerinin oldukça geliştiği günümüzde her yerden bağlanabilme özelliği ile akıllı tarım süreçlerine yol açmıştır. Toprak yapısı bölgeden bölgeye değişiklik göstererek mekansal değişkenliğe neden olduğu için hiçbir arazi kendi içinde bile homojen bir yapıya sahip değildir. Bir üretim alanı dikkatli bir şekilde incelendiğinde, bitkilerin tarla içinde farklı şekilde geliştiği kolaylıkla gözlemlenebilir. Peki, aynı alan içinde bu farklılıkları yaratan nedir? Bu farklılıkların nedeni toprağın her hektarda hatta her metrekarede değişebilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısıdır. Sensörlerin ve PA araçlarının kullanılması, verimliliğin artması ve maliyetlerin düşmesiyle sonuçlandı ve tarımsal üretkenliği artıran karar verme araçları sağladı.

PA, doğal ve yönetim kaynaklı varyasyonları hesaba katan siteye özel öneriler oluşturmak için bilgi çağından doğan teknolojileri kullanır. PA teknolojilerinin karar sürecinde çiftçinin temel rolünün yerini almadığını belirtmek önemlidir. PA'nın arkasındaki temel fikirler, iyileştirilmiş yönetim kararları, daha yüksek verim ve azaltılmış tarımsal etkilerden oluşur. PA genellikle GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi), GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Fotogrametri ve Uzaktan Algılama (RS) otomatik yönlendirme, verim monitörleri ve değişken oranlı gübre gibi teknolojilerle tanımlanır. Bu teknolojiler ne kadar önemli olsa da, insan karar verme sürecinin PA başarısı için önemli bir bileşen olduğunu anlamak için derinlemesine düşünmek gerekir (Fulton, 2018; Griffin ve diğerleri, 2018).

PA'nın başarılı bir şekilde uygulanmasının aşamaları Şekil 1'de verilmiştir. Birincisi ürün, toprak, arazi ve çevre hakkında mümkün olduğunca çok veri toplamaktan ibarettir. Bu aşamadaki çıktı, bilgi çıkarma aşaması sırasında işlenecek verilerdir. Veriler bilgiye dönüştürüldüğünde, yönetim kararları verme zamanıdır. Bu aşamadaki çıktı, son aşamada uygulanacak reçetelerdir. Döngünün etrafındaki oklar, her aşamada gerekli olan olası girdilerdir. Bilgi ve reçeteler haritalar olarak görüntülendiğinde ve döngünün tamamlanması birkaç gün sürdüğünde, harita tabanlı PA olarak adlandırılan durum budur. Hangi tür bilgilerin daha iyi karar vermeyi sağlayacağını anlamaktan ve mekansal olarak referans alınan bilgileri toplamanın uygun maliyetli yollarını bulmaktan ve bunu bir havzanın belirli bölümlerinde veya bir çiftlik içindeki alanlarda arazi kullanımı ve arazi yönetimi kararlarını iyileştirmek için kullanmaktan bağımsızdır. Farklı yönetim amaçları için PA alımında bazı genelleştirilmiş adımlar Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Hassas tarımın başarılı bir şekilde uygulanmasının aşamaları

PA Cycle-Hassas Tarım Döngüsü, Decision Making-Karar Alma Süreci, İnformation-Bilgi, Operation in the field-Tarlada Operasyon, Data Acquisition-Veri Toplama (www.newaginternational.com)

Hedefler	PA araçları ve teknikleri nasıl kullanılabilir?
1 Ortalama mahsul yönetimini optimize edin ve çiftçilik verimliliğini artırın	Mahsul keşfi ve toprak örnekleme için GPS konumu ve kaydı ve basit padok deneyleri (ör. yeni çeşitler veya böcek ilaçları). Verimliliği artırmak (ör. azaltılmış örtüşme), kontrollü trafik veya yükseltilmiş yatak sistemleri oluşturmak, sıralar arası ekim, korumalı püskürtme vb. için araç yönlendirme ve otomatik yönlendirme.
2 Mekansal ve mevsimsel değişkenliğin yerini ve büyüklüğünü belirleyin	Verim miktarı/kalite monitörleri ve toprak sensörleri ile bağlantılı GPS ve değişkenlik haritaları geliştirmek için kullanılan coğrafi referanslı uzaktan algılanan veriler. Verim ve kalite bazında hazırlanan brüt marj haritaları. Sabit nispi verim veya marj alanlarını belirlemek için haritalar mevsimler ve mahsuller arasında karşılaştırılabilir.
3 Mekansal değişkenliğin nedenlerini ve optimal yönetim yanıtını belirleyin	Muhtemel nedensel faktörleri belirlemek için birkaç mevsimlik PA veri katmanlarını birleştirin, ardından doğrulamak için hedeflenen saha araştırması (ör. toprak profili örnekleme) yapın. Alternatif yönetim yanıtlarını test etmek için mahsul ve finansal modellerle iklim verilerini kullanın (örn. kaçının, girdileri azaltın, mahsulü toleranslı büyütün veya iyileştirin)
4 Üretim girdisini optimize edin: tahıl miktarı ve kalitesi için çıktı oranı. Brüt marjı en üst düzeye çıkarın ve çevresel ayak izini en aza indirin	Bir padok veya çiftlik ölçeğinde yönetim bölgelerini betimlemek için PA veri katmanlarını kullanın, bunları mahsul kararlarını (örn. Sonuçları kontrol etmek ve daha fazla uyarlanabilir yönetimi desteklemek için getiri izleyicilerini ve finansal analizi kullanın
4 Tahıl kalite kontrolünü ve ürün pazarlamasını iyileştirin	Kalite gereksinimlerini karşılamak ve fiyat avantajları elde etmek için tahıl kalitesi monitörleri ve ayırma araçlarıyla birlikte GPS kullanın. Saha operasyonlarının ve tahıl yüklerinin elektronik bilgi etiketlemesi ve Çevre Yönetim Sistemlerine indirilmesi, pazarlama ve kalite kontrol/güvenceyi desteklemek için veri sağlar
5 Çiftlik deneylerini/denemelerini artırın	Sonuçları kaydetmek için doğru yerleşimi ve verim monitörlerini etkinleştirmek için GPS ile çiftlikte denemeler tasarlamak için PA haritalarını kullanın

Şekil 2 Farklı yönetim amaçları için KA alımında geliştirilmiş adımlar (Leonard ve Philip, 2006)

Hassas Tarım Teknolojileri

Bilgiyi etkili bir şekilde toplamak ve kullanmak için, hassas çiftçiliği düşünen herkesin mevcut modern teknolojik araçlara aşina olması önemlidir. Geniş araç yelpazesi donanım, yazılım ve en iyi yönetim uygulamalarını içerir. Bunlar aşağıdaki paragraflarda kısaca açıklanmıştır.

Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) alıcıları: Küresel Konumlandırma Sistemi uyduları, GPS alıcılarının konumlarını hesaplamasına izin veren sinyaller yayınlar. Bu bilgi gerçek zamanlı olarak sağlanır, yani hareket halindeyken sürekli konum bilgisi sağlanır. Herhangi bir zamanda kesin konum bilgisine sahip olmak, toprak ve mahsul ölçümlerinin haritalanmasına olanak tanır. Sahaya taşınan veya aletlere monte edilen GPS alıcıları, kullanıcıların bu alanları tedavi etmek için belirli yerlere dönmesine izin verir.

Verim izleme ve haritalama: tahıl verimi monitörleri, bir biçerdöverdeki tahıl akışını sürekli olarak ölçer ve kaydeder. Bir GPS alıcısı ile bağlandığında, verim monitörleri, verim haritaları için gerekli verileri sağlayabilir. Verimli yönetim kararları almak için verim ölçümleri gereklidir. Ancak verim haritası yorumlanırken toprak, peyzaj ve diğer çevresel faktörler de dikkate alınmalıdır. Verim bilgisi, gübre değişiklikleri, tohum, toprak işleme ve sulama dahil pestisitler gibi yönetilen girdilerin etkilerinin belirlenmesinde önemli geri bildirim sağlar. Tek bir yıla ait verim ölçümleri hava koşullarından büyük ölçüde etkilenebileceğinden, her zaman birkaç yıllık verim verilerinin incelenmesi tavsiye edilir.

Uzaktan algılama: Uzaktan algılama, bir mesafeden veri toplanmasıdır. Veri sensörleri, uçağa veya uyduya monte edilen, elde tutulan cihazlar olabilir. Uzaktan algılanan veriler, mahsul sağlığını değerlendirmek için bir araç sağlar. Nem, besin maddeleri, sıkıştırma, mahsul hastalıkları ve diğer bitki sağlığı sorunları ile ilgili bitki stresi, havai görüntülerde genellikle kolayca tespit edilir. Elektronik kameralar, sağlıklı bitki dokusuyla yüksek oranda ilişkili olan yakın kızılötesi görüntüleri de kaydedebilir. Yüksek spektral çözünürlüğe sahip yeni görüntü sensörleri, uydulardan toplanan bilgileri artırıyor. Uzaktan algılama, mahsul verimini etkileyen sezon içi değişkenliği ortaya çıkarabilir ve mevcut mahsul için karlılığı artıran yönetim kararları almak için yeterince zamanında olabilir. Uzaktan algılanan görüntüler, mahsul stresinin yerini ve kapsamını belirlemeye yardımcı olabilir. İzleme ile birlikte kullanılan bu tür görüntülerin analizi, mahsul stresinin belirli bileşenlerinin nedenini belirlemeye yardımcı olabilir. Görüntüler daha sonra tarımsal kimyasalların kullanımını optimize eden bir leke tedavi planı geliştirmek ve uygulamak için kullanılabilir.

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS): Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), haritalar üretmek için özellik niteliklerini ve konum verilerini kullanan bilgisayar donanımı ve yazılımıdır. Tarımsal CBS'nin önemli bir işlevi, verimler, toprak etüt haritaları, uzaktan algılanan veriler, ürün keşif raporları ve toprak besin seviyeleri gibi bilgi katmanlarını depolamaktır. Coğrafi olarak referans verilen veriler, yorumlama için görsel bir perspektif ekleyerek CBS'de görüntülenebilir. Veri depolama ve görüntülemeye ek olarak, yönetim senaryolarının bir analizini üretmek için veri katmanlarını birleştirerek alternatif yönetimi değerlendirmek için kullanılabilir.

Bilgi yönetimi: PA'nın benimsenmesi, yönetim becerilerinin ve ilgili bilgi veritabanlarının ortak gelişimini gerektirir. Bilgiyi etkili bir şekilde kullanmak, bir çiftçinin karar vermek için gerekli olan iş hedefleri ve önemli bilgiler hakkında net bir fikre sahip olmasını gerektirir. Etkili bilgi yönetimi, kayıt tutma analiz araçlarından veya bir CBS'den daha fazlasını gerektirir.

1.1.1. Mekansal ve zamansal değişkenlik

Hassas tarımın benimsenmesini sağlayan koşul değişkenliktir. Değişkenlik uzamsal ve zamansal bileşenlere ayrılabilir. Mekânsal değişkenlik, mahsul, toprak ve çevresel özelliklerdeki mesafe ve derinlik üzerindeki değişiklidir. Zamansal değişkenlik, zaman içinde ürün, toprak ve çevresel özelliklerdeki değişimdir. Verim, toprak verimliliği, nem içeriği, toprak dokusu, topografya, bitki gücü ve haşere popülasyonlarında değişkenlik görülebilir.

PA, bir yetiştiricinin alan değişkenliğini yönetme yeteneğini geliştirmeyi amaçlar. PA, uygulayıcılara toprak, arazi ve mahsul değişkenliğini ölçmek için araçlar sağlar ve böylece tarımsal uygulamaları özelleştirmek ve kaynak uygulamalarını bu değişkenlere daha iyi uyacak şekilde ince ayar yapmak. Değişkenlik hem uzaysal hem de zamansal olabilir.

Mekansal değişkenlik: Belirli bir zamanda bir alan boyunca toprak, arazi ve mahsul özelliklerinde bulunan varyasyondur. Örneğin toprak pH'ı ve mahsul verimi.

Zamansal değişkenlik: Zaman içinde farklı ölçümlerde bir tarladaki toprak ve ürün özelliklerinde bulunan değişimdir. Örneğin; bir sezondan diğerine verim haritalarındaki fark..

PA girişimi kapsamında KA geliştirmede dört geniş aşama göz önünde bulundurulur:

Aşama 1, bir tarlada verim ve kârda önemli değişkenliğin meydana geldiğini kabul etmek ve verim bölgelerinin yıllar (mevsimler) arasında istikrarlı mı yoksa kararsız mı olduğunu belirlemekle ilgilidir. Bu aşama genellikle yetiştiricilerin kendi parsel, biyokütle görüntüleri ve verim bilgilerine dayanır.

Aşama 2, verim değişkenliğinin altında yatan nedenlerin belirlenmesi ile ilgilidir.

Bunlar arasında toprak derinliği, toprak tipi ve su tutma kapasitesi, besinler, yükseklik, yüzey altı tuzluluk, sıkıştırma, zararlıların ve hastalıkların varlığı veya geçmiş yönetimin etkisi (örneğin eski çit hatları, yığınlar ve önceki mahsul tipi) yer alır.

Bu aşama, örneğin toprak testleri, elektromanyetik indüksiyon (EM veya EMI) veya gama-radyometrik araştırma, hastalık testi, hava fotoğrafları veya kontur verileri gibi parsel için diğer haritalanmış verilerle verim bölgesi haritalarının karşılaştırılmasını ve ardından saha incelemesini gerektirir. Ve doğru nedensel faktörlerin belirlendiğinden emin olmak için denemeler gerektirir. Bu aşamanın sonunda yetiştiriciler, verim değişkenliğinin altında yatan temel nedenleri ve bunları doğrudan iyileştirmenin (örneğin, sökme, besin eksikliğini düzeltme, kireç) veya yönetimi değiştirmenin (örneğin, toleranslı mahsul çeşidi kullanımı, duyarlı olmayan alanlarda gübre girdilerini azaltmak ve iyi bir verim yanıtının olduğu yerlerde bunları artırmak) pratik olup olmadığını bilmelidir.

Aşama 3, 'önemli mi?

Diğer bir deyişle, verimdeki varyasyon ölçeğini (aşama 1) ve altta yatan nedenleri ve olası çözümleri (2. aşama) bilmek, bu konuda herhangi bir şey yapmaya değer mi? Bu aşamada, yetiştirici/danışman deneyimi ve ürün modelleri, farklı mevsim koşullarında ve farklı ürünler arasında verim üzerindeki olası etkiyi değerlendirmek için kullanılır. Yetiştiriciler, sonuçları finansal analizle birleştirerek, PA kullanarak verim değişkenliğini ele almanın ekonomik olarak mantıklı olup olmadığını belirleyebilirler.

Bir alandaki uzamsal ve zamansal değişkenliğe katkıda bulunan birçok faktör vardır. Bu faktörlerden bazıları şunları içerebilir:



Toprak özellikleri ve Arazi: Toprak pH, doku, yapı ve derinlik, toprak organik maddesi, toprak suyu, toprak kimyası ve toprak altı kısıtlamaları. Toprak dokusu gibi toprakla ilgili bazı özellikler çok kararlıdır ve zamanla çok az değişir. Nitrat seviyeleri, toprak nem içeriği ve toprak organik madde içeriği gibi diğer özellikler, önemli miktarlarda uzamsal ve zamansal değişkenlik içerebilir. Arazi, eğim, bakı ve ıslaklık indeksi gibi çeşitli yükseklik türevlerini oluşturmak için kullanılabilen GNSS yükseklik verileri toplanarak değerlendirilebilir.

Yönetim uygulamaları: Mahsul uygulamaları (ör. Tarım trafiğini kontrol etme) ve yönetim geçmiş (ör. Çiftçiliğin stratejik yönü, ürün rotasyonları).

Çevresel faktörler: Hava, yabancı ot, böcek ve hastalık.

PA, bu değişkenlik hakkında bilgi edinmek için toprak ve mahsul örneklerinin toplanmasını içerir. Değişkenlik, neyin, nasıl ve ne zaman örnekleneceği dahil olmak üzere birçok kararı etkiler. Numune alma yöntemleri, numune toplama ve numune analizi masrafları açısından farklılık göstermektedir. Örnekleme sıklığı gereksinimleri, çiftçinin parayı, emeği ve zamanı yönetme şeklini etkileyebilir. Toprağa atfedilen değişkenliğin ne olduğunu bilmek için toprak örnekleme ve haritalama gereklidir. Toprakları örnekleme için birçok strateji vardır. Sistematiğ grid toprak örneklemesinin yanı sıra, hedefli örnekleme iyi bir uygulamadır ve verim haritaları yardımıyla önceden tanımlanmış olabilecek alanlara göre gerçekleştirilir. Temsili numune sayısı ile maliyeti arasında bir denge bulunmalıdır. Kabul gören bir alternatif, hareket halindeki toprak sensörlerinin kullanılmasıdır. Sürekli olarak toprağı örnekleedikleri için sonuç, mekansal örnekleme çözünürlüğünde bir artıştır.

Elektrik iletkenliği (EC), daha yaygın olarak ölçülen toprak özelliğidir. İlgi alanı, EC'nin genellikle doku (kil), nem içeriği veya tuzluluk gibi toprak özellikleri ile iyi korelasyon göstermesinde yatmaktadır. Bu özellikler verim potansiyelini etkilediğinden, toprak sensörleri tarafından sağlanan bilgiler daha sonra farklı yönetim uygulamaları gerektiren alanları tanımlamak için uygun EC haritaları şeklinde görüntülenebilir. Ayrıca, örtüşen verim ve EC haritaları, sahada neler olup bittiğinin daha iyi anlaşılmasını ve mekansal değişkenliğin hangi sebeplerinin belirlenebileceğini sağlar. Uzak sensörler kullanılarak ek veriler elde edilir.

Bu faktörlerin büyüklüğü, alandaki değişkenliğin derecesini ve bu değişkenliği yönetmenin fizibilitesini etkileyecektir.

Bu verilerin eşlik eden histogramı ile verimdeki mekansal değişkenliği gösteren buğday verim haritası. KA'yı uygulamaya başlamanın yollarından biri verim haritalarıdır. Tahıllar, yem bitkileri, üzüm bağları ve bazı bahçe bitkileri gibi birçok ürün için verim haritalaması artık mümkün. Çiftçiler hasatta verim verilerini toplayabilir ve arazilerinin mekansal değişkenliğini analiz etmek için bir araç olarak verim haritaları oluşturmak için kullanabilirler. Haritaların oluşturulması ve görselleştirilmesi için çeşitli yazılımlar vardır; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veya CBS tabanlı programlar, elde edilen verim verilerini depolamak ve işlemek için ilginç bir seçenektir. Verim haritaları elde edildikten sonra, çiftçiler ve danışmanlar, ekinlerinin mekansal ve zamansal değişkenliği ile başa çıkmak için bu bilgileri yönetim kararlarına dönüştürmek zorundadır. Verim varyasyonu modeli bu aşamada kritik öneme sahiptir. Bu model iyi yapılandırıldığında, belirli yönetim stratejileri için arsa içinde farklı alanlar tanımlanabilir. Ancak, herhangi bir eylemde bulunmadan önce en iyi yönetim kararını almak için bu tür değişkenliğin nedenlerini bilmek gerekir. Verim haritaları, çiftçi yönetiminin sonuçları ile birlikte mahsul verimini etkileyen bir dizi parametrenin etkisini göstermektedir.

Bazı bitkisel üretim girdileri, uygulamadan aylar, hatta yıllar önce toplanan örnekleme verilerinden oluşturulan haritalara dayalı olarak çeşitlendirilebilir. Toprak pH değişkenliğini ele almak için uygulanan kireçtaşı, böyle bir girdinin bir örneğidir. Bununla birlikte, N gübrelemesi gibi diğer girdiler, hızla değişen toprak sıcaklıklarına ve nem içeriğine bağlı olan N mineralizasyonunun bir fonksiyonudur. Bir toprak özelliği

hızla değişiyorsa, bu değişkenliği “gerçek zamanlı” olarak algılayan ve yanıt veren ekipmanı kullanmak mantıklıdır. Tüm alan yönetimi yaklaşımları, toprakla ilgili özelliklerdeki değişkenliği göz ardı eder ve bitkisel üretim girdilerinin uygulamalarını tek tip bir şekilde yapmaya çalışır. Aslında, çok uzun zaman önce çiftçiler, tarlada sabit uygulama oranlarını korumalarına izin veren uygulama kontrolörlerini “son teknoloji” olarak görüyorlardı. Sabit oranlı uygulamalar genellikle tüm alan bilgisine dayanıyordu.

Değişkenliği Yönetmek:

Değişkenliği tanımlayın ve ölçün ve değişkenliği hem uzamsal hem de zamansal ölçekte ölçün. Değişkenliğin nedenini araştırın. Değişkenliğin yönetimini optimize etmek için stratejileri değerlendirin.

Uygun olduğunda veri katmanlarını birleştirin ve karşılaştırın. Örneğin:

- Birkaç yıl boyunca verim verilerini karşılaştırarak bir alanın zamansal değişkenliğini değerlendirin ve
- Arazinin verim üzerindeki etkisini belirlemek için uygun yükseklik türevlerini verim verileriyle karşılaştırarak bir alanın mekansal değişkenliğini inceleyin.

Genel olarak, aynı yetiştirme mevsiminden elde edilen verim verilerini karşılaştırmak daha öğreticidir (yani, diğer kış verim haritaları ile kış verim haritaları ve diğer yaz verim haritaları ile yaz verim haritaları). Mevsimsel değişkenliğin ardışık mahsuller üzerinde ikincil bir etkisi olabilir.

Tarımsal uygulamaları eleştirel olarak değerlendirin:

- Alternatif yönetim stratejileri ile yabancı ot, hastalık ve zararlı baskıları azaltılabilir mi?
- Verim ve kalite hedefleri mevcut gübre girdileri ile uyumlu mu?

Gözlenen değişkenliğin nedenini belirlemek, uygun yönetim seçeneklerinin dikkate alınmasını sağlayacaktır. Bu seçenekler, bireyin kaynaklarına ve hedeflerine özel olacak ve herhangi bir çevresel düşünceye karşı dengelenmelidir. Ekonomi, tam tarladan sahaya özgü ürün yönetimine geçişi etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

PA, hem girdi maliyetlerini hem de mahsul üretim gelirini şu şekilde etkileyebilir:

- Aynı düzeyde girdilerle artan verim, basitçe yeniden dağıtılır
- Girdileri ihtiyaç duyulan yere hedefleme
- Mahsul kalitesinin iyileştirilmesi

Bu hedeflere ulaşmak, çiftçinin uygun hedef ve stratejileri belirlemesini gerektirir.

Çiftçilerin hassas tarımı benimsemeden önce yanıtlaması gereken ciddi sorular şunlardır:

- Mahsul, toprak ve çevresel özellikler mekansal ve zamansal olarak nasıl değişir?
- Bu varyasyon mahsul verimini ve/veya mahsul kalitesini etkiler mi?
- Bu değişkenlik karlı bir şekilde yönetilebilir mi?
- Kısa ve uzun vadeli hedefler nelerdir?
- PA'yı uygulamak için kaynaklara sahip miyim?

1.1.2. Uygulamalar: sebze bitkileri, ekilebilir ürünler, bağcılık (vaka çalışmaları)

Türkiye Sulu Mısır Tarlasında Veri Füzyonu ve Değişken Oran Uygulaması (Örnek olay)

- 2006'dan 2016'ya kadar verim haritalama sistemine sahip biçerdöver (New Holland, CX840) kullanıldı.
- Toprak örnekleme 50m örnekleme mesafesinde GNSS ile yapılmıştır.
- Bitki örnekleme georeferencing'e uygun olarak yapılmıştır.

- EC (Elektrik İletkenliği) EMI - 38 Taraması yapıldı ve farklı yetiştirme mevsimlerinde ECa haritaları oluşturuldu.
- 2007, 2008, 2009'da çekilmiş uzaktan algılama görüntüleri (Astel)
- Yerli üretim gübre makinalarına VRT adaptasyonu yapıldı.

Bu çalışmada değişken oranlı fosforlu ve azotlu gübre uygulamaları yapılmıştır. Bu çalışmalar yürütülürken, bu alanda etüt ve toprak örnekleme çalışmaları yapıldıktan sonra eş zamanlı çiftçi uygulamaları ve değişken oranlı uygulamaların karşılaştırmalı bir çalışması için 27 hektarlık bir alan ayrıldıktan sonra uygulamalara başlandı. Çalışma alanına grid örnekleme tekniği ile alınan toprak örneklerinden elde edilen analiz sonuçlarına göre hazırlanan fosfor uygulama haritaları uygulanmıştır (Şekil 3). Çalışma alanında 5 farklı uygulama dozu ortaya çıkmıştır (koyu mavi ihmal edilebilir düzeydedir). Çalışmada oluşturulan deney bloklarında elektrikli aktüatörler ile modifiye edilerek gübre depolu ekim makinasının kontrol sistemleri ile birlikte kullanılmıştır (Şekil 4). Ekim anında gübre dozu ekim makinasının renk bölgesinde bırakılır. Çalışmada iki ana değişken uygulama dozu ağırlık kazanmıştır (Şekil 3). Çiftçiye ayrılan alanlarda çiftçi özgürce kendi işini yaptı. Bu alanlara herhangi bir müdahale yapılmadı. Gübrelemede fosforlu gübre kaynağı olarak üçlü süper fosfatlı gübre kullanılmıştır. Değişken oranlı fosfor uygulamaları sonucunda uygulama alanına uygulanan fosforlu gübre miktarı çiftçi uygulamalarına göre %40 daha az gübre ile gerçekleştirilmiştir. Sensör tabanlı uygulama için, Çukurova bölgesinde yaklaşık 40 ha'lık bir mısır tarlasında mahsul kanopilerinden yansımayı ölçerek tarla boyunca değiştiği için mısır mahsulü N durumunu belirlemek için bir traktöre multispektral bir yakın sensör monte edildi. N-Sensor, traktöre 2,8 metre yükseklikte monte edilmiştir ve seçilen bant genişliğinden ışık yansımasındaki farklılıkları algılayarak, mahsul biyokütlesi veya mahsul klorofil yoğunluğu ile ilişkili elde edilen değerleri, değişken oranlı uygulama ekipmanının uygulanmasını sağlayan optimum bir uygulama oranına dönüştürür. alanın belirli bir bölümü için gerekli oran (Şekil 2). Optimum N seviyesini belirlemek için arazide 500 m uzunluğunda ve 18 sıra genişliğinde altı farklı N uygulama parseli oluşturulmuştur. Her parsel sensör tarafından taranmış ve verim haritalama sistemi ve GNSS ile uygulanan bir biçerdöver ile ayrı ayrı hasat edilmiştir. Bu saha için ekonomik optimum N seviyesi yaklaşık olarak 310 kg/ha olarak bulunmuştur (Türker ve Güçdemir, 2018).

Saha, önceki toprak ve verim haritalarına göre üç farklı yönetim (üretim) seviyesine sahiptir. Koşullara uymak için, değiştirilmiş değişken oranlı sıralı gübre serpme makinesine bağlı bir yakın sensör. Bu değiştirilmiş birim daha sonra gerçek talebe göre çevrimiçi olarak gerçek zamanlı modda değişken oran N'yi uygulamak için kullanıldı. Çalışmanın ilk yılında herhangi bir verim kaybı olmaksızın %20 N'den tasarruf sağlanmıştır. Bu uygulama, çiftçinin ilk yıl daha muntazam bir büyüme ve verim elde etmesini sağlamıştır.



Şekil 3. Harita tabanlı uygulama ile kullanılan ve lineer aktüatörlerle uyarlanmış gübre serpme makinesi ve Sensör Tabanlı Azot Gübresinin Mısır Tarlasında Uygulanması (Türker ve Güçdemir, 2018).

Ayrıca bu çalışmada verim haritalarının çıkarılması için New Holland CX840 model tahıl hasat makinesi kullanılmıştır.

Toprak analizi sonuçlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de özetlenmiştir. Çalışma alanındaki besin maddelerinin mevcudiyeti, yeterlilik seviyeleri ve değişkenlik katsayıları ile ilgili tüm analizler tabloda

14 verilmiştir. Potasyum ve diğer besin maddelerinin tarlanın büyük bölümünde yeterli olduğu belirlendi. N ve P için sadece azot ve fosfor için değişken oranlı gübre uygulamaları planlanmıştır. Diğer mikro besin yapraklardan uygulanmıştır.

Table 1: Descriptive statistics and CV (Türker and Güçdemir, 2018).

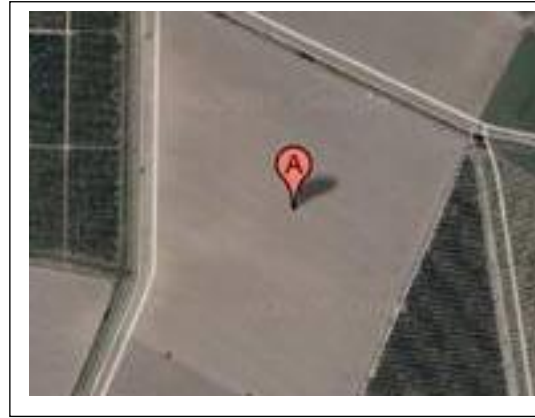
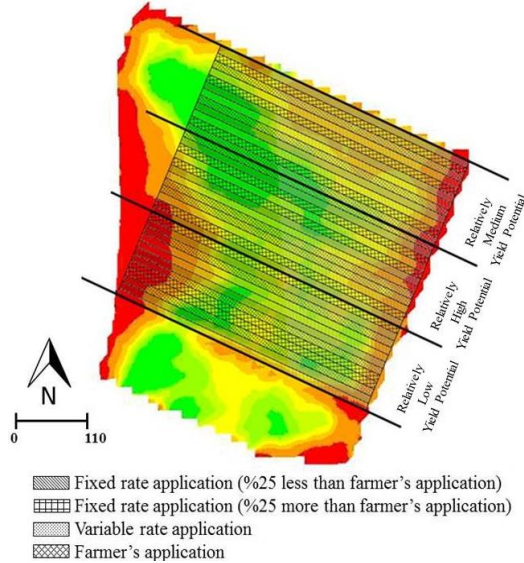
Bitki Besin Maddeleri	Ortala.	Min	Max	Std	CV (%)	Değişkenlik seviyesi	Kritik Değer Aralığı
Toplam Nitrojen (%)	0,1	0,03	0,15	0,025	23,1	Orta	< 1
Fosfor (P₂O₅) (kg/da)	2,9	0,4	29	1,88	65,6	Yüksek	< 6
Potasyum (K₂O) (kg/da)	72,9	11	134	27,5	37,7	Düşük	< 30
Lime (%)	26,2	23	29	1,17	4,5	Yüksek	1-15
Demir (Fe) (ppm)	14,3	4,85	35,9	6,13	42,8	Yüksek	< 4,5
Bor (B) (ppm)	1,3	0,38	2,35	0,43	33,9	Yüksek	< 0,2
Çinko (Zn) (ppm)	0,5	0,07	6	0,96	175	Yüksek	< 0,7
Manganez (Mn) (ppm)	4,7	0,49	10,8	2,34	50	Yüksek	< 1

Optimum Azot Oranını Belirlemek İçin Deney Tasarımı

Azot alımı ve verim arasındaki ilişki yoluyla bu alanda en uygun azot oranını belirlemek için, altı azot seviyesi (0; 7.5; 15; 22.5; 30; 37.5 kg/ha) - çiftçi uygulama oranı (35 kg/ha) dahil. ha), 18 sıra halinde ve her şeritte 5.5 dönümde yapılmıştır. 16 orta sıra hasat edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışma alanının verim haritalarına göre, farklı verim potansiyellerine sahip üç farklı zon bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çeşitli potansiyeller ve ışık yansıması ve biyokütle indekslerindeki farklılıklar nedeniyle farklı oranlarda azotlu gübre kullanılmasının önemi dikkate alınarak, azot oranı artırılmalı veya azaltılmalıdır. Bu nedenle, sonraki iki yıl içinde, konvansiyonel ve değişken oranlı nitrojen uygulamasını karşılaştırmak için, randomize tam blok olarak bir deney düzenlendi.

Yaklaşık 27 hektarlık bir alana sahip dört işlem ve dokuz tekerrürlü ck tasarımı (Şekil 4)

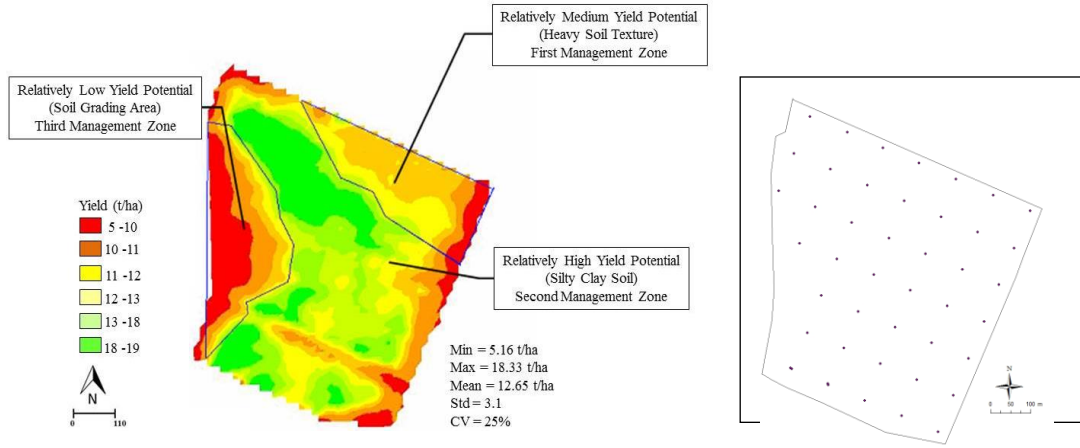


Şekil 4. Uygulamalı deneysel tasarım ve google görseli. (Not: Her blok 150 eninde ve 500 uzunluğundadır ve 18 sıra mısır içerir.). (Güçdemir ve Türker, 2010).

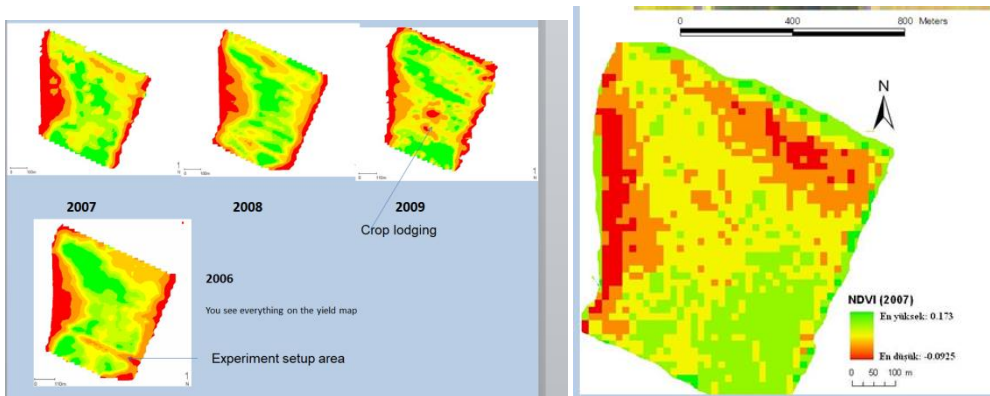
Mevcut üç farklı yönetim bölgesi nedeniyle, bu bölgelerdeki tüm azot oranlarını uygulamak için 4 gübre oranı ve dokuz tekrar kullanılmıştır (Şekil 3). Deneysel bloklar tasarlanırken güvenilir sonuçlara ulaşmak için tekrar sayısı artırılmıştır. Azotlu gübrenin yüzde 75'e yakınının sezon ortası azotlu gübre olarak kullanıldığı göz önüne alındığında, tüm şeritlerde az miktarda azot (70 kg/ha) üniform olarak uygulanmıştır.

Değişken Oran Uygulamaları Öncesi Verim Haritalaması

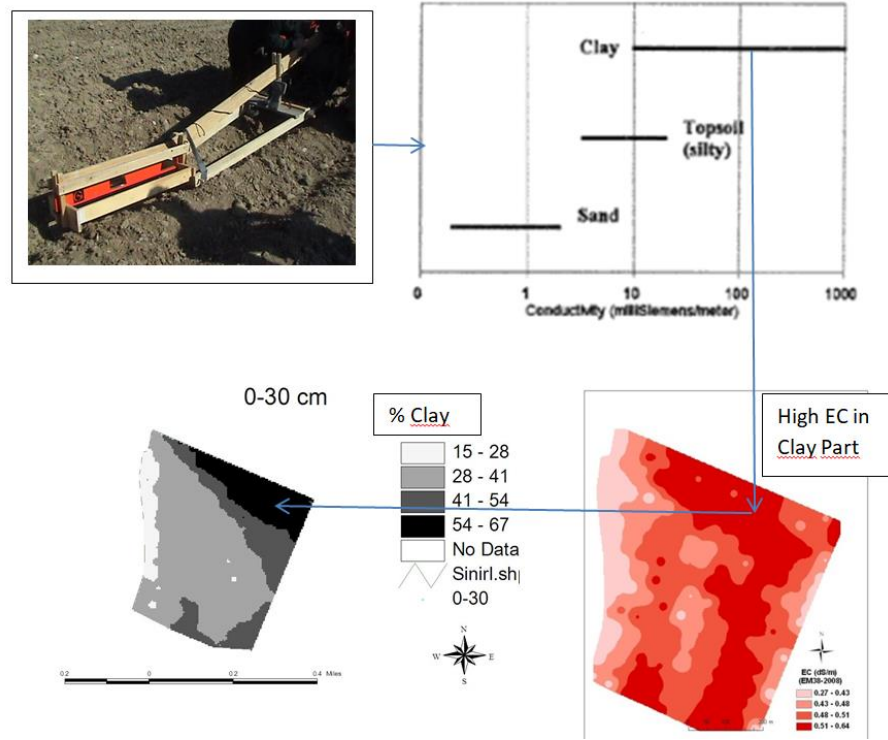
Düşük verimli alanlarda ve düşük verimli yüksek verimli alanlarda aşırı gübre kullanımından kaçınmak için, verim haritalaması ve toprak testinin birleştirilmesi, gereksiz gübre miktarını azaltabilir. İncelenen alandaki verim potansiyelinin belirlenmesi amacıyla 2010 yılı Eylül ayının ilk haftasında alan hasadı yapılırken, tipik tarımsal işlemlere devam edilmiştir. 2010 yılı ile ilgili Şekil 5'te verilen verim haritası New Holland PLM yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır. Verimdeki mekansal değişim, verime ilişkin harita ve tablonun incelenmesiyle anlaşılabilir. Rekolte izleme sonucuna göre ortalama verim 12,6 t/ha olarak kaydedilmiştir. Verim takibi için kayıt ve ölçüm sistemleri ile donatılmış hasat makinesi tarafından toplam 36186 veri toplanmış ve 933 veri/ha verim haritası oluşturmak için kullanılmıştır. Şekil 5'te gösterilen farklı verim bölgeleri analiz edilerek, toplam tarlanın %57'sinin nispeten yüksek verim değerlerine sahip olduğu, tarlanın sırasıyla %26'sının ve %17'sinin nispeten orta ve %17'sinin düşük verim değerlerine sahip olduğu sonucuna varılabilir. Ardışık yıllar için verim haritalarında benzer değişiklik kaydedilmiştir (Şekil 6). Alanda EC ölçümü ve haritalama sırasında da benzer bir paten gözlemlendi (Şekil 7). Sağdaki alanın uydu görüntüsü (Astel) ve Biyokütle durumunun yakın algılanması. Bu tür durumlar için Şekil 8'de görülen ilgili Gerçek Zamanlı Azot Uygulaması yapılmıştır.



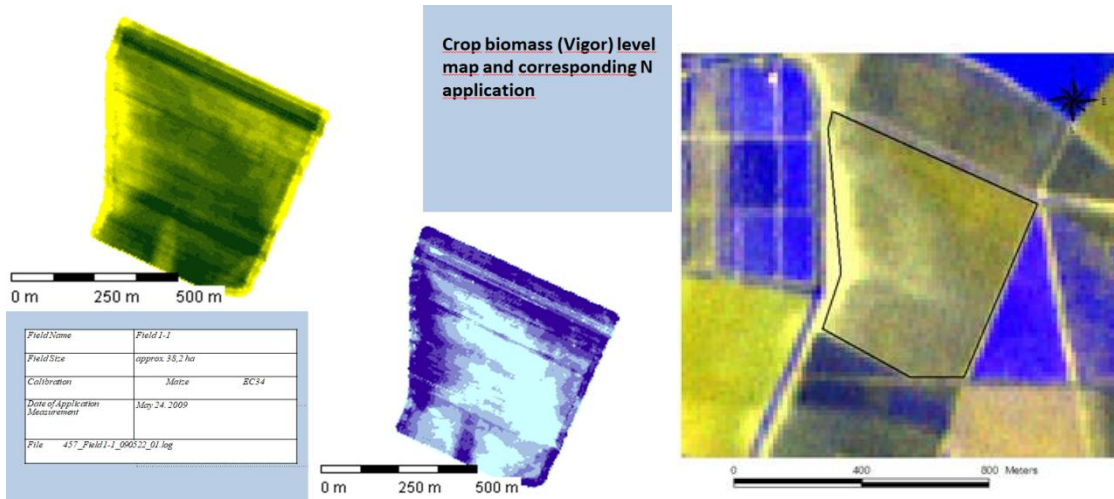
Şekil 5. Çalışma alanı, toprak örnekleme noktaları ve farklı verim potansiyeline sahip bölgelerin verim haritası (Adana,Türkiye) (Güçdemir and Türker, 2010).



Şekil 6. Farklı yıllardaki verim haritaları ve NDVI (Güçdemir ve Türker, 2010)

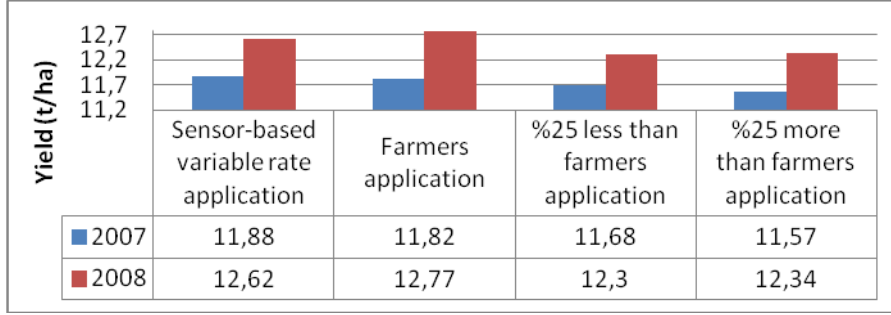


Şekil 7. Sahanın toprak EC haritalaması ve Toprak Kil Haritasının ortaya çıkarılması (Güçdemir ve Türker, 2010)



Şekil 8. Sağdaki alanın uydu görüntüsü (Aster) ve Biyokütle durumunun yakın algılanması ve buna karşılık gelen Gerçek Zamanlı Azot Uygulaması (Türker ve Güçdemir, 2018)

Sonuçlar: Farklı uygulamalardan elde edilen ortalama verimler arasındaki farklar varyans analizi ile test edilmiştir. Analiz sonucunda ortalama verim değerleri arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu belirlendi ($P=0.039$). Dolayısıyla azot uygulamasında farklı arıtma kullanılmasının verim değerleri açısından önemli farklılıklara yol açtığı söylenebilir. Ortalama verim için Duncan gruplaması ($P=0.05$), hem sensör tabanlı hem de çiftçi uygulamaları ile diğer iki uygulama arasındaki farklı grupları açıkça tanımlamıştır (Şekil 9). Verimler arasında yapılan bu değerlendirme ile sensör tabanlı uygulamalar ön plana çıkarken diğer uygulamalar geride kalmıştır.



Şekil 9. Sensör tabanlı AND uygulamasının klasik çiftçi uygulamalarıyla karşılaştırılması.

2. PA uygulamasının ilerlemeleri ve fırsatları

2.1. Örnekleme ve veri toplama

Varyasyonun niceliği örnekleme yoluyla elde edilebilir. Numune alma yoğunluğu birkaç faktöre (hedefler, saha değişkenliği, maliyetler) bağlıdır ve birkaç hektarlık bir numuneden tarlanın daha ayrıntılı kapsamına kadar değişebilir. Ortalama değerler sağlamak için tüm alanlar veya alanların bölümleri için örnekler alınır. Yıkıcı örnekleme ile karakterize edilen yaygın olarak kullanılan birkaç örnekleme yöntemi vardır (Şekil 9):

- Basit rastgele: Konumlar rastgele seçilir ve ilgilenilen niteliklerin varyasyon yapısını yakalayabilir (Şekil 10a).
- Katmanlı rastgele: Alan, özelliklerine göre (örn. topografya) birkaç alana bölünür ve örnekleme yerleri rastgele seçilir ve daha sonra yerel heterojenliğin etkisi azaltılarak birleştirilir (Şekil 10b).
- Sistematik (grid örnekleme): Alan, gridlere bölünür ve örnekler her hücre içinde rastgele toplanır ve ardından birleştirilir (Şekil 10c).
- Diğer bir yaklaşım, merkez noktasını, numunelerin 3 m'lik bir yarıçap içinde rastgele toplandığı ve ardından birleştirildiği ızgara kesişimleri üzerine yerleştirmektir (Şekil 10d).
- Tabakalı-sistematik: Her hücre, sistematik örneklemeyle ortaya çıkan yanlılığın üstesinden gelmeye çalışmak için daha küçük hücrelere bölünür (Şekil 10e).
- Yargılayıcı: Örnekleme konumlarına belirli bir problemin (örneğin düşük verim) gözlemlenmesine dayalı olarak karar verilir ve istatistiksel olarak doğru değildir (Şekil 10f).

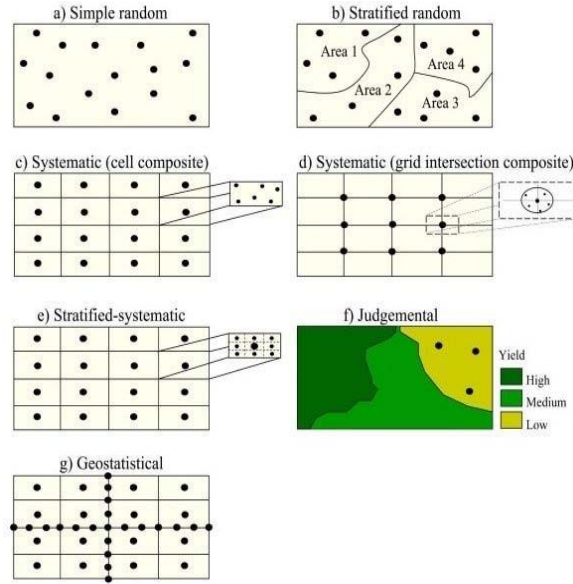
Numune toplama, yoğun işçilik ve laboratuvar analizi maliyetlerini içerir ve tedavi tekrarları arasındaki deneysel hatayı ölçmek için toplanabilecek numune sayısına bir sınırlama getirir. Bununla birlikte, örnek sayısının azaltılması, yanlış kararlara yol açabileceğinden, yönetim üzerinde doğrudan etkileri vardır. Gelişmiş verimlilik gereksinimi, mekansal değişkenliği hesaba katan ve gerçek çiftlik için daha iyi senaryolar üreten saha deneyleri yürütmeye olan ilgiyi artırdı. GPS, coğrafi referanslı verilerin toplanmasını sağlarken, GIS, enterpolasyonlu haritaların mekansal analizine ve görselleştirilmesine izin verir. Çiftlik düzeyinde, deney birimleri, çoğaltma olmadan tek tip yönetime sahip tek alanlar olmuştur. Bununla birlikte, tarla içi değişkenlik bilgisi, bütün bir tarlayı toprağa veya diğer değişkenliklere göre alt birim alanlara bölmemize yol açar.

Teknolojiler ve analiz yöntemleri, Şekil 3'te gösterildiği gibi veri örnekleme stratejilerini değiştirmiştir:

- Hedeflenen veya yönlendirilen: Numuneler, istatistiksel olarak titiz numune alma tasarımlarına göre toplanır. Hava görüntüleri, verim veya diğer haritalardan gözlemlenen ölçülen bir mülkün değerindeki bir değişikliğin kanıtı daha sonra ek konumları belirlemek için

kullanılır.

- Jeostatistiksel: Amaç, doğru enterpolasyonlu kriged haritalar üretmek olduğunda uygulanır. Yarıvariogram bilindiğinde, numune konumları arasındaki mesafe yarıvariogram aralığının yarısına eşittir. Ancak semivariogram bilinmediğinde, numuneler sistematik örneklemede olduğu gibi toplanır, daha sonra semivariogramın yanı sıra doğru örnekleme mesafesi de örnek sayısını azaltarak tanımlanabilir (Şekil 10g).



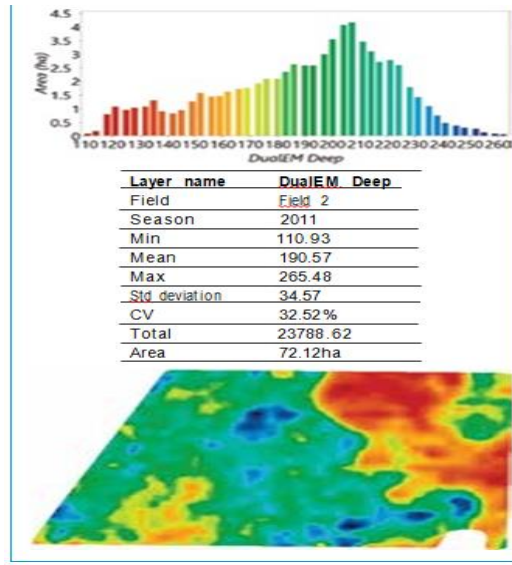
Mekansal değişkenliği anlamak için, veri toplama için çok fazla insan çabası gerektirebilecek çok sayıda veriye ihtiyaç vardır. Bu gerçeği ele almak için otomatik mobil toprak örnekleyiciler geliştirilmiştir. Sürekli örnekleme, sahadaki her konumun istilacı olmayan tekniklerle (örn. elektromanyetik indüksiyon, uzaktan algılama) ölçüldüğü ve enterpolasyon veya toprak örnekleme tasarımına gerek olmadığı ortaya çıkan başka bir çözümdür. Hassas tarım için örnekleme şemalarına yardımcı olmak için gerçek zamanlı sensörler geliştirmeye önemli miktarda çaba harcandı. Bununla birlikte, numune alma, kalibrasyon amaçları ve farklı toprak ve ürün türlerinin analizine uygun istatistiksel yöntemlerin geliştirilmesi için faydalı olmaya devam edecektir.

2.2. Veri analizi ve sunumu

Mekansal değişkenliği gösteren haritalar oluşturma yeteneği, hassas tarım için esastır. Haritalar, verilerin bir özetini sağlar ve bir alandaki uzamsal değişkenliği görselleştirmeye yardımcı olur. Eşlenen tüm veriler, verilerin dağılımını gösteren ve haritada temsil edilen renkleri gösteren bir sıklık tablosu olan bir histogram ile grafiksel olarak özetlenmelidir. Histogramlar, ham verilere veya harita katmanına bakıldığında belirgin olmayabilecek verilerdeki eğilimleri veya özellikleri vurgulayan değerli bir araçtır. Histogram, veriler için anlamlı olan bir renk şemasının oluşturulmasını kolaylaştırır. Harita verilerini görüntülemek için kullanılan renk şemasının ayarlanması, önceki bir renk şemasında vurgulanmayan bir farkı gösterebilir. PA'da uzamsal verileri görüntülemek için kullanılan standart bir renk şeması yoktur. Renk şemaları bir veri sağlayıcıdan veya yazılım üreticisinden diğerine farklılık gösterir. Bu nedenle, her renk farklı bir haritada her zaman aynı

değeri yansıtmayacağından, bir grafikteki renklerle ilişkili değer aralığına bakmak önemlidir. Örneğin burada kırmızıdan maviye renk şeması verilmiştir ve burada kırmızı minimum veri değerini, mavi ise maksimum veri değerini temsil etmektedir. Aşağıdaki örnek (Şekil 11), 110 ila 265 arasındaki EM değerleri aralığını gösteren bir EM haritasıdır. Her renk çubuğunun yüksekliği, her EM değerine (yatay eksen) karşılık gelen alan içindeki toplam alanı (dikey eksen) gösterir.

Yönetim kararları alınırken bunlara güvenilecekse, harita katmanlarının mümkün olduğunca doğru olması zorunludur. Verim gibi bazı uzamsal veri kümeleri, veri kümesindeki hataları ve aykırı değerleri kaldırmak için işleme gerektirir. Verim verileri için özelleştirilmiş içe aktarmalara sahip GIS paketleri, genellikle verileri düzeltmek için bir miktar filtreleme sunacaktır. Veri filtreleme ve düzeltme, harita oluşturma için "daha temiz" bir veri kümesini teşvik edecektir.



Şekil 11. Bir mekansal haritayı, veri katmanı istatistiklerini ve bir harita histogramını ve renk şemasını içeren bir mekansal veri örneği (Sauer ve diğerleri, 2010).

Veri Enterpolasyonu

Uzamsal verilerin enterpolasyonu, bireysel veri noktalarını alır ve bunları bir ızgara formatına dönüştürür. Bu düzenli ızgara çıktısı, çevreleyen değerlerden değerlerin tahmin edilmesiyle elde edilir. CBS paketlerinde sunulan yaygın enterpolasyon yöntemleri arasında Kriging, Spline ve Ters Mesafe Ağırlığı bulunur. Yüzeysel harita katmanları oluşturulurken uzamsal istatistik bilgisi yararlıdır. Belirli bir veri kümesinden enterpolasyonlu çıktı, kullanılan modele bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Her model, var olabilecek veya olmayabilecek veri noktaları arasında bir ilişki olduğunu varsayar. Bir veri setindeki hataları gizlemek için 'düzeltme' yöntemi kullanılmamalıdır. Herhangi bir veri enterpolasyonu yapılmadan önce hatalı noktalar kaldırılmalı veya düzeltilmelidir. Çoğu verim verisi oldukça değişkendir ve doğru bir harita gösterimi, yorumlamayı zorlaştırabilecek birçok yerel maksimum ve minimumu gösterecektir. Verim haritaları ve diğer uzamsal veri setleri, bir alandaki eğilimleri belirlemeye yardımcı olduğundan, yüksek düzeyde yerelleştirilmiş varyasyonu maskeleyerek ve uzamsal eğilimleri vurgulamak için enterpolasyon teknikleri kullanılır. Bir CBS paketi, bir veri seti için temel özet istatistikleri göstermelidir. Bunlar, veri katmanı bilgilerini (Adınız, Çiftlik, Tarla Adı, Sezon), minimum, maksimum ve ortalama değerleri ve standart sapmayı içerir.

Nispeten basit istatistiksel hesaplamalar kullanılarak, saha içi değişkenlik seviyesi hızlı bir şekilde tespit edilebilir. Standart Sapma, verilerin ortalama veya beklenen değer etrafındaki yayılmasını

veya "dağılımını" tanımlar. Standart sapma ne kadar büyük olursa, verilerdeki değişkenlik o kadar büyük olur ve ortalama, alandaki tipik bir alanın tanımlayıcısı olarak o kadar az kullanışlı olur. Veri değişkenliğinin bir başka ölçüsü de varyasyon katsayısıdır (CV). CV, standart sapmayı ortalamaya oran olarak ifade ederek verilerdeki değişimi normalleştirir. CV değeri ne kadar yüksek olursa, uzaysal değişkenlik o kadar büyük olur. CV aynı zamanda farklı veri setleri arasındaki değişkenliği karşılaştırmak için de kullanılır, örneğin bir mahsul yılından diğerine verim (Tablo 2).

Tablo 2: VRT'ye yapılan yatırım için değişkenlik düzeyini ve geri ödeme olasılığını yorumlamak için bazı genel standartlar (Sauer ve diğerleri, 2010).

CV Value	General observations	
<5%	Generally not enough variability to warrant any action.	genel herhangi bir eylemi garanti edecek kadar değişken değil
>5% <10%	Investigate to assess the economic benefit of managing the variability, particularly in high value crops.	yönetimin ekonomik faydasını, özellikle yüksek değerli mahsullerde değişkenliği değerlendirmek için araştırmak
>10% <15%	Sufficient variability to expect to see a financial benefit in managing the variability in most crops.	Birçok ürünlerdeki değişkenliği yönetmede finansal bir fayda görmeyi beklemek için yeterli değişkenlik
>15%	Highly suitable for variable rate treatment (VRT) with a high payback expected.	yüksek geri ödeme beklenen değişken oranlı işleme (VRT) için yüksek uygun

Data Analizi

Yorumlama teknikleri, hızlı ve basit göz küresinden GIS yazılımı kullanılarak daha titiz istatistiksel analizlere kadar değişebilir. PA'da her iki yaklaşımın da yeri vardır. İyi kararlar genellikle çok basit teknikler kullanılarak çok kısa sürede alınabilir. Veri yorumlamaya yönelik basit bir yaklaşım, bir alan için farklı veri katmanlarının görsel karşılaştırmasını içerebilir. Bu, görsel bir yan yana karşılaştırma yoluyla uzamsal kalıpların tanımlanmasını kolaylaştırır. Veri kümeleri arasında tekrarlanan kalıpları belirlemek, sonucu belirlemek için güven verir ve güven verir. Veri katmanları arasındaki tutarsızlıkların belirlenmesi, yinelenen kalıpların tanımlanması kadar önemlidir. Örneğin, birkaç yıllık benzer buğday verim haritaları ve bir tarla için bitkisel görüntüler, farklı desenleri gösteren bir buğday verim haritası tarafından takip edilebilir. Böyle bir tutarsızlık doğal olarak 'Neden' sorusunu gündeme getirecek ve yetiştiriciye kendi alanları hakkında yeni bir şeyler öğrenmesi için bir fırsat sağlayarak daha fazla araştırma ve teşhis yapılmasını gerektirebilir.

Veri analizine daha titiz bir yaklaşımın gerekli olduğu durumlar da vardır. Veri katmanları arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar ve uzamsal korelasyonlar, görsel olarak açık olmayabilecek ilişkileri ortaya çıkarabilir. Herhangi bir veri yorumunda insan katılımı hayati önem taşır. Analiz sürecine aktif olarak katılan bir yetiştirici veya danışmanın verilerini sorgulaması, bütünlüğünü doğrulaması ve sahip oldukları her türlü yerel bilgiyi dahil etmesi daha olasıdır. Bir çiftlik için bir CBS inşa etmek bir gecede oluşan bir süreç değildir. Verim haritaları veya hava görüntüleri kullanılarak geliştirilmiş örnekleme stratejileri gibi kısa vadeli kazanımlar olsa da, uzun vadeli tarımsal geri ödeme, yıllarca kararlı veri toplama gerektirebilir. Sabit uzamsal kalıpları tanımak ve altta yatan süreçleri anlamak uzun vadeli bir getiridir.

Data Yönetimi

Etkili veri yönetimi zaman, para, iyi bilgisayar becerileri, iyi organizasyon becerileri ve sonsuz sabır gerektirir. Veriler ancak düzenlenip analiz edildiğinde kullanışlı hale gelir. CBS yazılımı bu sürece yardımcı olabilir. Bazı kişiler için çiftlikleri için iyi bir veri seti oluşturmak, kabul etmeye hazır oldukları bir zorluktur. Ancak birçok yetiştirici için bu göz korkutucu ve zorlu bir iştir.

Mekansal verileri yönetmek için kullanılabilecek birkaç saygın ticari yazılım programı vardır; SMS, PLM, Farmworks, Mapshots ve SST. Bu programlar jenerik dosya biçimlerini okuyabilmesine ve birçok donanım üreticisinden ham verileri içe aktarabilmesine rağmen, verilerin farklı platformlar arasında kolayca paylaşılmasına izin vermez. Ek olarak, paketin büyük görünebilecek ilk maliyeti, aslında toplam yatırımın sadece küçük bir kısmı olacaktır. Veri edinme ve işleme maliyeti, ilk yazılım ve donanım maliyetlerini hızla gölgede bırakacaktır. Birçok yetiştirici için kendi CBS'lerini sürdürmek mümkün olmayabilir. Bu yetiştiriciler, bir veri yöneticisinin özel hizmetlerinden yararlanabilir. Veri analizi hizmetlerinin ortaya çıkması, bireylerin kendi verilerini yönetme yükünü ortadan kaldırabilir ve daha etkin bir şekilde tahsis edilebilecek kaynakları (zaman gibi) serbest bırakacaktır. Uzmanlaşmış veri yöneticileri bir dizi hizmet sunar ve uzamsal verileri ve her türlü analizi doğru ve kullanılabilir bir biçimde sunar. Yetiştirici girdisi, başarılı veri yorumlamasının anahtarı olacaktır. Veri yöneticisi günlük tarım operasyonlarına ne kadar aşına olursa o kadar iyidir.

PA'da çeşitli veri dosyası biçimleri vardır. Bir dosya 'formatı', verilerin bir bilgisayar dosyasında saklanma şeklini tanımlar. Bazı biçimler daha küçük boyutlu dosyalar (bayt sayısı) üretir, böylece bunlar kablosuz olarak veya internet üzerinden kolayca aktarılabilir. Diğer biçimler, yazılım programları içinde daha hızlı veri erişimi için optimize edilmiş daha büyük boyutlu (daha fazla bayt) dosyalar üretebilir. Birçok farklı yazılım paketi tarafından kullanılabilen açık ve iyi bilinen yapılar sahip dosya türleri, genel formatlar olarak bilinir. Genel dosyalar bilinen bir standarda uyacaktır ve grafik düzenleyiciler, metin düzenleyiciler veya elektronik tablolar gibi yaygın olarak bulunan yazılımlarda açılabilir. Bunlara Virgülle Ayrılmış Değişken dosyaları (*.csv), jpg ve tif dosyaları dahildir. Ayrıca CBS yazılımı tarafından kullanılan genel mekansal veri dosyası formatları (vektör ve raster) vardır. Bunlara şekil dosyaları, GeoTIFF ve GeoJPG ve KML dosyaları dahildir. PA'daki başka bir dosya formatı grubuna özel formatlar denir. Bunlar genellikle, verim monitörü gibi belirli bir ekipman parçası (veya ekipman markası) tarafından üretilir. Tescilli dosyalar genellikle büyük miktarda veri içerir ve yalnızca belirli yazılım ürünleriyle kullanılabilen kompakt bir biçimde saklanır.

Bir yönetim aracı olarak hassas tarım dört unsurdan oluşur: coğrafi konumlandırma (GPS), bilgi toplama ve karar desteği ve değişken oranlı işleme. Verim haritalaması, çiftçinin değişen girdilerden elde edilen fiili sonucu izlemesini sağlayan verim haritasının beşinci bir bileşen olarak kabul edilebilir (Pedersen, 2004).

Bununla birlikte, verim haritalaması aynı zamanda, bir sonraki girdi stratejisini tasarlamak için karar desteği olarak kullanılabilecek, sahada önceki yıllardaki verim hakkında bilgi toplanmasını sağlayan bir araçtır.

2.3. Raporlama, izlenebilirlik ve çiftçi geri bildirimi

İzlenebilirlik, tüketim için kullanılacak herhangi bir gıda, yem, gıda üreten hayvan veya maddeyi üretim, işleme ve dağıtımın tüm aşamaları boyunca takip edebilme yeteneğidir” (Anonim, 2007).

Tarımda izlenebilirlik kavramı, tüketiciler ve diğer paydaşların yanı sıra gıda kalitesi ve güvenliğinde sorun yaşanması durumunda kriz yönetiminde kullanılması amaçlı, kişiler için menşei, konumu ve ürün geçmişi ile ilgili güvence sağlamak için gıda tedarik zincirindeki tüm gerekli süreçlerle ilgili verilerin toplanması, sınıflandırılması, korunması ve uygulanmasının tüm

aşamalarını ifade eder. Ayrıca gıdadaki doğru konumu ve ürün geçmişini belirlemek için kayıtları gözden geçirebilme olanağı sağlar. Tedarik zinciri (Opara, 2003). Gıda güvenliği ve emniyeti alanında izlenebilirliğin tanımı ile ilgili olarak izlenebilirliğin, hareketler, süreçler ve kontroller gibi bir ürünün yaşam geçmişini belirlemek için ihtiyaç duyulan tüm ilgili unsurları belgelemektir. Bu nedenle izlenebilirlik, gıda kalitesi açısından gıda üreticileri, çiftçiler ve son kullanıcılar için daha iyi ve daha etkin yönetim için bir araçtır.

Bir kriz sırasında ürünleri hızlı ve kolay bir şekilde takip etme veya geri çağırma özelliğinin yanı sıra, izlenebilirlikten yararlanmanın faydaları hakkında aşağıda belirtilen raporlar vardır:

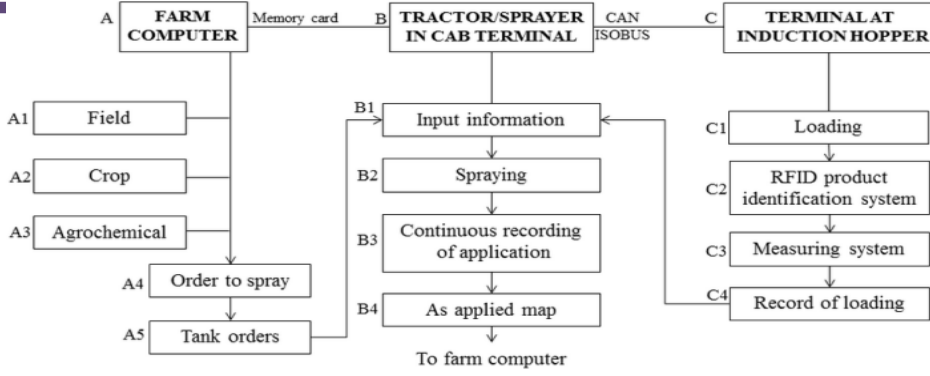
- Üretim verimliliğini artırır ve işçilik gereksinimlerini azaltır
- Envanter kontrolünü iyileştirir, ürün iddialarını doğrular ve gıda güvenliğini iyileştirir

Personel, müşteriler, tedarikçiler, danışmanlar ve yazılımlarla ilgili izlenebilirlik sistemlerinin uygulanması, sürdürülmesi ve işletilmesi sorunlarına rağmen, bu sistemlerin kullanılmasının faydaları bahsedilen sorunlardan ve maliyetlerden daha fazladır ve bu durum izleme sistemlerinin geliştirilmesi için uygun bir neden olabilir. İzlenebilirlik sistemleri (Sparling ve diğerleri, 2006). PA, ürünleri bir sistem üzerinden takip etme imkanı sağlayabilir. Bu fırsatlar, nihai ürünü üretmek için yapılan tüm uygulamaları tanımlayan süreci içerir. Sonuç olarak, ürün izleme ve izlenebilirlik yeteneği, hassas tarım araştırmalarında, özellikle çiftlik içi operasyonların izlenmesinde ana konulardan biri haline gelir (McBratney ve diğerleri, 2005). Bir coğrafi bilgi sisteminin (CBS) bir hassas tarım aracı olarak kullanılması, toprak durumu, yerel özellikler ve toplama alanları gibi tarımsal-çevresel durumlarla bağlantı kurarak izlenebilirlik bilgilerini geliştirmek için tesisler sağlamaktır. Bu nedenle, coğrafi izlenebilirlik, ekimden hasada kadar üretim alanında meydana gelen ve mahsulleri etkileyebilecek olayların geçmişini belgelemek için tarlanın doğrudan ve dolaylı ortamının özelliklerini tanımlama yeteneği olarak tanımlanabilir (Öger ve ark. , 2010).

Hassas tarımda izlenebilirlik ile ilgili uygulamalardan biri de radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisinin kullanılmasıdır. Son yıllarda hassas tarımın yanı sıra hayvancılık, bahçecilik ve soğuk zincir uygulaması gibi tarımın birçok alanında RFID etiket kullanımı geliştirilmiştir. Hassas tarımda RFID'nin yaygın kullanımı, çevre üzerinde istenmeyen etkilerden kaçınırken tarım sistemlerinin verimliliğini, üretkenliğini ve karlılığını artırmayı mümkün kılar. Gerçek zamanlı bilgi elde etmek, çiftçilerin farklılıkları tanımak ve yönetim eylemini buna göre değiştirmek için sağlam bir temel sağlayarak stratejileri istedikleri zaman ayarlamasına olanak tanır. RFID'nin diğer kablolu sistemlere göre kurulumu daha kolay olduğu için sensörler, yerel bilgileri ayrıntılı olarak elde etmek için yaygın olarak kullanılabilir. Hassas tarımda RFID kullanımı aşağıdaki öğeleri içerebilir:

- Kablosuz sensörler kullanılarak toprak sıcaklığının ölçülmesi
- Meyve bahçelerinde hasat sırasında hasat edilen meyve kutularının karşılık gelen ağaçlarla eşleştirilmesi
- Filo yönetimine yardımcı olacak arazi araçları
- Ürünlere tutturma (tohum, gübre, zirai ilaç vb.) ve okuyucu şapkası makineye takılır, aletin haznesine veya tankına ne konulduğu algılanır (Ruiz- Garcia ve Lunadei, 2011)

RFID kullanan araştırmalara örnek olarak Peets ve arkadaşlarının bir makalesine başvurabiliriz. (2009), zirai kimyasalların uygulanmasını izlemek için hangi verilerin otomatik bir kayıt sisteminde saklanması gerektiğini belirlemek için yapılmıştır. Bu araştırmada, izlenebilirlik sistemlerindeki zirai kimyasalları tanımlamak ve doğrulamak ve ayrıntılı verilerin kaydı için bir veri tabanı kullanılarak RFID etiketleri kullanılarak mevcut ulusal pestisit veritabanlarına referans vermek için bir prototip sistem geliştirilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12: PA'da bir çiftlik izlenebilirlik sisteminin veri akış şemasının ana hatları (Peets ve diğerleri, 2009)

2.4. Düşük maliyetli mevcut teknoloji ile PA Nasıl Uygulanır?

Geleneksel tarım yönetimi, ürün planlaması ve denetimi için ilgili değişkenlerin gerçek zamanlı veri toplamasına dayalı olarak daha esnek ve dinamik bir yönetime dönüştürülür. Tarımsal izleme sistemleri, ekosistemlerin kaynakları, arazilerin genişletilmesi, ürün türleri ve izlenen hedeflerle ilgili olarak farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde yapılandırılmalarını sağlar. Hassas tarım teknolojilerinin hızlı gelişimi ve bunların tarımsal üretim sistemlerini dönüştürme potansiyeli, her şeyden önce, küçük ölçekli üreticilerin daha fazla dijital olarak dahil edilmesini destekleyen geliştirme fırsatları sağlayarak ve bu sektörde yeni fırsatlar açarak artıyor. Bununla birlikte, tarım sektörünün kritik bir zorluğu, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ve orta ölçekli çiftçiler için yeni teknolojilerin benimsenmesinin yüksek maliyetidir. Küçük ölçekli üreticiler düzeyinde, bu stratejilerin düşük maliyetli hassas tarım teknolojileri kullanılarak yapılandırılması ve uygulanması gerekir.

PA genellikle fiyatı değişen karmaşık teknolojilerle ilişkilendirilir. Hassas tarımla ilgili yaygın teknolojiler arasında bilgisayar donanımı ve yazılımı, GPS ve verim izleme ekipmanı ve değişken oranlı uygulamalar için ekipman bulunur. Önemli maliyetlere rağmen, PA bazen kaynakların ve girdilerin daha verimli kullanılmasıyla sonuçlanırsa karşılığını verebilir. Bütün bir tarlaya aynı şekilde muamele edildiğinde, bazı alanlar daha yüksek verimle sonuçlanmayacak aşırı miktarda gübre veya böcek ilacı alacaktır. Diğer alanlar yeterli girdi almayacaktır. Ya da belki bir haşere istilasına noktasal müdahale ya da bir tarlanın küçük bir bölümünü derinden sökmek, aynı miktarda para tüm tarlaya yayılmış farklı bir girdiye konmaktan daha büyük bir verim ve gelir avantajı sağlayacaktır. Hassas tarımın bu ilkeleri, küçük ve büyük çiftlikler ve bilgi toplamaya yönelik yüksek teknoloji ve düşük teknoloji yaklaşımlarla ilgilidir.

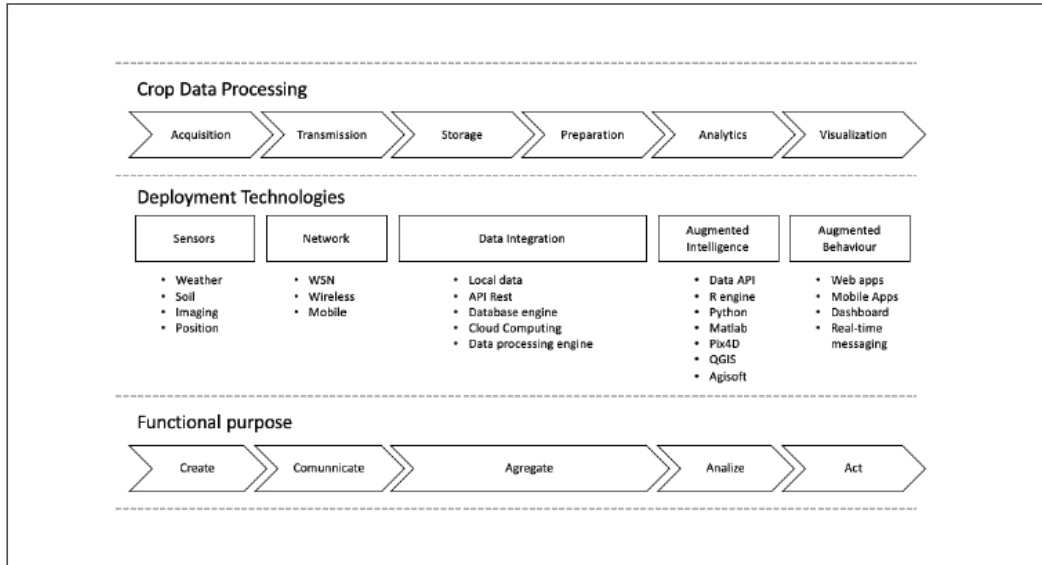
İHA teknolojisi, sağlık durumu, azot ve diğer besin seviyelerini belirlemek için mahsul izleme stratejilerinin uygulanmasını güçlendirir. Bilgisayar algoritmaları aracılığıyla daha önce tanımlanmış ve sınırlandırılmış alanlarda tarımsal görev ve ürünlerin hedeflenen uygulamasını sağlayan verileri sağlayabilir ve bu teknoloji uygulaması aracılığıyla PA'nın anlamlı hale gelmesi sağlanır. İHA tarafından toplanan görüntüler, yabani otların bulunduğu alanların belirlenmesinin mümkün olduğu yerlerde mahsul coğrafi konum haritalarının oluşturulmasına izin vererek (Barrero ve Perdomo, 2018), kritik bölgelerde herbisit uygulamasının programlanmasına olanak tanır (Yang, Yang, & Mo, 2018). Ek olarak, mahsul haritaları, gübre ve herbisit uygulamasının sonuçlarının izlenmesini, verimliliklerinin değerlendirilmesini ve dinamik ve esnek bir şekilde ayarlamaların yapılmasını sağlar (Castaldi, Pelosi, Pascucci ve Casa, 2017). (Schut, Traore, Blaes ve de By, 2018) yazarlar bir UAV tarafından toplanan görüntülerin verimdeki uzamsal değişkenliği ve farklı gübre uygulamalarına tepkiyi değerlendirmek için nasıl kullanılabileceğini göstermek için küçük çiftliklerle çalıştılar. Tablo 1, düşük maliyetli çözümler için literatürde analiz edilen hava platformlarının teknik özelliklerinin karşılaştırmalı bir analizini göstermektedir.

Table 3. Low-cost aerial platforms for smallholder producers. Source: (Velazquez E, 2020)

Platform	Tip	Kamera	Yükseklik (m)	Çözünürlülük (cm/pixel)	Bitki Örtüsü index	Yazılım Analizi	Referanslar
DJI Matrix 600	Hexacopter	Parraot Multispectral Sequoia	120	5	NDVI, NDRE y GNDVI	Pix4D	Handique et al., 2017

SenseFly eBee 3	Fixed wing	RGB Canon S110 con Filtro NIR	115	5	exG2, exR, exG y NGRDI	Pix4D QGIS v2.16 SAGA-GIS Orfeo Toolbox v5.6.1	Oldeland et al., 2017
Asctec Falcon 8	Octacopter	RGB Sony NEX 5n	100	2	GRVI	ENVI	Burkart et al., 2018
DJI Phantom 3 Quadcopter	Parraot Multispectral Sequoia		30	4	DVI, NDVI, NDGI, NDRE	Pix4D v.3.0.1 QGIS v2.14 Matlab ANN Toolbox	Romero et al., 2018
Hawkeye	Parafoil	Tetracam ADC Lite	35 - 45	2	NDVI y GNDVI	ExelisVIS ENVI v4.8	Hunt et al., 2018
OktoKopter XL	Octacopter	Tetracam MiniMCA 6	100	5	NDVI, NDRE, GNDVI	ArcGIS v10.0	Krienke et al., 2017
Zeta Phantom FX-61	Fixed wing	Micasense Rededge	60 - 70	1.82 y 4.77	NDVI y NGRDI	Pix4D Matlab ANN Toolbox	Barrero & Perdomo, 2018
Microdron MD4-100	Quadrocopter	Olympus Pen E-PM1	50 - 100	1.9 y 3.81	-	Agisoft PhotoScan v1.2.4	Jiménez-Brenes et al., 2017

Stratejiler, verileri yorumlayan ve küçük işletmelere destek sağlayan uzman personelin katılımını gerektirir, bu durum işleyişini zorlaştırır. Çalışılan durumlarda işlevsel amaçlarına göre uygulanan farklı teknolojiler, Şekil 13'te gösterildiği gibi PA modelinde sensörler, iletişim ağları, veri entegrasyonu, gelişmiş zeka ve artırılmış performans olarak gruplandırılmıştır. Teknolojik stratejilerin başarısı için kilit nokta, artan davranışın uygulanması; bu nedenle, veri yorumunu ve ardından sonuçları açık ve kolay bir şekilde sunmak için görselleştirme teknolojilerini kullanmak gereklidir. Bunların tümü, küçük çiftçilerin mahsulün nasıl geliştiğine dair anlayış gücünü harekete geçirecektir. Bu, bilgi, iletişim ve işbirliğini güçlendirerek tarım ekonomilerinin sürdürülebilir büyümesine katkıda bulunacaktır. Ayrıca, stratejilerin KA teknolojilerinin eğitimi, transferi ve benimsenmesi ile ilgili yönleri içermesiyle ilgilidir.



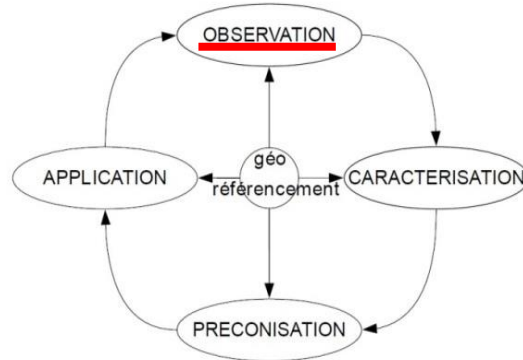
Şekil 13. PA'da konuşlandırılan düşük maliyetli teknolojiler (Velazquez E, 2020)

3. Sensörlere Giriş

3.1. Metroloji (doğruluk, kesinlik, çözünürlük, hata vb.)

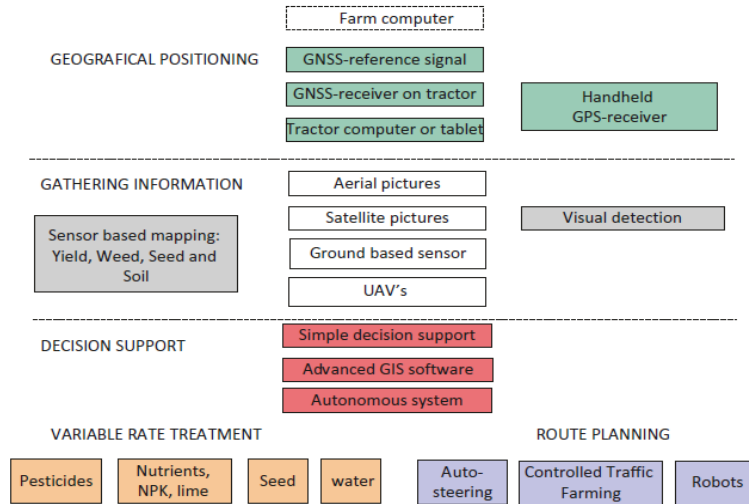
Genel olarak sensör, fiziksel veya elektriksel veya diğer miktarlardaki değişiklikleri algılayan bir cihazdır. Böylece, o belirli miktardaki değişikliğin bir onayı olarak bir elektriksel veya optik sinyal çıkışı üretir. Yani Sensör, fiziksel dünyada meydana gelen değişiklikleri gözlemleyen ve mikrodenetleyiciye veya mikroişlemciye geri bildirim gönderen bir modül veya çiptir. Sensörün düzgün çalışması için Uyarma (Güç kaynağı) ve

Topraklama sağlanmalıdır. Sensörler, PA'nın temeli ve hayati bir parçası haline geldi. PA'da gözlem, karakterizasyon, tanıma ve uygulama için kullanılmaktadırlar (Şekil 14).



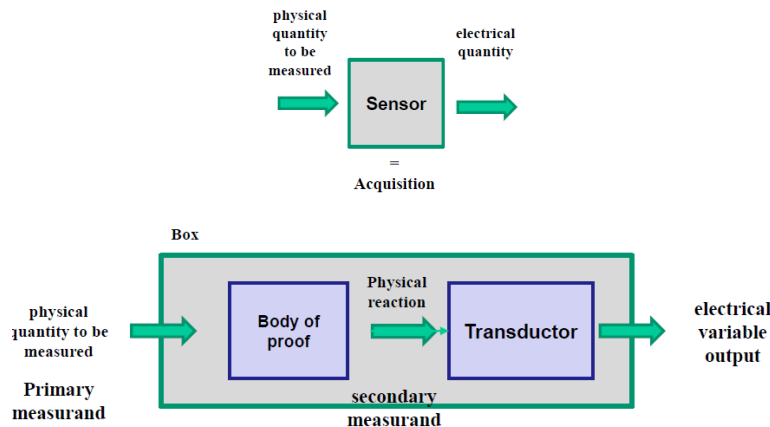
Şekil 14. Hassas tarımda sensörlerin kullanım amacı (Bratney, 2000)

Şekil 15, hassas çiftçilikte coğrafi konumlandırma ve algılama sistemlerinden karar destek, değişken oranlı girdi uygulamasına kadar farklı teknik sistemler ve sensörler arasındaki bağlantıyı göstermektedir.



Şekil 15. Hassas tarımda uygulanan sensörler ve teknik sistemler (Sorenson, 2018)

Sensör tipi ve kapsamı ne olursa olsun, bir ölçüm zincirinin parçasıdır. Sensörler, bir veri toplama zincirinin ilk unsurlarıdır. Bunlar "fiziksel (gerçek) dünya" ile "elektrik dünyası" arasındaki arayüzlerdir. Özetlemek gerekirse sensör;



Sensörün doğruluğu, gerçek değer (birincil veya iyi bir ikincil standart tarafından ölçülmesi gereken) ile sensörün çıkışında gösterilen değer arasında var olacak maksimum farktır. Yine doğruluk, tam ölçeğin yüzdesi veya mutlak terimlerle ifade edilebilir. Temel olarak, 'Doğruluk', uygulamayla ilgili tüm olası hata kaynaklarını hesaba katarak, belirtilen değer gerçek ölçüyü ve izlenmekte olan değeri ne kadar yakından temsil ettiğini açıklar. Açıkça o zaman, doğruluk belirli bir dizi çalışma koşulu için yakından tanımlanabilir, ancak en iyi sonuçların alınması gerekiyorsa, katkıda bulunan tüm faktörleri hesaba katmak hayati derecede önemlidir.

Çözünürlük, sensör tarafından belirlenebilen ölçülen büyüklüğün en küçük artışını temsil eden parametredir. Çoğu modern sensörün çözünürlüğü iyidir ve esas olarak ilgili elektronik devrelerin gürültü seviyeleri ile sınırlıdır. Genel olarak çoğu analog algılama tekniğinin çözünürlüğü, örn. gerinim ölçer, endüktif, kapasitif milyonda 10 parça içinde iyi olurdu, ancak potansiyometreler, artımlı dijital ve mutlak dijital cihazlar, doğrudan tasarım tarafından belirlenen ve esas olarak bit sayısı ile sınırlı olan çözünürlüklere sahiptir.

Keskinlik, ölçümlerin tekrarlanabilirliği olarak tanımlanabilir. Sensörleriniz hassas olduğunda, okumalarınız tutarlı olacaktır. Bu belirtim, çıkış sinyalinde algılanabilen giriş parametresinin algılanabilen en küçük artımlı değişikliktir. Çözünürlük, okumanın (veya tam ölçekli okumanın) bir oranı olarak veya mutlak terimlerle ifade edilebilir.

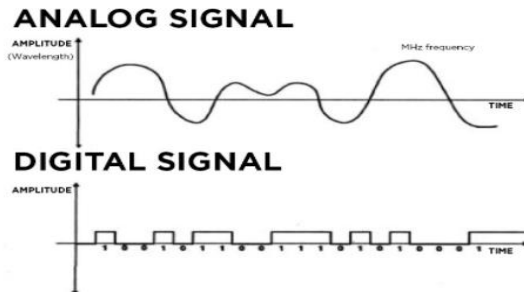
Bu potansiyel hata kaynaklarının iki ana yönü olduğu takdir edilmelidir. İlk olarak, sensörün doğal performansı ve ikinci olarak, bu performansın ölçüm araçlarının, yani kalibrasyon ekipmanının kalitesi vardır. Sensörle ilgili iddiaların doğru olduğundan emin olmak için test ekipmanının test edilen cihazdan en az beş kat daha doğru olması gerektiği genel olarak kabul edilir.

3.2. Sinyal Tipleri

3.2.1. Analog ve dijital

Sürekli analog çıkış sinyali üreten farklı sensör türleri vardır ve bu sensörler analog sensörlerdir. Çıkış sinyalinin doğasına göre sensörler aşağıdaki iki tipe ayrılabilir:

- (1) Analog sensör: Ölçülecek elektriği sürekli değişen bir voltaj veya akıma dönüştürür. Bir dijital ekran veya dijital bilgisayar ile işbirliği yapılması gerekiyorsa, analogdan dijital (A / D) dönüştürme cihazı ile donatılması gerekir. Analog sensörler tarafından üretilen bu sürekli çıkış sinyali, ölçülen büyüklükle orantılıdır. Genel olarak, çeşitli analog sensör türleri vardır; çeşitli analog sensör türlerinin pratik örnekleri şunlardır: ivme ölçerler, basınç sensörleri, ışık sensörleri, ses sensörleri, sıcaklık sensörleri vb. Böylece Analog sensör harici parametreleri (rüzgar hızı, güneş radyasyonu, ışık şiddeti vb.) algılar ve çıkış olarak analog voltaj verir. Böylece çıkış voltajı 0 ila 5V aralığında olabilir. Yukarıda bahsedilen sensörler temel olarak analogdur.
- (2) Dijital sensör: Elektriği doğrudan dijital miktara dönüştürebilir, doğrudan dijital görüntüleme ve hesaplama için kullanılabilir, bilgisayarlarla doğrudan işbirliği yapabilir ve güçlü parazit önleme özelliğinin avantajlarına sahiptir ve uzaktan iletim için uygundur. Şu anda, bu tip sensör üç kategoriye ayrılabilir: darbe, frekans ve dijital çıkış. Izgara sensörleri gibi.

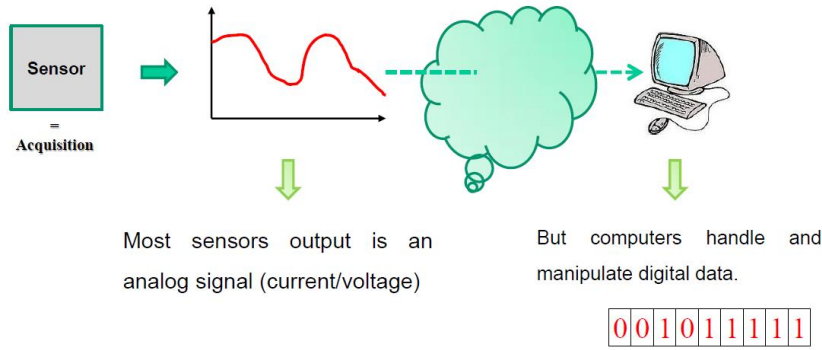


Analog ve dijital sensörler arasındaki fark

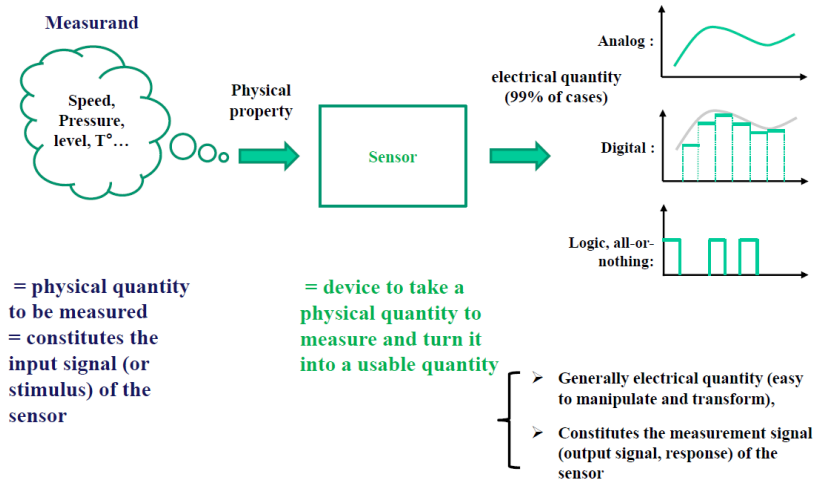
27 Analog sensörden farklı olarak Dijital Sensör, ayrık değerler (0 ve 1'ler) üretir. Dijital iletişimde genellikle dijital veya ikili sinyaller olarak adlandırılan ayrık değerler. Veri dönüştürme ve veri iletiminin dijital olarak gerçekleştiği elektronik sensörler veya elektrokimyasal sensörler dijital sensörlerdir. Bu dijital sensörler, analog sensörlerin dezavantajlarının üstesinden gelebildikleri için analog sensörlerin yerini almaktadır. Dijital sensör, sensör, kablo ve verici gibi başlıca üç bileşenden oluşur. Ancak, dijital sensörlerde, ölçülen sinyal doğrudan dijital sensörün içinde dijital sinyal çıkışına dönüştürülür. Böylece, bu dijital sinyal kablo aracılığıyla dijital olarak iletilir.

Analog sensörlerin dezavantajlarının üstesinden gelen farklı dijital sensör türleri vardır. Sensör çıktılarının çoğu analog sinyal biçimindedir, ancak bilgisayarlar yalnızca dijital verileri işler ve işler. Bu nedenle analogdan dijital dönüşüm gereklidir. Bir analog/dijital sinyalin dönüştürülmesi esas olarak iki aşamada gerçekleşir;

- 1) Birincisi örnekleme (zaman ölçeğinin ayrıklaştırılması) olarak adlandırılır.
- 2) İkincisi niceleme olarak adlandırılır (sinyalin sayısallaştırma genliği / akımı)



Dijital ve analog ölçüm zincirinin yapısı aşağıda verilmiştir (CIHEAM, 2016)

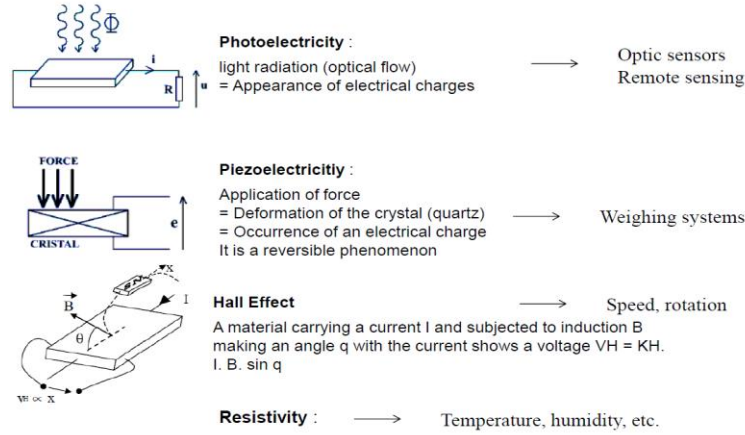


3.3. Sensör sınıflandırması

Sensör türleri çok geniştir ve dönüşüm ilkeleri (sensör çalışmasının temel fiziksel veya kimyasal etkileri), kullanımları, çıkış sinyali türleri ve bunları oluşturan malzemeler ve işlemler gibi onları sınıflandırmak için farklı kriterler kullanabiliriz.

3.3.1. Ölçüm prensibine göre sınıflandırma

Sensörün rolü, bir enerjiyi başka bir enerji formuna dönüştürmektir, bu nedenle birçok bilim adamı, "Sensör"e atıfta bulunmak için "Dönüştürücü" kullanır. Sensörlerin ölçüm ilkelerine göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir.



3.3.2. Ölçülen değişkene göre sınıflandırma

Girilen miktarlar: sıcaklık, basınç, yer değiştirme, hız, nem, ışık, gaz ve diğer elektrik dışı ise, karşılık gelen sensörlere sıcaklık sensörleri, basınç sensörleri, tartım sensörleri vb. denir. Bu sınıflandırma yöntemi, amacını açıkça açıklar. sensör ve kullanıcıya kolaylık sağlar. Ölçüm nesnesine göre gerekli sensörü seçmek kolaydır. Dezavantajı, bu sınıflandırma yönteminin farklı prensiplere sahip sensörleri tek bir kategoride sınıflandırmasıdır. Her sensörün dönüştürme mekanizmasındaki ortak noktaları ve farklılıkları bulmak zordur. Bu nedenle sensörün bazı temel prensiplerini ve analiz yöntemlerini kavramak elverişsizdir. Piezoelektrik sensör gibi aynı tip sensör mekanik titreşimde ivme, hız ve genliğin yanı sıra darbe ve kuvveti ölçmek için kullanılabilir, ancak çalışma prensibi aynıdır.

Bu sınıflandırma yöntemi, çoğu fiziksel nicelik türünü iki kategoriye ayırır: Temel sensörler (temel miktarlar) ve özel sensörler (türetilmiş miktarlar). Örneğin, kuvvet temel bir fiziksel nicelik olarak kabul edilebilir ve kuvvetten basınç, ağırlık, gerilim, moment vb. türetilir. Yukarıdaki fiziksel büyüklükleri ölçmemiz gerektiğinde sadece kuvvet sensörlerini kullanmamız gerekir. Bu nedenle, temel fiziksel nicelikler ile türetilmiş fiziksel nicelikler arasındaki ilişkiyi anlamak, sistemin ne tür sensörler kullandığı konusunda çok faydalıdır. Temel ve özel olarak sınıflandırılan sensörler aşağıda verilmiştir.

➤ « Basic » sensors :

- ✓ Temperature,
- ✓ Humidity (air or soil)
- ✓ Luminosity, radiance
- ✓ Pressure,
- ✓ Precipitation,
- ✓ pH,
- ✓ Flow rate liquid (but also grains...),
- ✓ Force, torque
- ✓ Speed, acceleration
- ✓ Position,
- ✓ ...etc

➤ « Specific » sensors :

- ✓ Fruit growth,
- ✓ Insects counting,
- ✓ Sap flow,
- ✓ Gas CO_2 , NO_2 ...
- ✓ Fruit Maturity (Spectron...)

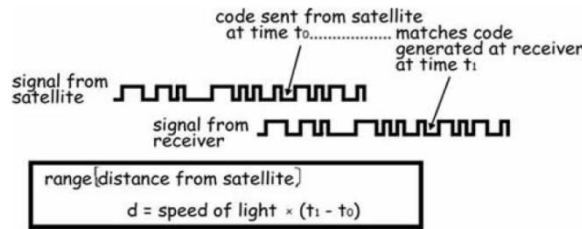
4. Küresel navigasyon uydu sistemleri

Küresel navigasyon uydu sistemleri (GNSS), küresel kapsama ile otonom jeo-uzaysal konumlandırma sağlayan uydu navigasyon sistemleri için standart genel terimdir. Herhangi bir GNSS, bir kullanıcının alıcısının dünyanın herhangi bir yerindeki coğrafi konumunu belirlemek için kullanılır. Şu anda iki operasyonel GNSS sistemi (GPS ve GLONASS) ve geliştirilmekte olan iki sistem (Galileo ve BeiDou) bulunmaktadır.

4.1. Çalışma prensibi ve hatalar vs dronlar

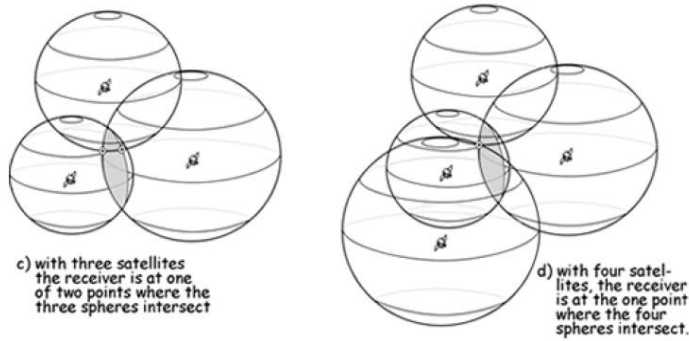
Uydu tabanlı navigasyon sistemlerini kullanan coğrafi konum, bir sinyalin bir uydudan alıcıya gitmesi için geçen süreyi ölçme yeteneğine dayanır. Radyo sinyalleri sabit olan ışık hızında hareket eder, bu nedenle seyahat süresi biliniyorsa uydu ile alıcı arasındaki mesafe belirlenebilir. Uydu yörüngelerinin sürekli izlenmesi nedeniyle uyduların konumu her zaman bilindiğinden, alıcı en az dört uydudan sinyal alıyorsa, kullanıcının alıcısının konumu hesaplanabilir.

Her GNSS navigasyon uydusu, zamanlama verileriyle birlikte konumunu iki frekansta (L1 ve L2) sürekli olarak yayınlar. L1 bandı, Kaba Alım (C/A) kodu ve Hassas (P) kodu olmak üzere iki kod taşır. C/A sinyali aynı zamanda "kod aşaması" veya "Standart Konumlandırma Hizmeti" (SPS) olarak da adlandırılır ve sivil faaliyetlerde kullanılan ana sinyaldir. P sinyali aynı zamanda "Hassas Konumlandırma Hizmeti" olarak da adlandırılır. L2 bandı sadece P kodunu taşır. Hem C/A hem de P sinyalleri, sözde rastgele kod olarak adlandırılan bir zaman referanslı dijital koda sahiptir. Alıcılar, uydular tarafından üretilen sözde rastgele kodların ve bunların üretildiği zamanın bir almanakını içerir. Bir alıcı, bir uydudan gelen dijital kodu ele geçirdiğinde, sinyalin ne zaman üretildiğini belirlemek için dijital sinyali almanakıyla karşılaştırabilir. Seyahat süresi, sinyalin yakalandığı zaman ile üretildiği zaman arasındaki farktır (Şekil 9). C/A ve P kodu arasındaki fark, kodun çözünürlüğünde ve dolayısıyla zamanlama ve mesafe belirlemenin doğruluğundadır. Uydular ayrıca genel uydu bilgilerini "taşıyıcı fazda" iletir. Taşıyıcı faz sinyalleri hem L1 hem de L2 bantlarında ve kod fazından çok daha yüksek bir frekansta yayınlanır. Daha yüksek frekans, uydu ile alıcı arasındaki aralığın daha doğru bir şekilde ölçülmesine izin verir. Ancak taşıyıcı faz, kod fazı gibi zaman referanslı değildir. Bu, sinyalin yorumlanmasını 'döngü kaymasına' duyarlı hale getirir. Bu etkiyi en aza indirmek için, taşıyıcı faz alıcıları, kaba bir tahmin sağlamak için C/A kodunu ve bu tahmini geliştirmek için taşıyıcı faz sinyalini kullanır. Yalnızca gelişmiş GNSS birimleri, "taşıyıcı faz" sinyalini yorumlayabilir.



Bir GNSS alıcısı üç uydu ile iletişim kuruyorsa (yani her uydudan belirli bir uzaklıktaysa), konumu onlarla oluşturduğu üç "mesafe" küresinin kesişim noktasında olmalıdır. Bu, biri gerçekçi olmayan iki olası konum verir (bkz. Şekil 10). Dördüncü bir uydu izleniyorsa, zamanlamayla ilgili hatalar da

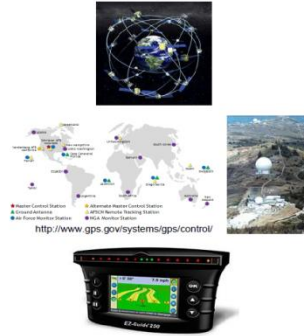
hesaplanabilir ve daha kesin bir konum bulunabilir. Çoğu alıcı, aynı anda dört uydu izlenmedikçe bir okuma vermeyecektir.



Şekil 16. Bir GPS alıcısı ile haberleşen uydu sayısının doğru konum konumuna etkisi (Leonard ve Philip, 2006)

GNSS sistemi üç bölümden oluşmaktadır;

- Spatial segment
- Control segment
- User segment



Diferansiyel GNSS (DGNSS), yakındaki bir referans GNSS istasyonu veya bu istasyonlardan oluşan bir ağ tarafından sağlanan diferansiyel bilgiler veya düzeltmeler yoluyla kullanıcının alıcısının (veya gezici alıcının) doğruluğunu iyileştirmeye dayanan bir GNSS büyütme sistemidir. Bu konseptin uygulanması, çift frekanslı taşıyıcı faz ölçümleri ve çift fark işleme uygulaması nedeniyle uydular ve alıcılar arasındaki yaygın hata kaynaklarının iptal edilmesini veya azaltılmasını sağlar. DGNSS yaklaşımında, referans istasyonunun doğru olarak ölçülmüş konumunu bilmenin avantajını kullanırız. Bu şekilde, tahmini konum ile gerçek konum arasındaki sapmaları türetmek ve böylece her uydunun GNSS sözde aralıklarındaki düzeltmeleri hesaplamak mümkündür. Bu tür düzeltmeler, kullanıcının alıcı konumlandırmasını iyileştirmek için kullanışlıdır.

İyi bilinen koordinatlara sahip bir temel alıcı kullanan RTK sistemi, santimetre elde etmek için karşılık gelen farklılıkları gerçekleştirmek için sağduyulu uydu ölçümlerini almak ve kullanmak için bir kullanıcı alıcısı ve bir iletişim bağlantısından oluşur. Sinyalin kalitesinden (C/A'ya karşı P'ye karşı taşıyıcı) ayrı olarak, bir alıcı tarafından hesaplanan coğrafi konumdaki hata, aşağıdaki hata kaynaklarından bir veya daha fazlasından etkilenebilir.

Uydu hataları. Yerleşik atomik saatlerin zamanlamasındaki hatalar veya uydunun iletilen konumunda bir hata (efemeris hatası).

Alıcı hataları. GPS alıcısının ve ilgili yazılımının, motorlar gibi harici kaynaklardan gelen termal ve elektronik gürültü ile başa çıkma yeteneği, alıcının kendisini ne kadar doğru bir şekilde konumlandırabileceğini etkileyecektir.

Atmosferik hatalar. Bir GPS alıcısına ulaşmak için, uydu sinyalinin Dünya atmosferinden ve özellikle sinyal hızını düşüren/yavaşlatan iyonosfer ve troposferden geçmesi gerekir.

Çok yol hataları. Bunlar, GPS anteni, yakındaki hangarlar veya silolar gibi ikincil bir kaynaktan yansıyan sinyalleri aldığı anda ortaya çıkan hatalardır. Bu, seyahat süresini uzatır ve dolayısıyla mesafe belirlemede hata yaratır. Binaların yakınına sabit bir baz istasyonu anteni yerleştirmeyerek ve mobil sistemleri büyük yapılardan uzakta çalıştırarak çok yollu hatalar en aza indirilebilir.

Kıta kayması hataları Avustralya sürüklenmeleri her yıl kuzeydoğu yönünde 7 cm'dir. Bu sorunun üstesinden gelmek ve bir sezondan diğerine tekrarlanabilirlik ve ± 2 cm doğruluk sağlamak için sabit bir DGPS baz istasyonu gereklidir.

Uydu geometrisi. Coğrafi konumun doğruluğu, coğrafi konum için kullanılan uyduların geometrisinin de bir fonksiyonudur. Optimum geometri, bir uydunun doğrudan tepede olması ve diğer üçünün eşit olarak dağılmasıdır. Uydular dünyanın yörüngesinde dolanırken, bir alıcıya göre geometrileri değişir ve konum hatalarının seyreltisi değişir; bu, coğrafi konumun doğruluğundaki günlük değişimin ana nedenidir. 12'den fazla uydu izleme kanalına sahip alıcılar bu etkiyi en aza indirmeye yardımcı olur.

4.2. Alıcılar ve doğruluk

Tarımsal uygulamalarda kullanılan farklı GNSS alıcıları vardır. Aşağıda açıklanmıştır;

Bağımsız GNSS alıcıları: Standart Konum Sistemi (SPS) alıcıları olarak bilinir, navigasyon uydularından sadece L1 bandındaki temel C/A kodunu kullanarak çalışır. P kodunu veya taşıyıcı fazı kullanmak için ek bir düzeltme sinyali veya karmaşık devre olmadığından, mevcut en ucuz GNSS alıcılarıdır. SPS alıcıları, piyasadaki tüm GNSS alıcıları arasında en düşük coğrafi konum doğruluğuna (genellikle ± 5 m, ancak daha büyük olabilir) sahiptir.

Diferansiyel düzeltme alıcıları: Bir GNSS sinyalindeki hata, GNSS sinyalinin sabit bir anket konumunda kaydedilmesiyle belirlenebilir. GNSS alıcı konumunun incelenen konumla karşılaştırılmasıyla fiziksel hata belirlenebilir. Diferansiyel GNSS, SPS coğrafi konumunu düzeltmek için bu bilinen hatadan yararlanır. Düzeltme bağımsız olarak kaydedilebilir ve SPS coğrafi konumu daha sonra düzeltilebilir (işlem sonrası) veya düzeltme gerçek zamanlı olarak uygulanabilir.

Gerçek zamanlı DGNSS veya DGPS: Bunlar iki anten gerektirir: biri C/A kodunu toplamak ve bir coğrafi konum belirlemek için, diğeri ise coğrafi konumun doğruluğunu artırmak amaçlı bir düzeltme faktörü almak için. Düzeltme sinyali için, örneğin yerel bir baz istasyonundan, serbest uçuş yapan kıyı navigasyon fenerinden veya Geniş Alan (WADGPS) ağından çeşitli farklı kaynaklar mevcuttur. Bu GNSS alıcıları, düzeltme sinyalini kabul etmek ve coğrafi konumu güncellemek için ekstra bileşenlere ihtiyaç duyduklarından, bağımsız GNSS alıcılarından daha pahalı olma eğilimindedir.

Taşıyıcı fazlı alıcılar: Taşıyıcı fazlı GNSS veya GPS alıcıları, uyduda yayılma ile kullanıcı tarafından alım arasındaki bilgi taşıyıcı sinyalinin faz kaymasını kullanır. Bu yöntem potansiyel olarak daha yüksek doğruluk (santimetre seviyesi) sunar, ancak aynı zamanda daha pahalı alıcılar gerektirir. Taşıyıcı faz sistemleri, tek frekanslı (yani yalnızca L1 bant sinyallerine erişen) veya çift frekanslı (yani hem L1 hem de L2 bant sinyallerine erişen) olabilir. Çift frekanslı alıcılar, daha hızlı alım

süresi avantajına sahiptir. Birçok alıcı, gerektiğinde GLONASS'a ve ayrıca GPS uydularına erişebilir. Yerel bir baz istasyonu kullanılıyorsa ve düzeltme hesaplanıp radyo vericisi üzerinden yayınlanıyorsa, sistemin gerçek zamanlı kinematik (RTK) modunda çalıştığı söylenir.

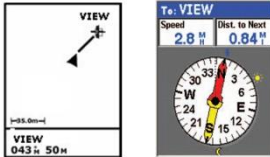
4.3. Tarımda Uygulamalar (Vaka Çalışması)

GNSS hassas tarımda kullanılıyor

- 1) Nokta Rehberliği
- 2) Parsel Alanı Ölçümü
- 3) Topografik Haritalama
- 4) Değişken Oranlı Aplikatörler (Üst Giydiriciler ve Mahsul Tozlayıcılar)
- 5) Verim Haritalaması
- 6) Traktör GNSS Destekli Direksiyon
- 7) Tarımsal Uzaktan Algılama

1) Nokta Kılavuzu

- The target point is selected on map screen.
- The target position is highlighted.
- A cursor location indicates present position
- The GNSS navigation compass provides guidance to target.



2) Parsel Alanı Ölçümü

- GNSS ünitesi ile alan sınırında yürüyün;
- Çevre ve Alan tahminini belirtin;
- İzin verilen tolerans = Çevre * 1,25 m. (JRC Teknik Kılavuz Belgesi)
- Hata = (Gerçek Alan - Ölçülen Alan) / Çevre [$<1,25$ metre]
- EGNOS ile performans önemli ölçüde iyileştirildi. Anlamı önemli ölçüde daha iyi alan tahmini.

3) Topografik Haritalama

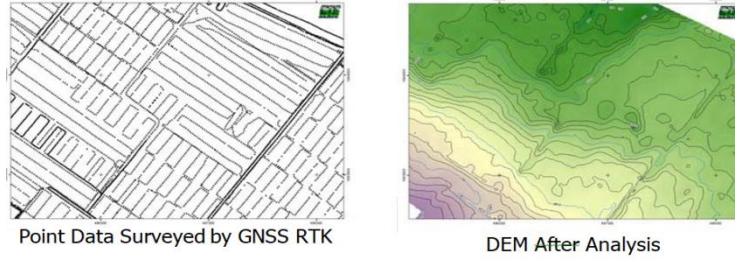
- Bir RTK GNSS sisteminden (2cm yatay doğruluk dahilinde) yükseklik/yükseklik verileriyle uzamsal verilerin toplanmasıyla başlar.(Şekil 17).
- Veri toplandıktan sonra yazılım, kontur, yükseklik, eğim ve görünüş haritaları üretmek için verileri analiz eder.
- Topografik veriler, GNSS ünitesinin her 5-10 m'de bir veri noktalarını günlüğe kaydetmesiyle, düzenli tarla aralıklarında bir çiftçilik işlemi yapılırken tarlada bir traktör sürülerek toplanır.
 - Peyzajın daha ayrıntılı topografik haritalarını üretmek için daha fazla veri toplandığından, alan genişliği ne kadar dar olursa o kadar iyidir.



RTK GPS Mounted in a 4WD Vehicle



Şekil 17. Araca Monte edilmiş Parsel Alan Ölçümü için RTK GPS sistemi (Salem, 2007)

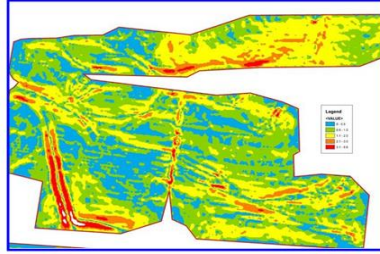


Şekil 18. Analiz Sonrası GNSS RTK ve DEM Tarafından İncelenen Nokta Verileri (Salem, 2007)

Topografik Çiftlik Haritalarının Faydaları:

Çiftlik yerleşimlerini tasarlamak için kullanışlıdır:

- Çiftlik operasyonel verimliliğini en üst düzeye çıkarmak,
- Erozyonun kontrol edilmesi ve
- Su kaydını en aza indirir.

**Slope Map:**

Blue represents areas of very low slope (< 0.5%); which maybe prone to water logging.

Red represents areas of higher (steeper) slope, which have higher susceptibility to erosion.

Contour lines laid over satellite imagery.

This shows slopes and surface water flows; an extremely useful planning and layout design tool.



Şekil 19. Topoğrafik Haritalamadan Türetilmiş Haritalar (Salem, 2007)

4) Değişken Oranlı Aplikatörler

- Çiftçilerin tarlanın yalnızca etkilenen alanlarını tedavi etmesine izin verin.
- GNSS gereklidir çünkü değişken oranlı ekipmanın bir girdinin oranını nerede değiştireceğini bilmesi gerekir.
- Zamanın her anında uygulanması istenen kimyasal miktarını hesaplar.
- Arazideki konumu, haritadaki bir koordinat ve o koordinat için istenen uygulama oranı ile sürekli olarak ilişkilendirmek için bir GNSS sistemi kullanılmalıdır.
- Çoğu değişken oranlı kontrolör, hızdaki bir sonraki değişiklik için haritada "ileriye bakarak" uygulama hızını sahadaki konumla senkronize etmeye çalışır. Bu, aplikatörden çıkan hızı değiştirmek için gereken süreyi ve traktörün yer hızını hesaba katar.

5) Verim Haritalaması

- Geleneksel olarak, çiftçiler, bir tarla için mahsul verimi açısından bir ortalama sayıya sahipti.
- Ortalama mahsul verimi, bir tarlada var olan verim değişkenliğini maskeler.
- Bir verim haritası, tarla üretimini ve bunun bir tarla üzerinde mekansal olarak nasıl değiştiğini değerlendirir.

- Üreticinin, belirli alanların neden bu şekilde üretildiği sorusunu araştırmasına olanak tanır.

Getiri haritası 2 önemli bilgi sağlar:

- Verim Değişkenliği:

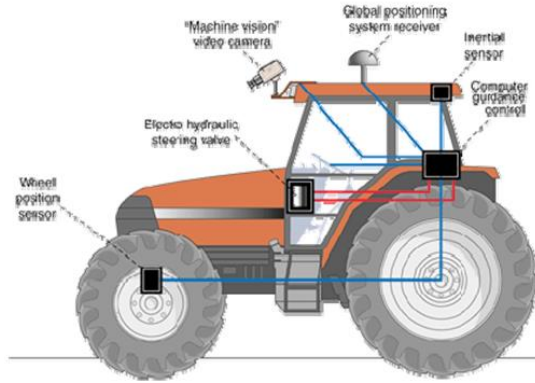
- her renk bir verim aralığını temsil eden bir dizi renkle bir harita üzerinde gösterilir.
- Harita lejantı size verim varyasyonunu nasıl okuyacağınızı söyleyecektir.
- Çoğunlukla tek renk gösteren harita, verim değişkenliğinin olmaması anlamına gelir.

- Verim Üretimi:

- Düşük ve yüksek verimli alanların göreceli büyüklüğü ile gösterilir.
- Haritada hangi rengin hakim olduğu, bir tarlada yüksek veya düşük verim olup olmadığını gösterir.
- Düşük üretim alanları toprak besin seviyelerinde, su stresinde veya haşere baskısında sorunlara işaret edebilir.

6) GNSS Destekli Direksiyon

- Çiftçiler, kayıt yapan bir GNSS sistemi ile tarlalarını sürerken rotalarını kaydederler.
- Traktör daha sonra aynı rotayı izleyecek şekilde programlanabilir - ekim, gübreleme, haşere kontrolü ve hasat için.

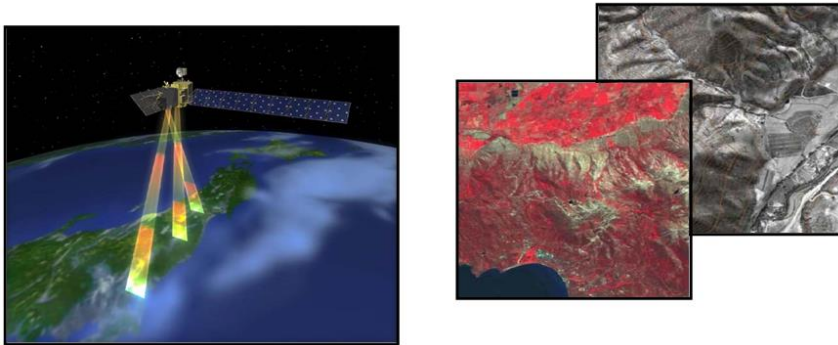


Hands-Free GNSS Assisted Steering

The Wired Tractor

7) Tarımsal Uzaktan Algılama

- Uzaktan Algılama = alanın yüksek bir noktasından (ör. uydular veya uçaklar) alınan uzaktan algılanan görüntüleri kullanarak fiziksel olarak dokunmadan alanlarının durumunu izleyin.



Şekil 20. Tarımsal Uzaktan Algılama, Uydulara Göre Alan İzleme (Salem, 2007)

5. PA için Ticari Sensörler

5.1. Kırpma algılama

Mahsul sensörleri, çiftçilere başka yollarla elde edilmesi zor veya imkansız olan hızlı, objektif, nicel ve kesin (tekrarlanabilir) ölçümler sağlar. Algılayıcı ile hedef arasındaki mesafe ile ilgili olarak, algılama teknikleri yakın veya uzaktan algılama (RS) olarak sınıflandırılabilir. Teknik olarak, uzaktan ölçüm, ölçülen elemanla temas etmeden elde edilen herhangi bir ölçümdür. Bununla birlikte, PA'da, proksimal algılama tekniklerinin yer tabanlı ölçümler için kullanılanlar olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle dronlardan, uçaklardan veya uydulardan elde edilen herhangi bir ölçüm RS olarak kabul edilecektir.

Her iki algılama tekniğinin artıları ve eksileri Tablo 4'te görülebilir.

Tablo 4. Proksimal ve uzaktan algılama tekniklerinin artıları ve eksileri

PROXIMAL SENSING	REMOTE SENSING
+ Usually very high spatial resolution + Simpler technologies + Possibility of using multiple sensors at a time + On-the-go derived operation capabilities	+ No contact with the crop or soil + Large scale measurements (field, farm or region) + Instantaneous (single-shot) measurements keeping environmental conditions all the same
- Need to step on the field - Small scale measurements - Longer acquisition times (resulting in different environmental conditions)	- Usually lower spatial resolution - Usually more expensive techniques - More meteorology dependent - Need for atmospheric corrections when using satellites

Ölçümlerin uzamsal çözünürlüğü söz konusu olduğunda, bazı proksimal algılama sistemleri (sensör ve veri kaydediciler) yalnızca tek saha ölçümleri alabilir. Bunun nedeni, sensörün özel bir kurulum gerektirmesi veya manuel olarak tetiklenmesinin gerekmesi olabilir. Diğer sensörler, özel algılama gereksinimleri olmadan zaman içinde sürekli ölçümler elde edebilir, bu nedenle ölçümleri coğrafi olarak referans almak için çıkış sinyali ve bir GNSS alıcısının koordinatlarını kaydederken yalnızca alanlar boyunca hareket ettirilmeleri gerekir. İkincisi genellikle hareket halindeyken algılama teknikleri olarak adlandırılır.

Sensörler sahada sabit olacağı zaman, örn. gömülü toprak nemi sensörleri veya meyvelere bağlı sensörler, çiftçilere yüksek zamansal çözünürlüklü veriler sağlayabilir. Bununla birlikte, uzaysal çözünürlük, doğrudan sahada konuşlandırılan sensörlerin sayısına bağlı olduğu için genellikle çok düşüktür. Sıklıkla, hektar başına yalnızca bir veya birkaç sensör vardır ve bu, sensör konumunu önceden düşünülmesi gereken çok önemli bir konu haline getirir. Bu tür sensörler genellikle kablosuz sensör ağları (WSN) olarak adlandırılan kablosuz iletişim ile bağlanır.

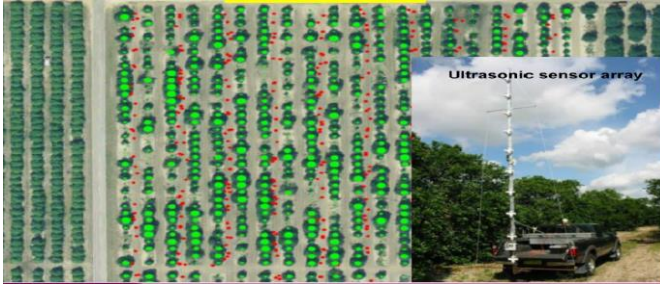
5.1.1. Gölge ve biyokütle karakterizasyonu

Optik algılama, toprak ve bitki örtüsündeki değişkenliği ölçmek için yaygın olarak kullanılır. Optik görüntüleme, elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızılötesi (NIR) ve termal kısımlarını kullanır. Hassas tarımda, uzaktan algılama esas olarak bitki örtüsü indekslerinin (VI) hesaplanması yoluyla ayrıntılı mahsul izlemede kullanılır. En bilinen VI, elektromanyetik spektrumun kırmızı (R) ve yakın kızılötesi (NIR) bantları üzerindeki bitki yansımaları kullanan basit bir hesaplama olan Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'dir (NDVI):

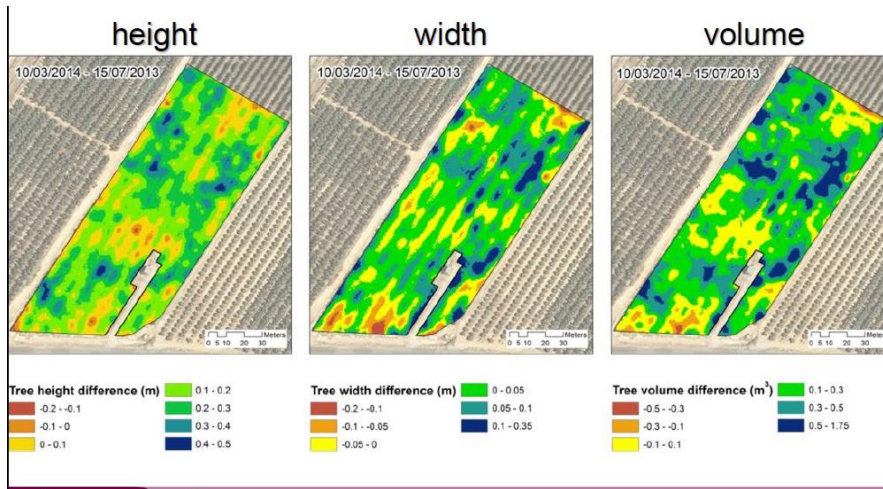
Bitki karakterizasyonuna göre sensör sınıflandırması aşağıda görülebilir;

- Crop sensors:
 - Detection and ranging (optical and ultrasonic)
 - For crop detection
 - For crop/canopy characterization
 - Radiometric
 - RGB detection
 - Indices for biomass estimation (and vigour and health status)
 - Other

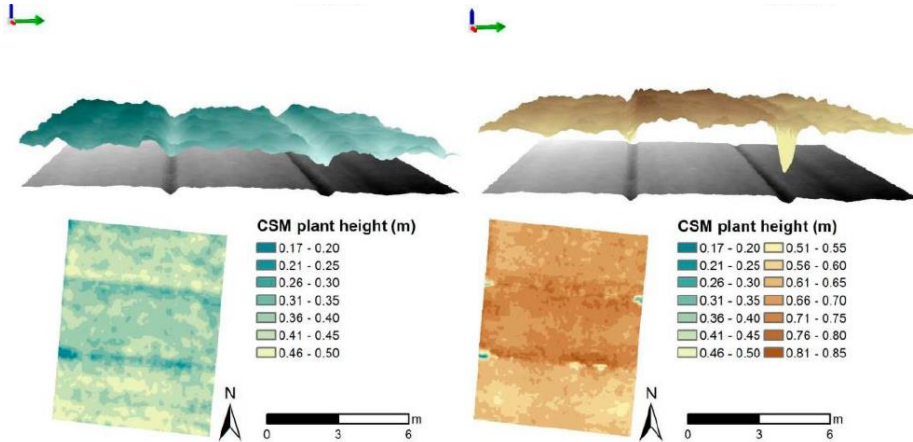
Ekinlerin tespiti ve aralığı (optik ve ultrasonik (CIHEAM, 2016))



LİDAR – Ağaç parametreleri için kanopi büyüme haritaları (CIHEAM, 2016)



Tesis parametreleri için İHA'dan RGB Tespiti (CIHEAM, 2016)



Bitki sağlığı ve canlılık ölçümü için kullanılan radyometrik indeksler aracılığıyla biyokütle

Ekin yansımasını ölçen sensörler, platforma göre sınıflandırılabilir. Yer tabanlı optik sensörler, bir metin dosyasında yansıma verilerini ve depolamayı toplayabilir. Zemin sensörleri ayrıca aktif veya pasif olarak sınıflandırılabilir. Temel fark, pasif sensörlerin güneş gibi harici bir ışık kaynağına ihtiyaç duymasıdır. Aktif sensörlerin kendi ışık kaynağı vardır. Aşağıda, piyasada elle kullanılan ve her biri kendi yapım özelliklerine sahip birkaç marka listelenmiştir.

Crop Circle™



Manufacturer	Holland Scientific
Height of operation	0.25m to 2.5m
Field of view	Height x 0.6 (up to 8 sensors on CANbus)
View angle	nadir
Active light source	Model ACS-220: Yellow (560nm) or Red (650nm) & NIR (770nm) Model 270: 3 user-configurable bands (420 to 800nm)
Data output	Model ACS-220: band information and NDVI or YNDVI Model 270: band information and user-defined index
Calibrations	Crop biomass and nitrogen uptake

<http://hollandscientific.com/product/crop-circle-ac-430-active-crop-canopy-sensor/>

Greenseeker®



Manufacturer	Ntech Industries (Trimble)
Field of view	0.6m (multiple sensor capable)
Height of operation	0.8 – 1.2m above target
View angle	nadir
Active light source	Red (660nm) & NIR (770nm)
Data output	NDVI or four alternatives and nitrogen recommendation
Calibrations	Yield potential and nitrogen responsiveness – winter wheat, spring wheat, canola, corn, sorghum, cotton

<http://www.trimble.com/Agriculture/greenseeker.aspx>

Yara N Sensor® i Yara N Sensor ALS (Active Light Source)



Manufacturer	Yara Fertilisers
Height of operation	Tractor cab height
Field of view	3m wide strip on each side of the tractor
View angle	oblique
Active light source	Red edge (730nm) and (760nm)
Data output	Biomass index and nitrogen recommendation
Calibrations	winter wheat, winter barley, spring wheat, spring barley, potatoes, protein in winter wheat

http://www.sensoroffice.com/hp_home2/index.jsp

TOPCON CROPSPEC™

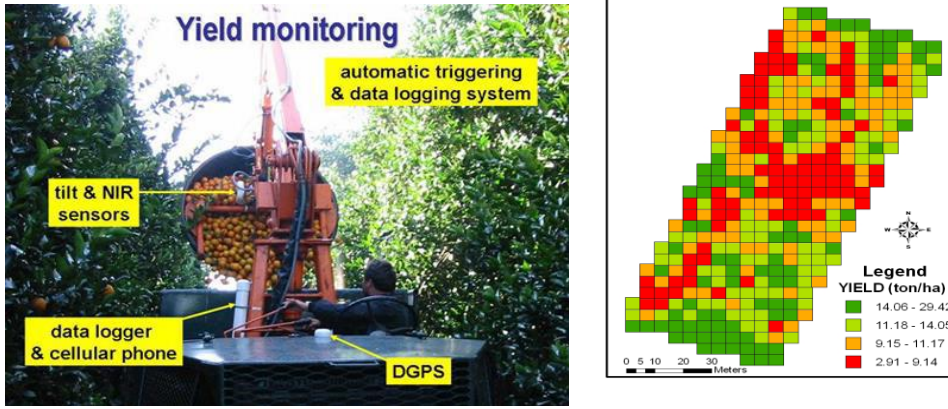


Manufacturer	Yara Fertilisers & TOPCON
Height of operation	Tractor cab height
Field of view	3m wide strip on each side of the tractor
View angle	oblique
Active light source	730-740 nm and 800-810 nm
Data output	Biomass Index and N recommendation
Calibrations	winter wheat, winter barley, spring wheat, spring barley, potatoes, protein in winter wheat

<http://ag.topconpositioning.com/ag-products/x20-application-kits/cropspec>

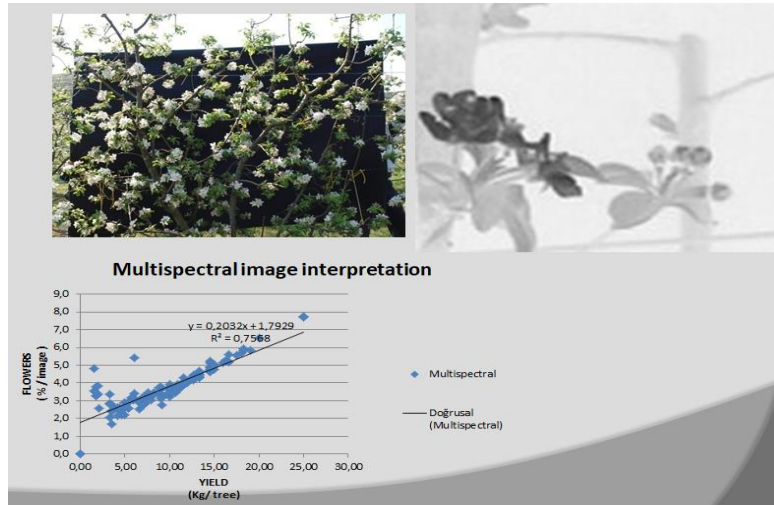
5.1.2. Çiçek ve meyve izleme

Meyveler, PA'daki meyvelerin palet kutularını tartmak için bir sistemle toplandı. Bidonlar, onları tartmak için yükleme hücreleri ve konumu kaydetmek için bir GPS kullanan bir hidrolik asansör tarafından kaldırıldı. Bu yaklaşımla örneğin 3,6 hektarlık bir bahçede verim değişkenliği gözlemlenmiştir. Çoğu mahsulde miktar, bir tarlanın üretiminin bir bileşenidir. Ürünün kalitesi meyve mahsulleri için ikinci bir bileşendir, kalite genellikle dış parametreleri (boyut, renk, şekil, yüzey dokusu ve kütlesi), iç parametreleri (tatlılık, asitlik veya iç hastalıklar) ve tazeliği içerir (Şekil 21). Tarlanın erken ve geç olgunlaşan alanlarını belirleyip ayrı hasat yaparak geç olgunlaşmayı tahribatsız yöntemlerle olgunlaştırabiliyoruz.



Şekil 21. Meyve bahçelerinde verim haritalama sistemi ve ilgili verim haritaları (Gemtos, 2012)

Uzaktan algılamayı kullanarak, gerçeğe yakın (olgunluğun başlangıcı) vejetasyon indeks haritaları ile üzüm kalite haritaları arasında yüksek korelasyon buldular. Bitki örtüsü endeksleri, ölçülen bitki yansıması ile tahmin edildi. Bu endeksler ile verim, ürün kalitesi, su durumu veya besin mevcudiyeti arasındaki ilişkiler literatürde rapor edilmiştir. Işık yansıması oldukça karmaşıktır ve birçok durumda korelasyonu netleştirmeyen çeşitli faktörlerden etkilenir. Elmalardaki çiçeklerin mekansal verimi ile mekansal dağılımı arasındaki yüksek korelasyon, Liakos ve diğerleri tarafından bulunmuştur. Fotoğraf çekip analiz ederek meyve bahçesindeki verim dağılımını ve nihai verimi tahmin edebiliriz (Şekil 22).



Şekil 22. Verimin Yorumlanması için Çiçeklerin Multispektral Görüntüsü (Liakos et al., 2017)

5.1.3. Mahsul Sağlığı algılama

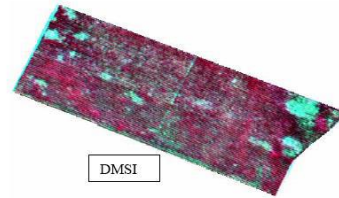
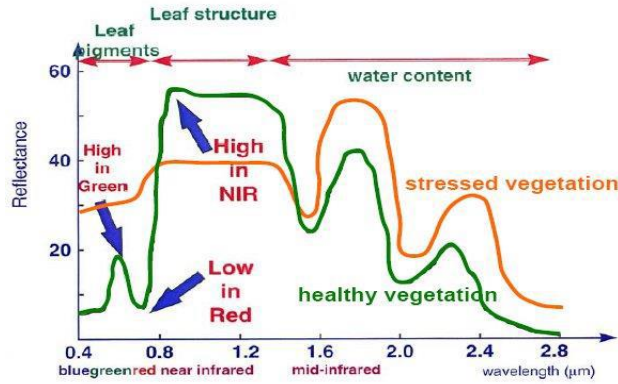
Sorun - Sadece önleyici sıhhi tedaviler, - Potansiyel tespit çok erken yapılmalı, - Spesifik semptomları tanımlamanın zorluğu, - Hastalık tespiti için mevcut spesifik sensörler yok, ancak floresan olası bir fırsattır ve hiperspektral görüntülerin potansiyeli de araştırılır,

Mevcut çözümler: Çok yıllık ekimde hastalık için büyük ölçeklerde mevcuttur

-Phylloxera (asma),

-Flavesans (fitoplazma),

Hastalığın olası oluşumunu belirlemek için büyük ölçekte (> bin ha) gözlem



Kaynak: http://agrifish.jrc.it/marsstat/db_and_infrastructures/EVMI_remote_sensing_data.pdf

Çok yıllık bitkiler için geniş ölçekte mevcut çözümler;

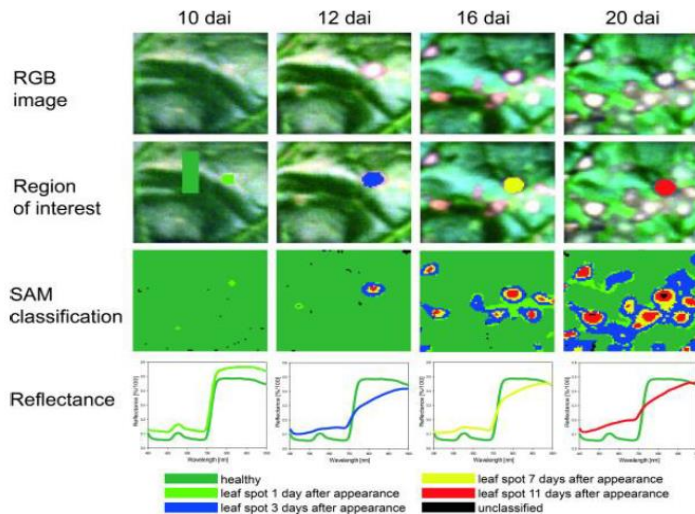
Örnekler: Güney Avustralya üzüm endüstrisi kurulu tarafından 2001 yılından bu yana yıllık havadan görüntüler - Havadan görüntüler NIR, çözünürlük 0,5-1m. - Bağın %90'ından fazlası kontrol edilir, Prensi:

- Görüntü işleme (NDVI veya diğer bitkisel indeks),
- Görüntünün insan uzmanlar tarafından analizi ve sahip veri tabanı ile bağlantı (en zoru),
- Yer gerçeği incelemesi için olası semptomların belirlenmesi

Gelecekteki olası çözümler: floresan



Hiperspektral (yüksek uzaysal çözünürlük)



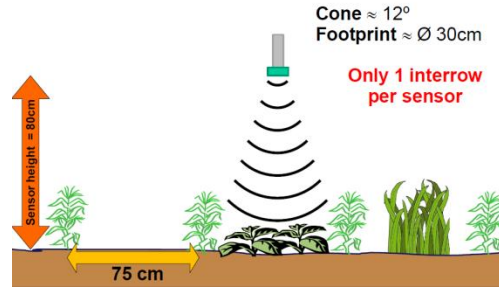
(case of sugar beet)

(Kaynak : Malhein et al., 2013)

5.1.4. Yabancı ot tespiti ve sınıflandırması

- Weed sensors:
 - Presence (optical and ultrasonic)
 - For weed detection and classification
 - Radiometric
 - For weed detection and classification

Ultrasonik yabancı ot tespiti ve aralığı (CIHEAM, 2016))



RGB yabancı ot tespiti (CIHEAM, 2016)

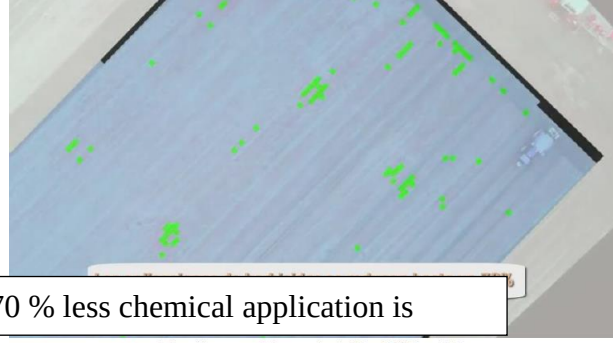


www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911002602



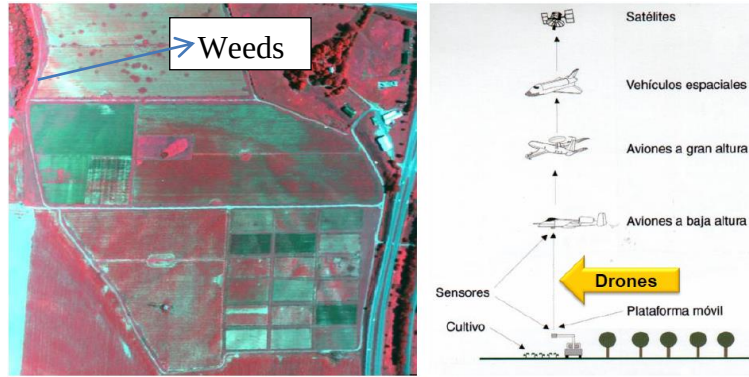
<https://youtu.be/QUmE3WDYyLw>

İHA'dan RGB yabancı ot tespiti ((CIHEAM, 2016)

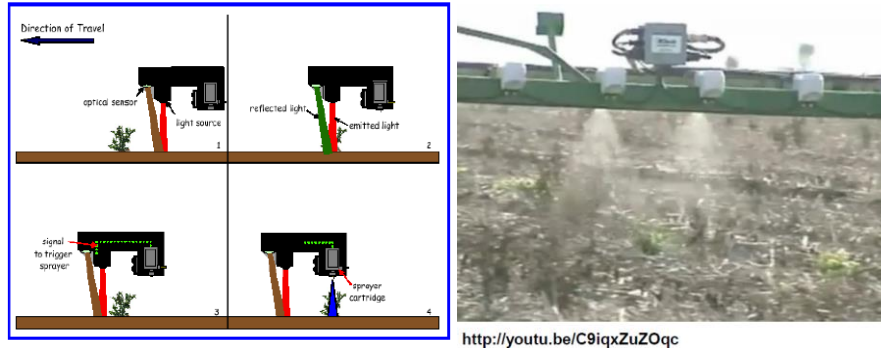


<https://www.youtube.com/watch?v=TjX-FhmdhZc>

Yabani ot algılama VIS + NIR Tespiti (CIHEAM, 2016)



Weedseeker: Sensör algılamaya dayalı yabancı ot tespiti ve ilaçlama (CIHEAM, 2016)

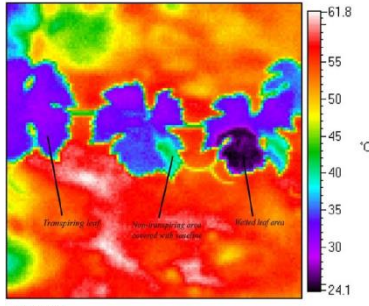


<http://youtu.be/C9iqxZuZOqc>

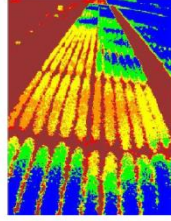
5.1.5. Su Stresi

Su stresi, bitkilerde dolaşmak için yeterli su olmadığında ortaya çıkar. Bazı bitkiler diğerlerinden daha fazla suya ihtiyaç duyduğundan, bazıları yağış eksikliği, toprakta su eksikliği veya kurak ayları geçirmeleri için yeterli su depolayamama nedeniyle sıkıntı çekebilir. Gölge sıcaklığı, uzun zamandır bitki su durumunun bir göstergesi ve sulama planlaması için potansiyel bir araç olarak kabul edilmektedir. Su durumu, termal kamera ve mobil veya hava platformlarından alınan görüntüler ile değerlendirilmiştir.

Thermal imagery (proxi sensing)



Sources: CSIRO



$$CWSI = (T_{canopy} - T_{wet}) / (T_{dry} - T_{wet})$$

$$I_G = (T_{dry} - T_{canopy}) / (T_{canopy} - T_{wet})$$

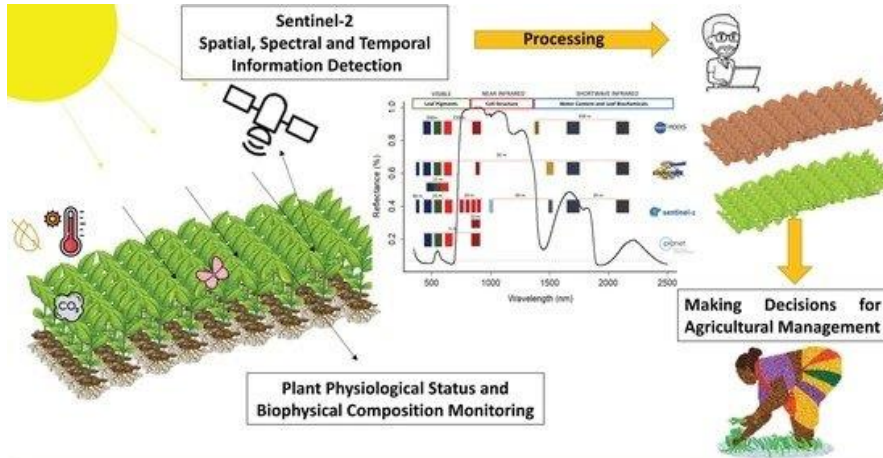
Termal görüntü (proxi algılama) (Jones ve Xavier, 2014)

CWSI, IG : Mahsul Su stres indeksi

Birçok çalışma, CWSI, IG ve bitki su durumu arasında iyi korelasyonlar buldu.

5.1.6. Verim izleme (NDVI ve VARI indeksi)

Uzaktan algılama sistemleri, her bir alan için parametreler türetme olasılığı ile geniş alanlar üzerinde mahsul gölgeğinin yer üstü bileşenini doğrudan görüntülediğinden, niceliksel ve düzenli bir temelde mahsul büyüme değışkenliği hakkında bilgi toplamak için birincil kaynak olabilirler. Uzaktan algılama bilgisi ve mahsul simülasyon modelinin bağlanması, mahsul veriminin çiftlik düzeyinde haritalandırılması ve mahsul üretimindeki değışkenliğin nedenini belirlemek için bir alternatif sağlar.



Remote sensing for agriculture monitoring: Sentinel-2 features and precision agriculture

6. 6. Sensör verilerinin işlenmesi: sensör verilerinden çiftçinin bilgilerine

6.1. Vaka çalışmaları uygulamaları

“GAP Bölgesinde Hassas Tarım Uygulamalarının Yaygınlaştırılması”

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde tarımsal faaliyetlerin etkin bir şekilde yürütülmesi amacıyla proje yürütülmüştür. İlk aşamada, farklı uzaktan algılama veri kaynakları ve yersel spektral ölçümler ile analizler yapılmıştır. Ayrıca operatör destekli hassas tarım analizleri için uygulama yazılımı ve web arayüzü geliştirilmiştir. İkinci aşamasında, ilk aşaması tamamlanan çalışmada, mısır bitkisinde

değişken oranlı gübreleme uygulanarak verim artışının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Proje çıktılarının önce GAP Bölgesi'ne ardından da tüm Türkiye'ye yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Proje kapsamında mısır, pamuk ve buğday ürünleri üzerine çalışılması planlanmış ve bu doğrultuda; Faaliyet planı hazırlanmış ve proje faaliyetleri kapsamında çalışmaların yürütüleceği 1000 hektarlık bir pilot alan seçilmiştir. Belirlenen pilot bölgede hassas tarım uygulamaları için çeşitli yöntemler (uydu görüntüleri, hava platformlarında kullanılacak multi/hiperspektral kameralar, spektrometreler, yer platformlarında kullanılacak sensörler) uygun verilerin toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanması için kullanılmıştır. Mevcut bitki deseninin tespiti ve detaylı toprak etüdü çalışmaları yapılmış ve pilot alan bitki deseni için uydu görüntüleri alınarak işlenmiştir. Spektral imza alımı için hava ve yer veri toplama çalışmaları yapılmıştır. Sistemin etkin kullanımı için, toplanan verilerin işlenmesi ve yorumlanması için Türkiye'de bu anlamda bir ilk olarak adlandırılabilen, ulusal, kullanıcı ve son kullanıcı olmak üzere iki farklı arayüze sahip bir uygulama yazılımı geliştirilmiştir.

Pilot alanda farklı zamanlarda elde edilen spektral imzaların toplanmasını, gübreleme ve ilaç uygulama haritalarının üretilmesini, uydu ve hava görüntülerinden ürün desenlerinin %95 doğrulukla tespit edilmesini, verimin tahmin edilmesini sağlayan çiftçi web arayüzü, bitkilerdeki gelişme sorunlarının tespiti ve sorunların çiftçi danışmanları aracılığıyla çiftçilere ulaştırılması. Projenin ana çıktıları arasında uydu görüntülerinin entegrasyonu ve sistemin sürekliliği, toprak etüdü ve verimlilik haritalarının entegrasyonu ve farklı veri türlerinin kullanılması yer alıyor.

Veri Toplama

Uydu Görüntüleri

Projede yerli uydumuz Göktürk-2, ücretsiz görüntüler NASA ve ESA uyduları: Landsat 8, EO-1 Hyperion, Sentinel-1, Sentinel-2 ve ticari uydular SPOT 6/7, TerraSAR-X, RapidEye kullanılmaktadır. Görüntülerin bir kısmı önışlemleri olarak sunulabilirken, bir kısmı da radyometrik ve geometrik düzeltmeler yapılarak analize hazır hale getirilir. Kullanılan uyduların zamansal, karasal ve spektral çözünürlüklerindeki farklılıklar, farklı bilgilere aynı anda erişimde avantaj sağlamaktadır. Örneğin isteğe bağlı olarak görüntü alması planlanan 2,5 metre karasal çözünürlüğe sahip Göktürk-2 uydusu ayda ortalama bir kez görüntülenebilirken, 10 metre karasal çözünürlüğe sahip Sentinel-2 uyduları, her beş günde bir görüntü sağlıyor. Özellikle yağışların yoğun olduğu bahar aylarında kullanılamayan elektro-optik görüntüler yerine SAR görüntüleri kullanılarak bitki gelişim analizlerinin sürekliliği sağlanmaktadır. Harran Ovası'nda seçilen çalışma alanlarını kapsayan elektro-optik, SAR ve hiperspektral uydu görüntüleri kullanılarak bölgede yetiştirilen bitkilerin fenolojik gelişimlerine dayalı zamansal analizler yapılmıştır.

Havadan Görüntüler

Proje pilot alanında, bölgenin vejetatif gelişme dönemleri dikkate alınarak önceden belirlenmiş tarihlerde 10 adet havadan hiperspektral (HS) görüntüleme yapılmıştır. VNIR HS Hava Kamerası NEO Hypex VNIR-1800, SWIR HS Hava Kamerası NEO Hypex SWIR-384 sensörleri hiperspektral görüntüleme için kullanılmaktadır. Örnek bir VNIR HS görüntüsü Şekil 23'te gösterilmektedir.

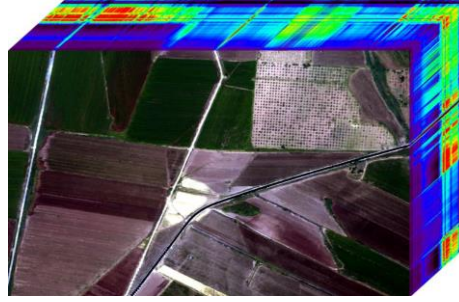


Figure 23. VNIR Hyperspectral Data Cube (Teke et al.,2019)

Saha Veri Toplama

Toprak örnekleme çalışmaları kapsamında “60 metre x 60 metre” gridleri oluşturulmuş ve 170 adet toprak örneği toplanmıştır. Etüt çalışmaları ile uygulanacak her pilot alan için 1,5 metrelik profil çukuru açılarak inceleme yapılmıştır. Toprak dokusu, pH, hacim ağırlığı, tuzluluk, alkalilik, kireç miktarı, organik madde miktarı, azot, kullanılabilir fosfor/postasium/mikro element durumu gibi özellikler belirlenmiş ve toprağın besin içeriği haritalanmıştır. Çalışma alanındaki toprak tipleri haritada hazırlanmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Çalışma Alanındaki Toprak Tiplerinin Çiftçi Arayüzü Üzerinde Gösterimi (Teke vd.,2019)

Mısır ve pamuğun spektral imzalarına ek olarak bölgede yetişen yabani ot, asma, biber, yer fıstığı ve buğday gibi diğer bitkilerin de spektral imzaları toplanmıştır. Spektral imzaları toplamak için ASD QualitySpec-Trek spektrometresi kullanıldı. Meteoroloji istasyonu, yerden veri toplama faaliyetleri ile senkronize olarak nem, yağış miktarı, rüzgar, sıcaklık ve basınç bilgilerini ölçmek için tahsis edildi.

HASSAS TARIMSAL ANALİZ

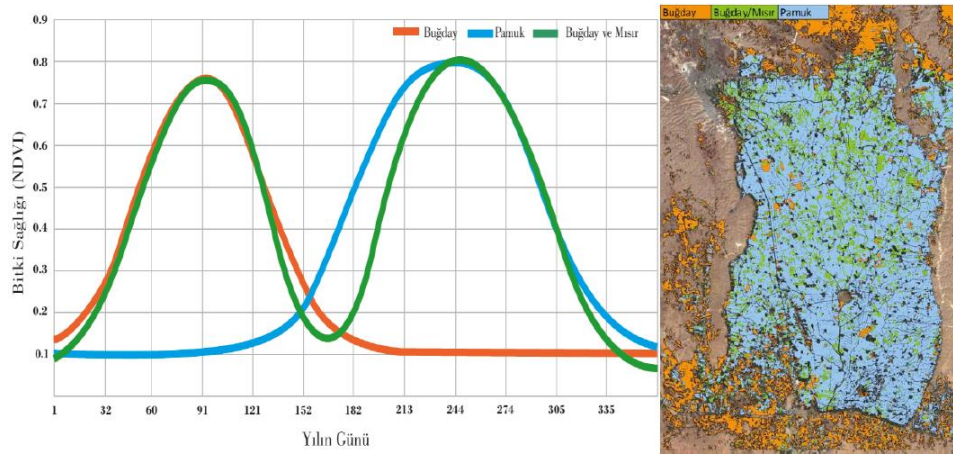
Hassas tarım analiz çalışma paketinin temel amacı, başlangıç ve üst gübreleme faaliyetlerini analiz etmektir. Ayrıca, projenin faaliyetlerine yardımcı olan ve projenin sonraki aşamalarında kullanılan bilgiler edinilmiştir: taban gübre ihtiyacı, üst gübre ihtiyacı, verim tahmini, yabancı ot tespiti, anormallik tespiti, mahsul desen haritası.

Kırpma deseni eşlemesi

Projede buğday, mısır ve pamuk ürünleri için geliştirilen ürün tespit sistemi, bölgede yetişen nohut, mercimek gibi diğer ürünleri de içerecek şekilde iyileştirildi. Hiperspektral görüntüler, uyumlu filtre ve spektral açı eşleyici (SAM) yöntemleriyle sınıflandırıldı. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında zaman serisi verileri, dinamik zaman atlama (DTW) ve SVM yöntemleri kullanılmıştır (Şekil 25.). Proje kapsamında hiperspektral ve uydu görüntüleri ve SAR görüntüleri ile ürün patern haritaları üretilmiştir.

Başlangıç ve üst gübre haritalaması ve uygulaması

Projede hem harita tabanlı gübrelemeden hem de hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden bitkilerin mevcut sağlık durumları hakkında bilgi alınmış, alt ve üst gübre uygulama sürecinde değişken oranlı gübre uygulamaları yapılmıştır. İHA ve uydu görüntüleri ile yapılan analizler ile klorofilmetre ölçümleri ilişkilendirilerek uydu görüntülerinden mısır gübreleme haritası çıkarılmaktadır.



Şekil 25. Harran Ovasında Yetiştirilen Bitkilerin Fenolojisi ve Landsat 8 Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Ürün Deseni Haritası (Teke vd.,2019).

Anomali tespiti

Anomalilerin tespiti, arazi örtüsü değişikliklerinin uzamsal-zamansal süreçlerini incelemek için önemlidir. Uydu görüntülerindeki anomali bölgeleri, yeraltı suyunun yükselmesi, hastalık ve kuraklık gibi beklenmedik arazi örtüsü değişikliklerini yansıtabilir. Uydu görüntüsü zaman serilerinde anomali bölgelerinin tespiti arazi örtüsü değişimlerinde dinamik süreçlerin incelenmesi açısından oldukça önemlidir. Arazi örtüsü değişikliği tespiti için birçok zaman serisi analiz yöntemi geliştirilmiş olmasına rağmen, bilgimize göre uydu görüntüsü zaman serilerindeki anormallikleri tespit etmeye odaklanan çok az yöntem vardır. Uydu görüntüsü zaman serilerini kullanarak arazi örtüsü değişikliklerini tespit etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiş olsa da, bunlar genellikle belirli yıllar arasındaki ani arazi örtüsü değişikliklerini tespit etmek için tasarlanmıştır.

Yabancı Ot Tespiti

Yabani otlar doğal olarak bitkilerle birlikte ortaya çıkar ve hem önemli verim kayıplarına hem de ekonomik zararlara neden olur. Projenin ikinci aşamasında, bitki gelişimi sırasında alınacak İHA görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile yabancı ot ve bitki ayrımı yapılmış ve yabancı ot kontrol haritaları üretilmiştir. Özellikle yabancı ot tespiti için çok yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri tercih edilmekte; Yabancı ot tespitinde, nesne tabanlı sınıflandırma ve farklı indekslerin kullanılması gibi yöntemlerle birlikte yapay zeka kullanımının yaygınlaştığı ve çözümlerin otomatikleştirilmeye başlandığı görülmektedir.

Uygulama Yazılımı ve Çiftçi Danışman Arayüzü

Geliştirilen Hassas Tarım Uygulama Yazılımı ile sulama, gübreleme ve ilaçlama ihtiyaçları gibi konularda karar vermeyi destekleyecek analizler (Şekil 26.). GAP Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen buğday, mısır ve pamuk ürünlerinin analizleri, hiperspektral hava fotoğrafları, elektro-optik ve SAR uydu görüntüleri kullanılarak yapılabilmektedir. Sınıflandırma otomatik olarak yapılabilir ve görüntüden imza toplanarak hiperspektral hava fotoğrafları ile genel ve bitki anomali tespitleri yapılabilir, NDVI, LAI ve NDI indeks algoritmaları ile bitki gelişimi izlenebilir. Çiftçi Danışman Arayüzü ile yapılan analizler tarım danışmanları tarafından yorumlanarak çiftçiye ulaştırılır (Şekil 4.). Web arayüzü üzerinden seçilen görüntüler ve parseller için analizler yapılarak tarım danışmanı ile çiftçi arasında iletişim sağlanmaktadır.



Şekil 26. Uygulama Yazılımı ve Çiftçi Web Arayüzü (Teke vd.,2019)

6.2. Gerçek zamanlı veri işleme

Tarım arazisi veri toplama sistemi üç ana bileşenden oluşur:

- Alım Parçaları

Alım parçaları çeşitli sensörlerden oluşur. Tarafımızdan tasarlanan arazi toplama ekipmanında, toplanabilen ve doğrudan ürün simülasyon modellerinde kullanılabilen endeks verileri şunlardır: hava durumu verileri: maksimum ve minimum hava sıcaklığı, yağış, radyasyon yoğunluğu dahil; toprak verileri: toprak sıcaklığı, toprak tabakalı nemi dahil. Toplama cihazları ayrıca uzaktan kumandalı kameraların dinamik ve statik görüntülerinin yanı sıra karbondioksit, UV yoğunluğu ve rüzgar hızı gibi diğer göstergeleri de toplayabilir. 2Toprak verilerinin elde edilmesinin toprak nemi hiyerarşik tasarımı uyguladığı ve toprak tabakalı neminin gerçek zamanlı olarak elde edilmesi için mahsul modelinin ihtiyaçlarına göre her 10 cm'de bir toprak nemi sensörü düzenlediği özellikle belirtilmelidir ki bunu geçmişte kesinlikle alamazdı.

- İletim sistemi

İletim sistemi, depolama ve kablosuz iletişim bileşenlerinden oluşur. İşlevi, toplanan sensör verilerinin yerinde geçici olarak depolanması ve bu verilerin kablosuz iletişim ağı ve dökümü aracılığıyla uzak kullanıcı sunucusuna aktarılmasıdır. İletim modları, iletişim maliyetlerinden tasarruf etmek için veri aktarımının doğasına göre sınıflandırılır. Metin verileri 2G iletişimlerini,

yani SMS iletimini uygular. Statik ve dinamik görüntüler şu anda 3G ve 4G iletişim iletimini kullanıyor.

- Yazılım Yönetim Sistemi

Yazılım yönetim sistemi, veri formatı dönüştürme (verileri mahsul modelleri tarafından okunabilen bir dosyaya dönüştürme), toplama cihazı kontrolü (alma süresi ve frekansının uzaktan kontrolü, kamera açısının ayarlanması vb.) ve verilerin istatistiksel analizini ve simgeler çıkışı ve diğer işlev modülleri içerir.

Gerçek zamanlı tarım arazisi edinim sistemi, dinamik ve statik görüntülerin gerçek zamanlı olarak alınmasını sağlar ve elde edilen görüntülerin analizi ve bilgisayar görüntü işlemesi yoluyla mahsul büyüme modelinin üç boyutlu bir morfoloji araştırmasını yürütebilir. Bu arada çiftçi, mahsulün büyüme trendini, mahsul zararlılarının durumunu analiz edebilir ve gerçek zamanlı görüntülerle uygun yönetim önlemlerini alabilir.

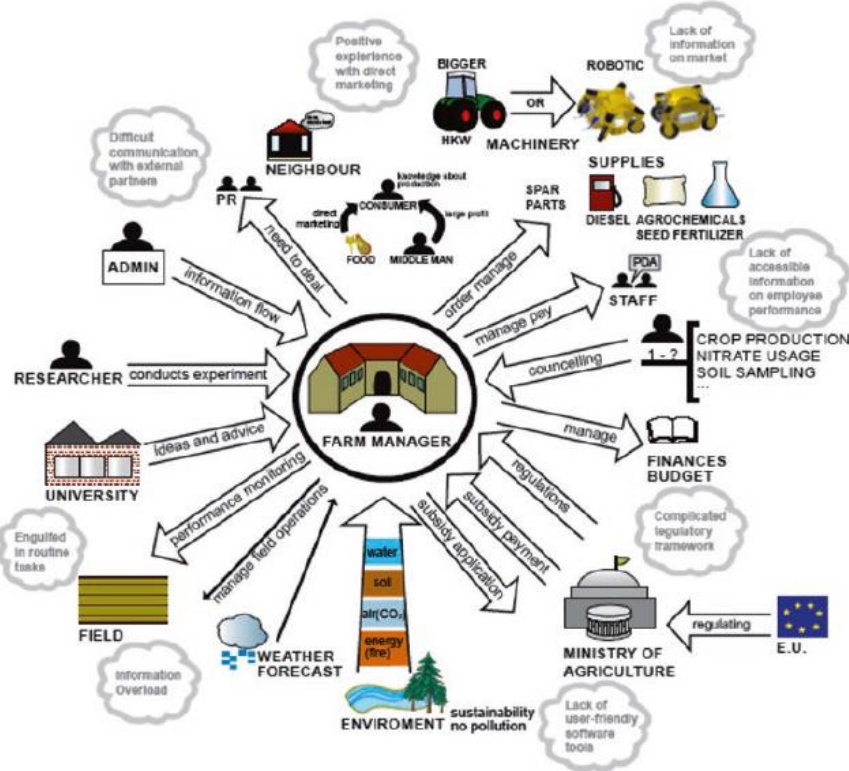
7. 7. Çiftlik yönetim bilgi sistemi

Çiftlik yönetim bilgi sistemleri (FMIS), farklı paydaşların gereksinimlerini karşılamak için veri tabanları arasında iletişim ve veri aktarımı ihtiyacına yanıt olarak basit çiftlik kayıt tutma sistemlerinden büyük ve karmaşık sistemlere doğru ilerlemiştir. MYBS, yönetim kararlarının alınmasında potansiyel değeri olan bilgileri sağlamak için veri toplama ve işlemeye yönelik elektronik araçlardır (Boehlje ve Eidman 1984). Ana karar vericiler, ticari karar vermelerini desteklemek için bir çiftlik kayıt sistemi tarafından sağlanan bilgileri kullandıklarında var olurlar (Lewis 1998). Daha detaylı bir ifadeyle MYBS, çiftlik operasyonlarını ve fonksiyonlarını yürütmek için ihtiyaç duyulan biçimde verilerin toplanması, işlenmesi, depolanması ve dağıtılması için planlı bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Sørensen et al. 2010). Temel MYBS bileşenleri, belirli çiftçi odaklı tasarımları, özel kullanıcı arayüzlerini, otomatik veri işleme işlevlerini, uzman bilgisi ve kullanıcı tercihlerini, standartlaştırılmış veri iletişimini ve ölçeklenebilirliği içerir.

Tarım, çiftçiler, danışmanlar, tüccarlar, hükümet organları, tarım makineleri, çevresel düzenlemeler, ekonomik tahminler ve diğerleri arasındaki bir dizi etkileşimi içeren karmaşık bir sistemdir. Bu sistem Şekil 27'de etkileşimlerden ayrı olarak gösterilen zengin bir resim şeklinde özetlenmiştir. MYBS, envanter, takvim, doğrudan satış ve sahaya özel yönetim işlevleri gibi çok sayıda işlevi kapsayabilir. Fountas ve diğerleri tarafından 10 fonksiyondan oluşan bir set sunulmuştur. (2015a) ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Çiftlik Yönetim Bilgi Sistemleri (Fountas et al. 2015a)

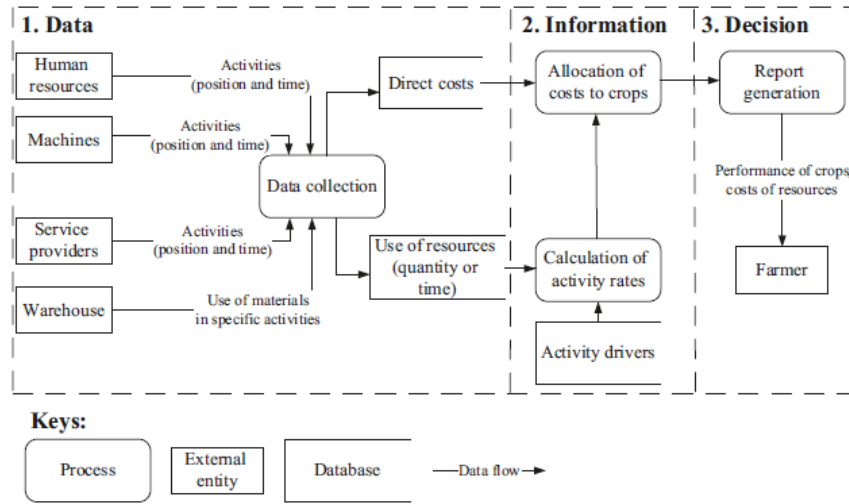
Function title	Function description
Field operations management	Recording of farm activities to help farmer optimize crop production by planning activities and observing the actual execution of planned tasks. Preventive measures may be initiated based on the monitored data.
Best practice (including yield estimation)	Production tasks and methods related to applying best practices according to agricultural standards (e.g. organic standards, integrated crop management (ICM)). A yield estimate is feasible through the comparison of actual demands and alternative possibilities, given hypothetical scenarios of best practices.
Finance	Estimation of the cost of every farm activity, input–outputs calculations, equipment charge-outs, labour requirements per unit area. Projected and actual costs are also compared and input into the final evaluation of the farm's economic viability.
Inventory	Monitoring and management of all production materials, equipment, chemicals, fertilizers, and seeding and planting materials. The quantities are adjusted according to the farmer's plans and customer orders.
Traceability	Crop recall, using an ID labelling system to control the produce of each production section, including use of inputs, employees and equipment, which can be easily archived for rapid recall.
Reporting	Creation of farming reports, such as planning and management, work progress, work sheets and instructions, orders purchases, cost reporting and plant information.
Site-specific	Mapping the features of the field, analysis of the collected data, generation of variable-rate inputs to optimize input and increase output. This is the Precision Farming Technologies component. It could be separate software or integrated.
Sales	Management of orders, charges for services and online sales.
Machinery management	Includes the details of equipment usage, the average cost per work-hour or per unit area. It also includes fleet management and logistics.
Human resource management	Employee management, availability of employees in time and space, handling work times, payment, qualifications, training, performance and expertise.



Şekil 27. Çiftlik Yönetim Bilgi Sisteminin Zengin Resmi (Pedersen ve Lind, 2017)

Veri toplama süreci, Şekil 28'de gösterilen şu unsurlarla ilgilidir: (1) insan kaynaklarının ekinlere harcadığı

zaman, (2) makinelerin (ör. traktör) veya ekipmanın (ör. hassas tarım cihazı) her bir ürün için harcadığı zaman, (3) maliyetler ve zaman açısından dış hizmetlerin kullanımı ve (4) belirli bir zaman ve konumda her ürüne dağıtılan kaynak miktarı.



Şekil 28. Mahsuller üzerindeki maliyet dağılımının Veri Akış Şeması (Pedersen ve Lind, 2017)

8. Fotogrametri

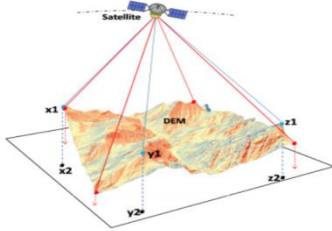
Fotogrametri, kaydedilmiş radyan elektromanyetik enerji ve diğer fenomenlerin fotoğraflık görüntülerini ve modellerini kaydetme, ölçme ve yorumlama süreçleri yoluyla fiziksel nesneler ve çevre hakkında güvenilir bilgi elde etme sanatı, bilimi ve teknolojisidir. Fotogrametri, neredeyse fotoğrafın kendisi kadar eskidir. Yaklaşık 150 yıl önceki gelişiminden bu yana, fotogrametri tamamen analog, optik-mekanik bir teknikten bilgisayar destekli matematiksel algoritma çözümüne dayalı analitik yöntemlere ve son olarak dijital görüntü ve bilgisayar görüşüne dayalı dijital veya elektronik fotogrametriye geçmiştir ki herhangi bir opto-mekanik donanımdan yoksundur. Fotogrametri, öncelikle iki boyutlu fotoğraflardan üç boyutlu nesnelerin ve arazi özelliklerinin kesin ölçümlerini yapmakla ilgilenir. Uygulamalar, koordinatların ölçülmesini içerir; mesafelerin, yüksekliklerin, alanların ve hacimlerin sayısallaştırılması; topografik haritaların hazırlanması ve sayısal yükseklik modellerinin ve ortofotoğrafların üretilmesi.

İki genel fotogrametri türü vardır: havadan (kamera havadayken) ve karasal (kamera elde taşınırken veya bir tripod üzerindeyken). Yaklaşık 200 m'ye kadar olan nesne mesafeleriyle ilgilenen karasal fotogrametri, yakın mesafe fotogrametrisi olarak da adlandırılır. Küçük formatlı hava fotogrametrisi bir bakıma bu iki tip arasında yer alır ve havadan bakış açısını yakın nesne mesafeleri ve yüksek görüntü detayıyla birleştirir.

Fotogrametri, onlarca yıl boyunca gelişen ve hava fotoğraflarının yanı sıra uzay tabanlı uydu görüntülerinin (bazen sadece ortogörüntüler) doğru coğrafi referanslandırılması ve bunların ölçümü ile ilgilenen bir disiplindir. Ortorektifikasyon, farklı arazi kullanım ve arazi örtüsü sınıflarının alan hesabının doğruluğunu kesinlikle artıracaktır. Yer nesnelerinin görüntü konumları, yükseklik farkı nedeniyle yer değiştirir. Bu tür bozulmaya kabartma-yer değiştirme denir. Noktalar arasındaki rölyef-yer değiştirme, paralaks ölçümü gibi bazı temel fotogrametri prensipleri kullanılarak tahmin edilebilir. Paralaks bilgisi, yükseklikten bağımsız olarak, her nokta diğer noktalara göre doğru konumda olacak şekilde görüntüyü ortografik yapmak için kullanılabilir (Schowengerdt, 2006). Bakış açısı bozulması, yerdeki her noktanın uydu sensörlerinin optik merkezinin doğrudan nadir konumundan görülebileceği şekilde ortadan kaldırılmıştır. Arazi yer değiştirmesi, Uzaktan Algılama görüntülerinin düzeltilmesi için kullanılmış olan yükseklik ızgarası değerlerini gerektirir. Bu Uzamsal yükseklik verileri ızgarası, Dijital Yükseklik olarak bilinir. Model (DEM), Dijital Yükseklik Modeli (DEM), yüzde

60'tan fazla örtüşen dijital stereo çift görüntülerle işlenebilir. Uzaktan algılamanın önceki aşamasında, DEM çok kaba çözünürlüğe sahipti. Sensör tasarım tekniklerinin gelişmesiyle çözünürlük daha iyi hale gelmektedir (Schowengerdt, 2006). Artık SRTM ve ASTER'in 30 m DEM'i serbestçe kullanılabilir.

Şematik diyagram, rölyef yer değiştirmesini kazanan irtifaya sahip arazilerin özelliklerini göstermektedir. Yükseklikteki (x1, y1, z1) bir nokta, gerçek konumdan başka bir yerde (x2, y2, z2) görünüyor (Şekil 14.7). Ortorektifikasyon için uydu görüntüsüne daha fazla entegre edilen yükseklik kaynağını elde etmek için bir dijital yükseklik ağı atanmıştır.



www.spaceoffice.nl/nl/satellietdataportaal/uitleg-data/orthorectificatie/>.

Uzaktan Algılama ve Anlamlandırma Endeksleri

Karasal bitki örtüsünden elde edilen uzaktan algılanan büyüme, canlılık ve dinamikleri, çevresel izleme ve tarımdaki uygulamalar için son derece yararlı bilgiler sağlayabilir. Uydu görüntülerinden elde edilen Normalized Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Kara Yüzey Su İndeksi (LSWI), Sıcaklık-Bitki Kuruluk İndeksi (TVDI), Toprak Ayarlı Bitki İndeksi (SAVI), Su Eksikliği İndeksi (WDI) gibi uzaktan algılama indeksleri mahsulün gelişme durumunu ve/veya toprak nem durumunu üretmeye yardımcı olur. Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), yakın kızıl ötesi (hangi bitki örtüsünün güçlü bir şekilde geri döndüğü) ve kırmızı parlaklık (hangi bitki örtüsünün çektiği) arasındaki değişimi değerlendirerek bitki yoğunluğunu hesaplar. Ayrıca, Kara Yüzey Suyu İndeksi (LSWI), elektromanyetik aralığın Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) ve Yakın Kızılötesi (NIR) bölgelerini kullanır. Ek olarak, Sıcaklık-Bitki Bitkileri Kuruluk İndeksi (TVDI), uzamsal Arazi Yüzey Sıcaklığı-NDVI'dan elde edilir ve toprak nemi ve dolayısıyla bitki örtüsü su basıncının bir işareti olarak kullanılabilir. SAVI (Toprak Ayarlı Bitki İndeksi), bitki örtüsü yansıması üzerindeki görsel toprak özelliklerini dikkate alır.

Enfekte ve güçlü bitkilerin menzil farkını değerlendiren bilim adamları, yeşil yaprakların stres potansiyelini tanıyabilir (Tablo 5).

Tablo 5. Tarımda Kullanılan Başlıca Spektral Bitki İndeksleri

Index	Equation	Usefulness
NG	$G / (NIR + R + G)$	Carotenoids, anthocyanins, xanthophylls
NR	$R / (NIR + R + G)$	Chlorophyll
DVI	$NIR - R$	Soil reflectance
GDVI	$NIR - G$	Chlorophyll, N status
NDVI	$(NIR - R) / (NIR + R)$	Vegetation cover
GNDVI	$(NIR - G) / (NIR + G)$	Chlorophyll and photosynthesis, N status

Abbreviation: A=adapted, D=difference, G=green, N=normalized, NIR=near-infrared, R=red, RVI=Ratio Vegetation Index, VI= Vegetation Index.

Tarım, hem gelişmiş hem de gelişmemiş ülkelerin ekonomilerinde baskın bir rol oynamaktadır. Uydu ve hava görüntüleri, mahsulleri sınıflandırmak, sağlıklarını ve canlılıklarını incelemek ve çiftçilik uygulamalarını izlemek için haritalama araçları olarak kullanılır. Uzaktan algılamanın tarımsal uygulamaları aşağıdakileri içerir:

53

- Mahsul tipi sınıflandırması
- Mahsul durumu değerlendirmesi
- Mahsul verim tahmini
- Toprak özelliklerinin haritalanması
- Toprak yönetimi uygulamalarının haritalandırılması
- Uygunluk izleme (tarım uygulamaları)
- Zararlı ve Hastalıkların İzlenmesi

Kaynaklar

- Anonymous. (2007). Food Traceability. European Commission Directorate - General Factsheet https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/gfl_req_factsheet_traceability_2007_en.pdf
- Barrero O and Perdomo S A. (2018). Precision Agriculture 19 (5), 809-822, 46: 2018: Weed detection in rice fields using aerial images and neural networks.
- Barrero, O., & Perdomo, S. A. (2018). RGB and multispectral UAV image fusion for Gramineae weed detection in rice fields. Precision Agriculture, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9558-x>
- Burkart, A., Hecht, V. L., Kraska, T., & Rascher, U. (2018). Phenological analysis of unmanned aerial vehicle based time series of barley imagery with high temporal resolution. Precision Agriculture, 19(1), 134-146. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9504-y>
- Castaldi F, Pelosi F, Pascucci S and Casa R. (2017). Precision Agriculture 18 (1), 76-94, 2017. 93: A comparison of sensor resolution and calibration strategies for soil texture estimation from hyperspectral remote sensing.
- CIHEAM' - IAMZ. (2016). Course Notes on 'USE OF SENSORS IN PRECISION AGRICULTURE. Zaragoza (Spain), 7-12 March 2016
- Fountas S, Carli C, Sørensen CG, Tsiropoulos Z, Cavalaris C, Vatsanidou A, Liakos B, Canavari M, Wiebensohn J, Tisserye B (2015a) Farm management information systems: current situation and future perspectives. Comput Electron Agric 115:40-50
- Fulton, J., E. Hawkins, R. Taylor, and A. Frazen. 2018. Yield monitoring and mapping. In: D.K. Shannon, D.E. Clay, and N.R. Kitchen, editors, Precision agriculture basics. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Garcia R and Lunadai L.(2011). The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. Computers and Electronics in Agriculture, DOI:10.1016/J.COMPAG.2011.08.010.
- Gemtos, T. 2012. Precision Agriculture Applications in High Value Crops. Lecture Notes. Lab of Farm Mechanization, University of Thessaly, Greece.
- Griffin, T.W., J.M. Shockley, and T.B. Mark. 2018. Economics of precision farming. In: D.K. Shannon, D.E. Clay, and N.R. Kitchen, editors, Precision agriculture basics. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Güçdemir İ and Türker U (2010). Variable Rate Fertilizer Management Supported by Information and Satellite Based Technologies In Irrigated Corn in Çukurova Region. Project Supported by TÜBİTAK-1001 Project No:TOVAG-1050243.
- Handique, B. K., Khan, A. Q., Goswami, C., Prashnani, M., Gupta, C., & Raju, P. L. N. (2017). Crop Discrimination Using Multispectral Sensor Onboard Unmanned Aerial Vehicle. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences, 87(4), 713-719. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0443-9>
- Hunt, E. R., Horneck, D. A., Spinelli, C. B., Turner, R. W., Bruce, A. E., Gadler, D. J., ... Hamm, P. B. (2018). Monitoring nitrogen status of potatoes using small unmanned aerial vehicles. Precision Agriculture, 19(2), 314-333. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9518-5>
- Joel Segarra, Maria Luisa Buchailot, Jose Luis Araus and Shawn C. Kefauver (2020). Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications. Agronomy, 2020, 10, 641; doi:10.3390/agronomy10050641.

Jones, G and Sirault, Xavier, S. 2014. Imaging for precision agriculture - the mixed pixel problem with special reference to thermal imagery. 9th Conference of the Asian Federation for Information Technology in Agriculture, Perth, Australia, 29 Sept - 2 Oct 2014.

Jiménez-Brenes, F. M., López-Granados, F., de Castro, A. I., Torres- Sánchez, J., Serrano, N., & Peña, J. M. (2017). Quantifying pruning impacts on olive tree architecture and annual canopy growth by using UAV-based 3D modelling. *Plant Methods*, 13(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0205-3>

Krienke, B., Ferguson, R. B., Schlemmer, M., Holland, K., Marx, D., & Eskridge, K. (2017). Using an unmanned aerial vehicle to evaluate nitrogen variability and height effect with an active crop canopy sensor. *Precision Agriculture*, 18(6), 900-915. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9534-5>

Leonard, E and Philip, P. 2006. *Precision Agriculture Manual* (GRDC). ISBN 1-876477-65-9.

Liakos V, Tagarakis A, Aggelopoulou K, Fountas S, Nanos G D and Gemtos T (2017). In-season prediction of yield variability in an apple orchard. *Eur. J. Hortic. Sci.* 82(5), 251-259.

Malhein A, Christian Hillnhütter, Thorsten Mewes, Christine Scholz, Ulrike Steiner, Heinz-Wilhelm Dehne, Erich-Christian Oerke. (2009). Disease detection in sugar beet fields: a multi-temporal and multisensoral approach on different scales. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* · September 2009.

McBRATNEY A, Whelan B, Ancev T and Bouma J. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 6, 7-23, 2005.

Oger R and Buffed D. (2010). Geotraceability: An innovative concept to enhance conventional traceability in the agri-food chain. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 14(4).

Oldeland, J., Große-Stoltenberg, A., Naftal, L., & Strohbach, B. J. (2017). The Potential of UAV Derived Image Features for Discriminating Savannah Tree Species. In *The Roles of Remote Sensing in Nature Conservation* (pp. 183-201). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64332-8_10

Opara, L,U (2003). Traceability in agriculture and food supply chain: A review of basic concepts, technological implications, and future prospects. *European Journal of Operational Research* 1(1).

Pedersen SM, Fountas S, Blackmore BS, Gylling M, Pedersen JL (2004) Adoption and perspectives of precision farming in Denmark. *Acta Agric Scand Sect B - Soil Plant Sci* 54(1):2-8

Pedersen S M and Lind K M. (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. *Progress in Precision Agriculture*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68715-5>

Peets S, Casparin C, Blackburn K and Godwin R. (2009). RFID tags for identifying and verifying agrochemicals in food traceability systems October 2009 *Precision Agriculture* 10(5):382-394.

Romero, M., Luo, Y., Su, B., & Fuentes, S. (2018). Vineyard water status estimation using multispectral imagery from an UAV platform and machine learning algorithms for irrigation scheduling management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 109-117. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2018.02.013>

Salem, R. 2007. GNSS for Precision Agriculture, METIS Second Master Training and Seminar, Cairo (Egypt).

Sauer B, Wells T, Wells M, Neale T and Smart A (2010). Applying PA by Precision Cropping Technologies Pty Ltd. Enabled by GRDC funding for the project Precision Agriculture - Building knowledge, linking agronomy, growers profiting. Practical training for practical outcomes.

Schut AGT, Traore PCS, Blaes X, de By RA (2018) Assessing yield and fertilizer response in heterogeneous smallholder fields with UAVs and satellites. *Field Crop Res* 221:98-107.

Site-Specific Management Using Variable Rate Technologies. www.newaginternational.com. Precision Ag Corner (New Ag International 64, in Nov-Dec 2016).

Schowengerdt, R.A. (2006) Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press, Waltham.

Sparling, L.C., Wei, J.C. and Avallone, L.M. (2006). Estimating the impact of small-scale variability in satellite measurement validation. *Journal of Geophysical Research* 111: doi: 10.1029/2005JD006943. ISSN: 0148-0227.

Velazquez E, Acevedo O, Sandoval A, Trejo H and Palacios A. (2020). Low-cost Technological Strategies for Smallholders Sustainability: A Review. *J. Technol. Manag. Innov.* 2020. Volume 15, Issue 1.

Teke M, Mutlu N, Türker U, Çullu M A, Küpçü R, Bozgeyik F, Demirpolat C, Öztoprak A F, Deveci H S and Demirhan I H. (2019). Widespread Application of Sustainable Precision Agriculture Practices in Southeastern Anatolia Project Region (GAP). *International Conference on Computer Technologies and Applications in Food and Agriculture (ICCTAFA)*. Pages 107-115. Konya-Turkey.

Türker U and Güçdemir İ. 2018. Sensor Application for Variable Rate Nitrogen on Corn Field. *Journal of Agricultural Machinery Science*. Volume 14. Number 1, pp.40-45.

103 İÇİN SORULAR

1. Aşağıdaki tanımlardan hangisi hassas tarımı en iyi şekilde tanımlar?
 - a) Tarım alanının her noktasında homojen uygulamalar yapılır.
 - b) Tarım alanında gerekli görülen yerlerde sahaya özel uygulamalar yapılır.
 - c) Tarım alanı genelinde ortalama uygulama gerektirir
 - d) Tarımsal alanda yüksek uygulama gerektirir
2. Aşağıdakilerden hangisi bir uzaysal değişkenlik değildir?
 - a) Mahsuldeki varyasyonlar
 - b) Toprağın fiziksel özelliklerinin değişmesi
 - c) Toprağın kimyasal özelliklerindeki değişimler
 - d) İklim koşulları
3. Hassas tarımı klasik tarımdan ayıran en önemli unsur
 - a) Girdileri belirli bilgilere dayalı olarak yönetir
 - b) Ortalama bilgiye dayalı
 - c) Homojen bir bakış açısına sahiptir
 - d) Rastgele uygulamalara dayalı
4. “Hassas tarım”ın bir bileşeni zamansal değişkenliktir. Aşağıdakilerden hangisi bu değişikliği en iyi şekilde açıklar?
 - a.) Doğal sürecin yerini sentetik girdiler alır.
 - b.) Sıcaklık değişimlerinin besin ve su mevcudiyetine etkisi.
 - c.) Mahsul gelişimini etkileyen yüzey toprak sıcaklığının (0-15 cm) toprak altı sıcaklığına (15-60 cm) oranı.
 - d.) Mahsul gelişimi ve besin gereksinimleri arasındaki farklar bir dönemden diğerine (yıldan yıla) değişir.
5. Aşağıdaki yansıma dalga boylarından hangisi en iyi bilinen bitki örtüsü indekslerinden birini, NDVI'yi (Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi) kullanır?
 - a) Yeşil-NIR
 - b) Mavi-NIR
 - c) Kırmızı-NIR
 - d) sadece NIR
6. Spektrometrelerle sağlıklı bir bitki tespit edildiğinde ne olur?
 - a) Daha yakın kızılötesi dalga boylarını emer, görünür dalga bantlarında daha çok yansıtır
 - b) Daha yakın kızılötesi dalga boylarını yansıtır, görünür dalga bantlarında daha fazla emer
 - c) Görünür dalga bantlarında daha fazla emer ve yakın kızılötesi dalga bantlarında daha fazla yansıtır.
 - d) Görünür dalga bantlarında daha fazla ve yakın kızılötesi dalga bantlarında daha çok yansıtır.
7. GNSS ve GPS ile tam ölçüm için kaç uydunun bağlanması gerekir?
 - a) 2 uydu b) 3 uydu c) 4 uydu d) 1 uydu

8. GPS ile çalışırken ikincil bir kaynaktan yani hangar veya silo gibi yüksekliklerden yansıyan sinyallerde oluşan hataya ne ad verilir?

a) Uydu hataları b) Atmosferik hatalar c) Alıcı hataları d) Çok yollu hatalar

9. Sensörler ile yapılan veri okumalarında algılanabilen, çıkış sinyalinde algılanabilen en küçük artımlı değişikliğin adı nedir?

a) Doğruluk
b) Hassasiyet
c) Çözünürlük
d) Hata

10. Aşağıdakilerden hangisi değişken oranlı uygulamalar için gerçek zamanlı bir uygulamadır.

a) Harita tabanlı uygulama
b) Sensör tabanlı uygulama
c) Homojen uygulama
d) Model bazında tahmin ve ardından uygulama

11. Değişken oranlı uygulama teknolojisine yapılan yatırımın geri dönüş olasılığını artırmak için değişkenlik katsayısının düzeyi ne olmalıdır?

a) $5\% \leq$
b) $5\% >$ ve $10\% \leq$
c) $10\% >$ ve $15\% <$
d) $15\% \geq$

12. Elektromanyetik aralığın Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) ve Yakın Kızılötesi (NIR) bölgeleri kullanılarak elde edilen LSWI indeksini hangi karasal özellik verir?

a) Kara yüzey suyu indeksi
b) Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
c) Toprak ayarlı bitki indeksi
d) Sıcaklık bitki kuruluk indeksi