

**AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ
KULLANIMININ GIDA VE SU
TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ**

**EFFECTS OF USE OF SMART AGRICULTURE
TECHNOLOGIES ON
FOOD AND WATER SAVING**

Ufuk TÜRKER

Atıf Künyesi: Türker, U. (2024). Akıllı Tarım Teknolojileri Kullanımının Gıda ve Su Tasarrufu Üzerine Etkileri. K. Şahin ve İ. Erol (Eds.), *Gıda, Su Kaybı ve İsrafi* (s. 105-122) içinde. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANIMININ GIDA VE SU TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Ufuk TÜRKER

Ankara Üniversitesi

Özet

Tarımda sürdürülebilirliği artırmak ve daha etkili tarım yöntemlerini kullanmak için tarım teknolojilerinin veriye dayalı yönetim stratejileri içerisinde kullanılması ekonomik ve çevresel yönden etkin bir tarım yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle daha etkili tarım yöntemlerini ve tarım teknolojilerini kullanmak için başta hassas tarım olmak üzere, akıllı tarım teknolojileri çerçevesinde büyük veri, yapay zeka (YZ), robotlar, dikey tarım, Nesnelerin İnterneti (IoT), blok zincir, dijital ikiz, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi yeni gelişen teknolojilerin dijitalleşme ve otomasyon süreçleriyle daha çok tarıma entegrasyonu tarım sektöründe ve üreticilerin tarımsal işlerini kolaylaştırmakta ve daha etkin kararlar almalarına olanak sağlamaktadır. Bu yolla hem su ve benzeri girdi tasarrufu, hem de verimlilik arttırılabilmektedir. Ekilebilir arazilerde mahsullerin verimli bir şekilde yetiştirilmesi ve muhafaza edilmesi için veriye dayalı bir strateji ve karar alma desteği sağlayarak çiftçilerin ellerindeki kaynakların en etkin bir şekilde kullanmaları mümkün hale gelmektedir. Günümüzde tedarik zinciri boyunca günlük operasyonlarda büyük miktarda veri ortaya çıkarken aynı zamanda büyük veri teknolojilerinin yardımıyla bu tür bilgiler herhangi bir ürünün performansını ve üretimini iyileştirmek için kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, üretimi optimum düzeylerde iyileştiren akıllı tarım teknolojilerinin tarımda kullanımının, üretimin farklı aşamalarında bu teknolojilerin gıda ve su tasarrufu üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler

Akıllı Tarım, Hassas Tarım, Sürdürülebilir Tarım, Dijital Tarım Teknolojileri

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANIMININ GIDA VE SU TASARRUFU ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Ufuk TÜRKER
Ankara University

Abstract

In order to increase sustainability in agriculture and use more effective agricultural methods, the use of agricultural technologies within data-based management strategies enables economically and environmentally effective agriculture. For this reason, in order to use more effective agricultural methods and agricultural technologies, new developing technologies such as big data, AI, robots, vertical farming, Internet of Things (IoT), block chain, digital twins, virtual and augmented reality, digitalization and digitalization within the framework of smart agricultural technologies, especially precision agriculture. Integration into agriculture with automation processes makes things easier in the agricultural sector and in the lives of producers and allows them to make more effective decisions. In this way, both water and similar input savings and efficiency can be increased. It enables farmers to use their resources in the most effective way by providing a data-based strategy and decision-making support for growing and preserving crops efficiently on arable land. Nowadays, large amounts of data emerge in daily operations throughout the supply chain, and with the help of big data technologies, such information can be used to improve the performance and production of any product. In this study, the effects of the use of smart agricultural technologies in agriculture, which improve production at optimum levels, on food and water saving are explained.

Keywords

*Smart Agriculture, Precision Farming, Sustainable Agriculture,
Digital Agricultural Technologies*

Giriş

Diğer ekonomik faaliyetler gibi tarım da dijital devrimden giderek daha fazla etkilenmektedir. Dijital Tarım, tarımın karlılığını ve sürdürülebilirliğini artırmak için hesaplama ve bilgi teknolojilerinin kullanılmasını ifade etmektedir. Bu, genel olarak “*tarımsal girdileri ihtiyaçlarla tam olarak eşleştirmek için ileri teknolojilerin kullanılması*” olarak tanımlanan ve tarihsel olarak öncelikle bitkisel üretimi hedefleyen daha yerleşik bir kavram olan Hassas Tarım için yeni bir yöndür. Dijital Tarım (DT), Dördüncü Sanayi Devrimi olarak adlandırılan içinde bulunduğumuz dönemin bir parçası olarak, yüksek düzeyde birbirine bağlı ve veri yoğunluklu hesaplama teknolojilerinin her yerde bulunması yoluyla yeni fırsatlar sunmaktadır. Akıllı tarım, çiftlik kaynaklarının genelleştirilmiş yönetiminden yüksek düzeyde optimize edilmiş, bireyselleştirilmiş, gerçek zamanlı, hiper bağlantılı ve veri odaklı yönetime geçişi yansıtmaları bakımından tüm mahsul ve hayvancılık sistemleri için geçerlidir. Akıllı tarım ve teknolojilerinden yararlanmanın sonuçları daha karlı ve sürdürülebilir üretim sistemleridir.

Tarım, artan dünya nüfusu nedeniyle sürekli büyüyen tarımsal gıda talebini karşılamak ve gıda güvenliğini sağlamak için önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde tarım, küresel tatlı su kullanımının % 70’ini ve arazi kullanımının % 34’ünü oluşturmaktadır ve doğal kaynaklarımız üzerinde sürdürülemez bir baskı oluşturmaktadır (Lee, 2018). Tarım, küresel sera gazı salınımlarının % 24’ünden sorumludur. Dünyanın bazı bölgelerinde, toprak erozyonu ve çölleşme arazi verimliliğini % 50’ye varan oranda azaltmıştır. Artan tohum fiyatları ve ücretler, salgın hastalık ve bitkisel hastalıklar, ticaret savaşları, ani seller, sıcak hava dalgaları ve diğer hava durumu değişiklikleri, tarımı olumsuz etkilemektedir. Tedarik zincirinde artan taleplerin ve artan iş gücü kıtlığı nedeniyle dijitalleşmeyi, makine otomasyonundan yararlanmayı sağlayan ve temassız ticareti mümkün kılan araçların önemini ve kritik bir ihtiyaç olduğunu çiftçiler ve şirketler görmüşlerdir. Robotlar, sıcaklık ve nem algılayıcıları, havadan görüntülerin kullanımı gibi ileri teknolojilerin benimsenmesi her yerde yaygınlaştıkça, yeni nesil tarımsal operasyonları çiftlikleri daha üretken ve karlı olmaları için güçlendiren, daha azıyla daha fazlasını yapmanın önünü açan bir süreci de başlatmıştır (Miller ve ark., 2017). Bu noktada akıllı tarım kapsamındaki dijital teknolojiler, çiftçilerin danışmanlarıyla iletişim halinde kalmalarına yardımcı olabilmekte ve dünyayı sayısız şekilde yeniden şekillendirmektedir. Günümüzde geleneksel yöntemlerin ötesine geçilmesi ve Tarım 4.0 olarak bilinen akıllı tarım uygulamalarına geçişle tarladan çatala kadarki tüm tedarik zincirine olumlu iyileştirme sağlamak mümkün hale gelmiştir. Bu durum yeni nesil teknolojilerden yararlanan dijital teknolojileri kullanan ve daha akıllı, daha verimli, çevreye duyarlı bir tarım sektörüne doğru ilerleyen dördüncü tarım devrimini temsil etmektedir. Akıllı tarım, tarım sektörünün değer zinciri boyunca uygulanan kablosuz iletişim teknolojileri aracılığıyla nesnelerin interneti (IoT) ve makine öğrenimi gibi veri analitiğinin yayılması sayesinde gelişmiş bir yönetim modelidir. Bu evrim, bulut bilişim, büyük veri, robotik ve yapay zeka (YZ) gibi yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu ile tarımı büyük ölçüde şekillendirerek dönüştürmeye başlamıştır (Wolfert ve ark., 2017).

Tedarik zinciri, karşılaştığı yinelenen zorlukların üstesinden gelmek için sürekli olarak uyum sağlamak zorundadır. Tarımsal alanda ileriye dönük bir bakış açısı sunan Dijital Tarım Teknolojilerinin benimsenmesi, bu dönüştürücü sürecin öne çıkan bir yönü olarak ortaya çıkmıştır. Dijital tarım teknolojileri genel olarak akıllı hassas tarım, uzaktan algılama ve veri analitiği gibi bir dizi teknolojiyi kapsamaktadır.

Geleneksel tarım uygulamalarında devrim yaratmak için çeşitli dijital araçları ve platformları birleştiren entegre bir yaklaşım sunarak diğer teknolojilerden farklılık gösterirler; oysa akıllı tarım genellikle IoT ve bağlantı çözümlerinin uygulanmasına atıfta bulunur ve hassas tarım özellikle çiftlik girdilerinin hassas yönetimine odaklanır. Bu gelişmeler hep birlikte bilinçli karar almayı ve kaynak kullanımını optimize etmeyi kolaylaştırmaktadır.

Akıllı tarım bulut bilişim, büyük veri, blockzincir ve kriptografinin (Chen ve ark., 2020; Lin ve ark., 2017; Wolfert ve ark., 2017) yanı sıra derin öğrenme (Castro ve ark., 2020; Kamilaris and Prenafeta-Boldu, 2020; Liakos ve ark., 2020), Nesnelerin İnterneti (IoT) (Werdouw ve ark., 2019), mobil uygulamalar ve dijital platformlar (Michels ve ark., 2019; Michels ve ark., 2020) ve yapay zeka (Ampatzidis ve ark., 2020) gibi geniş bir teknoloji yelpazesini kapsamaktadır. Akıllı tarım tabanlı yönetim araçları iletişim, bilgi ve mekansal analiz araçlarını içerir. Bu teknolojiler, çiftçilerin üretim sistemlerinin hem operasyonel hem de stratejik yönlerini verimli bir şekilde planlamasına, izlemesine ve yönetmesine olanak tanımaktadır. Saha sensörleri, uzaktan algılama ve İHA gömülü uzak sensörler, küresel konumlandırma sistemleri, telemetri ve otomasyon gibi yerleşik teknolojilerin ötesinde, akıllı tarım aynı zamanda İnternet ve bağlantının entegrasyonu ile karakterize edilmektedir. Bu ilerlemeler yalnızca kritik üretim öncesi ve sonrası kararları desteklemekle kalmamakta, aynı zamanda üretim sistemlerinde daha fazla sürdürülebilirliği teşvik ederek, kısa gıda tedarik zincirlerine fayda sağlayan farklılaştırılmış pazarlara erişim imkanı ortaya çıkarmaktadır (Saiz-Rubio ve Rovira-M'as, 2020).

Akıllı tarım kapsamındaki teknolojilerin entegrasyonu, özellikle Avrupa Yeşil Anlaşması ve onun "Tarladan Sofraya Stratejisi" kapsamındaki küresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği hedefleriyle uyumlu olan bu girişimler, gıda sisteminin sürdürülebilirliğe doğru radikal bir şekilde dönüştürülmesini, kimyasal pestisit ve gübrelerin azaltılması ve organik tarımın 2030 yılına kadar genişletilmesi için iddialı hedefler koymayı amaçlamaktadır (Anonim, 2019). Akıllı tarım kablosuz iletişim teknolojileri ile aslında hassas tarımın bir devamı olarak ortaya çıkmıştır. Hassas tarım, uzaktan algılama ve veri analitiği gibi yenilikleri kapsayan akıllı tarım teknolojileri bu dönüşümün ön saflarında yer almakta ve ekonomik karlılığı çevre yönetimiyle uyumlu hale getirmenin yollarını sunmaktadır (Cisternas ve ark., 2020). Ayrıca bu teknolojiler hassas kaynak uygulamasına, verimli mahsul izleme ve veriye dayalı yönetime olanak tanıyarak tarımsal verimliliğin optimize edilmesinde ve ekolojik ayak izlerinin azaltılmasında önemli avantajlar sunmaktadır (Fountas ve ark., 2020; Clapp ve Ruper, 2020; Karunathilake ve ark., 2023).

Akıllı tarımın öncüsü olarak görülen Hassas tarım yetiştirilen ürünlerin verimi artırma hedefinin yanında verimden ödün vermeden tarımsal girdileri en etkin şekilde kullanılması yoluyla önemli tasarruflara imkan sağlayan uygulamaları içermektedir. Tarımı daha etkin hale getiren uygulamalarda karşılıklı olarak etkileşim halinde olan birçok bileşenler vardır. Bu bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkileri şekil 1'de verilmiştir (Türker, 2017).

HT uygulamaları, çiftçilerin girdilerini 4 D kuralıyla yani doğru kaynakların, doğru zamanda, doğru yerde, doğru oranda, doğru kaynakla uygulanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle girdinin tüm tarlada eşit olarak uygulanmasından ziyade, bitkiler için optimum dozlar uygulanırken girdi etkinliği arttırılmakta ve böylece atmosfere olan salınımların azaltılarak maliyetlerin düşürülmesi ve verimin arttırılması amaçlanmaktadır. HT, çiftçilere, ürün rotasyonu veya örtü bitkileri gibi geleneksel tekniklerle ve teknolojiler ile yaptıkları uygulamalarda gerçekleştirilen her eylemden veri toplanarak ve bu verilerin analizi ile birlikte değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Şekil 1

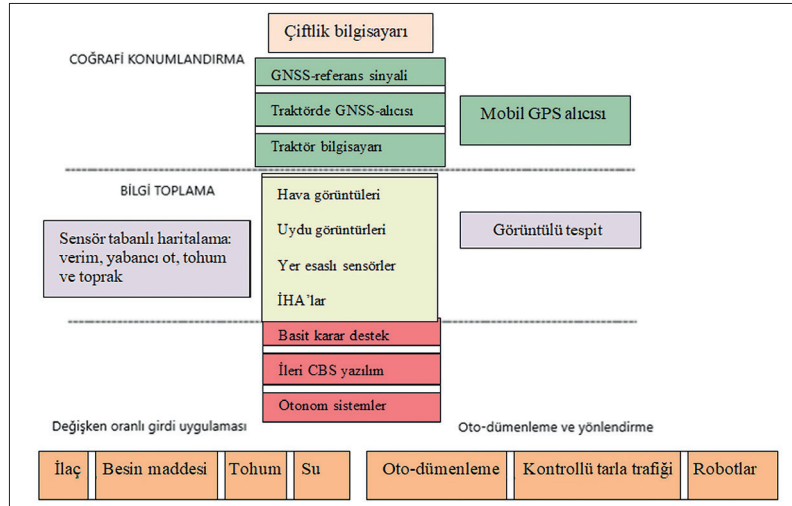
Hassas Tarım (HT) Sisteminin Bileşenleri Ve Etkileşimleri (Türker, 2021)



Bu sayede, çiftçiler için hem anlık hem de gelecekteki kararların doğru yönlendirilmesi mümkün olmaktadır. Hangi tarlada hangi tohum çeşidi ekilecek ve birim alana tohum adedi veya tam olarak hangi miktarda gübre veya kimyasal maddeye ihtiyaç olduğu netleştirilebilmektedir. Çiftçide, çiftlikte yapılması gerekenler hakkında bir fikir oluştuğunda, HT'a uygun makinelerin kullanıldığı uygulama planı harekete geçirilir. Örneğin, çiftçilerin operasyonlarında etkin bir şekilde çalışmalarını sağlayacak makinenin otomatik olarak kontrol edilmesi, makinenin arazi dışında kalan bölümlerinin otomatik olarak kapatılması ve arazi içi ihtiyaçlarını karşılayacak değişken dozlarda girdi kontrolünün yapılabilmesi sayesinde etkin uygulamalar gerçekleştirilir dahası fazla yorulmadan eller serbest şekilde traktörün kontrolünü otomatik dümenleme sistemi ile sağlayabilirler. . Bu yenilikçi HT uygulamaları sayesinde her büyüme mevsiminde çiftçilerin işgücü ve girdi maliyetleri azalmakta, su, gübre, tohum ve ilaç gibi girdilerden önemli tasarruflar yapılabilmektedir. HT'ın her araziye göre çözümü farklıdır. Yani HT tüm tarımsal üretim yapılan arazilere tek tip yaklaşıma uygun bir çözüm değildir. Komşu çiftçi için işe yarayan şey başka arazi özelliklerine sahip bir çiftçi için uygun olmayabilir. Her bir işletme ve işletmenin sahip olduğu özellikleri dikkate alarak işe yarayan çözümler uygulamak, HT'ı çiftçi şartlarında etkili kullanmanın en akılcı yolu olarak görülmektedir. . Akıllı hassas tarımda kullanılan teknolojilerin ve tarımda kullanım alanlarının kapsamlı bir sınıflandırması şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2

Akıllı Hassas Tarımda Kullanılan Teknolojilerin ve Tarımda Kullanım Alanlarının Kapsamlı Bir Sınıflandırması (Balafoutis ve ark., 2017)



Akıllı Tarım Teknolojilerini de Kayıt, Yönlendirme, Değişken oranlarda uygulama, robotik sistemler ile akıllı makineler ve Çiftlik yönetim bilgi sistemleri olmak üzere 5 kategoride ele alabiliriz.

Kayıt ve Haritalama Teknolojileri (KHT): Verim ve toprak haritalaması, Gerçek Zamanlı Konum Sistemleri ve izleme mekanizmalarını kullanarak mahsul ortamında (toprak, mahsul, mikro iklim) mevcut olanları izlemeye ve haritalamaya yönelik sistemlerle karakterize edilen bu sistemler, teknolojiler, gerçek zamanlı saha verileri ile uygulanabilir tarım stratejileri arasında bir köprü oluşturur (Raj ve ark., 2022). Çeşitli saha metriklerini takip ederek ayrıntılı saha planlarının geliştirilmesini kolaylaştırır ve böylece tarımsal operasyonları verimli, hedefe yönelik ve çevre dostu yönlerle yönlendirir.

Rehberlik/Kontrollü Trafik Tarımı (KTT) Teknolojileri: Bu teknolojiler, tarlalar arasında rastgele araç hareketinin olumsuz etkisini elimine eden ve kontrollü tarla trafiği ile optimum girdi yönetimini sağlayan yenilikler içermektedir (Hamza ve Anderson, 2005). KTT, tüm araç hareketlerini önceden belirlenmiş şeritlere lokalize ederek üretkenliği, sürdürülebilirliği ve kârlılığı birleştirerek toprağın korunmasını ve mahsul büyümesi için uygun bir ortam sağlamaktadır (Chamen, 2015).

Değişken Oran Teknolojileri (DOT): DOT, çiftçilerin kaynakları hassas bir şekilde yönetmesine olanak tanır. Bireysel mahsul ihtiyaçlarına uygun olarak gübrelerin, böcek ilaçlarının ve sulamanın özelleştirilmiş dağıtımının önünü açıyor. Bu teknoloji, aynı zamanda kaynak yönetimini, mahsul verimini ve kârlılığı desteklerken aynı zamanda çiftçilik uygulamalarının çevresel ayak izini azaltma potansiyeline sahiptir (Fabiani ve ark., 2020).

Robotik Sistemler veya Akıllı Makineler (ROSAM): Yapay Zeka (AI), gelişmiş Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), Makineden Makineye (M2M) iletişim, gibi yeni nesil teknolojiler tarımın dijital dönüşümüne işaret etmektedir (Shaikh ve ark., 2022). Dronlardan makine öğrenimi algoritmaları ve robotik sistemler ve bir dizi teknolojik araçların tarımda ekimden hasata kullanılmaları teknoloji ve tarımın birliğini temsil ederek mevcut ve gelecekteki tarımsal paradigmaların gelişimine rehberlik etmektedir.

Çiftlik Yönetim Bilgi Sistemleri (ÇYBS): Temel kayıt tutma sistemleri, günümüzün ÇYBS platformları ve bunların sonucunda ortaya çıkan Karar Destek Sistemleri (DSS) ve kalite Yönetim Sistemleri (KYS) gibi ürünler, gelişmiş bütünsel platformlara dönüşmüştür. Modern tarımsal ÇYBS, çok sayıda nesnelerin interneti (IoT) bileşeninden (algılama cihazları ve bulut hizmetleri gibi) gelen veri akışlarını senkronize ederek, veri odaklı kararları ve verimli kaynak yönetimini mümkün kılarak otomatik veri işlemeye olanak tanımaktadır (Fountas ve ark., 2020).

ÇYBS’de mahsul izleme, tüm çiftlik yönetimi, sadece hassas tarım için özel yazılımlar ve özel uygulamalar için özel yazılımlar (sulama planlaması, doğru hava tahminleri) mevcuttur. HT’a yönelik Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları, hassas çiftlik planları, arazi ve verim haritaları oluşturmak için kullanılabilir. Bu durum, herbisitler ve gübreler gibi çeşitli kimyasal girdilerin daha hassas bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Tablo 1’de farklı amaçlar için sunulan yazılım örnekleri bulunmaktadır. Bazı yazılımlar, hassas tarım uygulamaları, envanterler, ödeme planı için satış, planlama ve raporlama için tarlalarda tüm çiftlik yönetimine odaklanmakta ve çok amaçlıdır. Diğer yazılımlar, belirli hastalıkları veya zararlıları tahmin etmek, yalnızca sulama veya mera yönetimi gibi belirli uygulamalara ayrılmıştır. Tablo 1’in amacı, piyasada mevcut olan yazılım ve işlevlerindeki çeşitliliği göstermektir (Fountas ve ark., 2015).

Akıllı Tarımda Tasarrufa Etkili Teknolojiler

Akıllı tarımı mümkün kılan teknolojiler çok sayıda ve çeşitlidir. Bu teknolojiler geleneksel hassas tarım araçlarının yanı sıra henüz geliştirilmemiş hesaplamalı ve algılama araçlarını da içermektedir. Üretim verimliliği, birden fazla teknolojiyle (şu anda çoğunlukla bağımsız olarak değerlendirilen) ilişkili verilerin entegrasyonundan ve saha ekipmanı, ahır, ofis ve bulut arasında gerçek zamanlı veri/bilgi aktarımından elde edilebilmektedir. Yetersiz veri analitiği ve telematik (dijital bilgilerin uzun mesafeli aktarımı) şu anda bu teknolojilerin potansiyel faydalarını kısıtlamaktadır.

Günümüzde mevcut olan temel Akıllı araçlar arasında sensörler, kontrolörler ve hesaplamalı karar araçları gibi kesişen teknolojiler yer almaktadır. Sahaya özgü tarımsal girdi uygulamaları ve faaliyetler aynı zamanda coğrafi konum belirleme, iletişim (hücresel, geniş bant ve diğerleri), coğrafi bilgi sistemleri (GIS), verim monitörleri, hassas toprak örnekleme, yakın ve uzaktan algılama, insansız hava araçları, değişken oranlı gibi teknolojilerle de mümkün kılınmaktadır. Bu teknolojiler yanında otomatik yönlendirme, rehberlik ve robotik gibi teknolojilerde sahada daha fazla görülmektedir. Bitkisel üretimin yanında hayvancılığa özel teknolojiler arasında radyo frekansı ile tanımlama, otomatik sağım sistemleri ve elektronik yemleme sistemleri de yer almaktadır.

Akıllı tarımın içerdiği yeni nesil teknolojiler oldukça geniş bir yelpaze sunmaktadır. Bu yeni nesil araçlar teknolojiler, çiftçilere tarımsal operasyonlarını daha verimli, çevreye duyarlı sürdürülebilir ve ekonomik tarım yapma imkanı sağlamaktadır.

Akıllı Tarımda Kullanılan Başlıca Teknolojiler

1. **Yeni Nesil Sensör Teknolojileri:** İklim parametreleri ve toprak özelliklerine yönelik, elektriksel iletkenlik, nem, organik madde ve pH seviyeleri temassız olarak direk ölçen sensörler, çiftçilere daha bilinçli kararlar alma imkanı sunmaktadır. Bitki sağlığı ve gelişimini takip ederek sulama ve gübreleme gibi işlemleri optimize etmeye ve sulama kararlarını etkili kılmaya imkan vermektedirler.
2. **Yakın ve Uzaktan Algılama Teknolojileri:** Uydu ve drone tabanlı görüntüleme sistemleri, tarım arazilerini yüksek çözünürlüklü olarak izleme olanağı sağlamaktadır. Bu sayede hastalıklar, zararlılar veya su eksikliği gibi sorunlar önceden tespit edilebilir.
3. **Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka (YZ) Teknolojileri:** Nesnelerin interneti tabanlı veriler sayesinde veri analitiği yoluyla geliştirilen Yapay zeka algoritmaları, büyük veri setlerini analiz ederek çiftçilere geleceğe karar desteği sağlama ileriye dönük tahminlerde bulunma, optimizasyon yapma ve riskleri önceden görme ve erken önlem alma imkanı vermektedir.
4. **Otomasyon ve Robot Teknolojileri:** Tarımsal üretimin yapıldığı açık ve kapalı alanlar için robotlar, toprak işleme, ekim, sulama, hasat gibi birçok görevi yerine getirebilmektedir. Bu sayede, tekrarlanan zorlu işlemler kolayca yerine getirilirken insan gücünden de tasarruf sağlanarak çiftçinin verimliliği artmaktadır.
5. **Görüntü İşleme Teknolojileri:** Tarlalarda yabancı otların hızlı tespit ve teşhisi yapılabilmektedir. Yetiştirilen ürünlerin gelişimi ve sağlıklı büyüme durumları erken tespit edilerek hastalıkları tespit etmek mümkün olmakta özellikle bu amaçlarla kullanılan görüntü işleme sistemleri, saha denetimlerine kıyasla daha hızlı ve hassas sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır.

6. **Akıllı Sulama Yönetimine Yönelik Teknolojiler:** Tarımsal üretimde çiftçiler suyu ne zaman ve ne kadar kullanmaları gerektiği hususunda doğru kararlar alamamaktadırlar. Geleneksel sulama yöntemleri çiftçilere bu konuda bir destek sağlamamaktadır. Suyun etkin kullanımı ile ürün verimliliği artırmak için üreticiler akıllı sulama sistemlerini ve teknolojilerini entegre etmelidir. Geleneksel sulama sistemlerinde görülen sorunlar, yetersiz, zamansız ve aşırı su kullanımından dolayı su ve besin maddesi kayıpları, toprak tuzlanması ve dengesiz sulama nedeniyle verim kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı sulama yönetimi ri, işte bu problemlerin önüne geçmek, su kaynaklarını korumak, su kullanımını optimize etmek gibi bazı önemli tarımsal zorlukların aşılmasını sağlamaktadır. Bu sistemde sensörler ve otomatik kontrol sistemleri beraberindekarar destek yazılımları ile birlikte kullanılarak sulama işlemleri etkin bir şekilde yönetilmekte ve kullanılan su miktarı optimize edilmektedir. Bu sistemler sayesinde su tasarrufu yanında bitkilerin ihtiyacına göre su verilmesi ile ayrıca çiftçilere, üreticilere pazarın durumuna göre erken ya da geç pazara çıkışa imkanı tanınmaktadır. Bu sayede pazarda ürünün en iyi fiyatla satılması imkanı yaratılmış olur. Nesnelerin interneti ve sensör ağları gibi yeni nesil sulama teknolojileri, akıllı sulama sistemlerinin kullanımını pratikleştirmiş ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu entegre teknolojilerin akıllı kullanımı ile bitkilerin ihtiyaçlarına uygun suyun yönetimi gereksiz sulama ve su kayıplarının önüne geçmeyi sağlamaktadır. Sadece toprağı sulamak değil aynı zamanda bitkilerin büyüme süreçleri yakın ve uzaktan algılama teknolojileri ile izlenerek su ihtiyaçlarına göre sulama programları oluşturulabilmekte ve etkin kararlar verilebilmektedir. Bu sayede;

- Kurulan otomasyon ile iş gücü tasarrufu
- Sulamadaki insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi
- Sulama zamanı, aralıkları ve verilecek optimum su miktarları ile verim artışının elde edilmesi
- Suyun yanında gübrenin optimum kullanımı yoluyla tasarruf sağlanması
- Toprak tuzlanması ve erozyon riskinin azaltılması mümkün olmaktadır.

Görüldüğü gibi akıllı sulama yönetimi ve bu yönetim altında eş zamanlı kullanılan teknolojiler sayesinde, üretim ve üretimde kullanılan kaynakların sürdürülebilirliğini artırmak, daha verimli kullanmak ve çiftçilere ekimden hasata kadar daha kontrollü bir üretim süreci sağlamak mümkün hale gelmektedir.

Bu yeni nesil teknolojilerin bir karar destek sistemiyle birlikte kullanılması, üreticilere daha etkin bir karar alma yeteneği kazandırmakta ve tarımın daha ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır.

Akıllı Tarım Teknolojilerinin Benimsenmesi, Tarım Sektöründe Gıda ve Su Tasarrufunda Önemli İlerlemelere Yol Açmıştır. Bu Yöndeki Bazı Önemli Etkiler Aşağıda Verilmiştir:

Hassas Sulama ve Su Yönetimi

Nesnelerin interneti (IoT) özellikli sensörler ve drone'lar gibi akıllı tarım teknolojileri, çiftçilerin toprak nem seviyelerini ve mahsulün su gereksinimlerini gerçek zamanlı olarak hassas bir şekilde izlemesini kolaylaştırmaktadır. Bu, sulama programlarını optimize etmelerine ve doğru miktarda suyu doğrudan bitkilerin köklerine vermelerine olanak tanıyarak suyun optimum kullanımı yoluyla israfın önemli ölçüde azaltılmasına yardımcı olurlar. Çiftçiler, sensörlerden, hava durumu tahminlerinden ve geçmiş verilerden elde edilen veriye dayalı bilgilerden yararlanarak su kullanımı hakkında bilinçli kararlar alabilir.

Belirli alanlara su dağıtımını hedefleyen, akışı ve buharlaşmayı en aza indiren damla sulama gibi stratejiler uygulayabilirler. Ayrıca akıllı teknolojiler, sulama sistemlerindeki sızıntıların ve su kayıplarının tespit edilmesini sağlayarak, zamanında onarım ve koruma çalışmalarını kolaylaştırmaktadır.

Mahsul İzleme ve Yönetimi

Akıllı tarım platformları, mahsulün sağlığını ve büyüme modellerini izlemek için uydu görüntülerini, drone'ları ve IoT cihazlarını kullanır. Çiftçiler, stresin, hastalıkların veya besin eksikliğinin erken belirtilerini tespit ederek sorunları anında çözmek için proaktif önlemler alabilir ve bu da su ve gübre gibi daha az girdiyle daha yüksek verim elde edilmesini sağlayabilir.

Veriye Dayalı Tarım Uygulamaları

Veri analitiği ve makine öğrenimi algoritmalarının entegrasyonu, çiftçilerin kaynak tahsisini ve mahsul planlamasını optimize etmesine olanak tanımaktadır. Geçmiş eğilimleri ve çevresel değişkenleri analiz ederek ekim programlarında ince ayar yapabilir, kuraklığa dayanıklı ürün çeşitlerini seçebilir ve sulama stratejilerini dinamik olarak ayarlayabilir, böylece su verimliliği artar ve israf azaltmak mümkün olabilmektedir.

Koruyucu Toprak İşleme

Akıllı tarım teknolojileri, toprak işlemez veya azaltılmış toprak işleme gibi koruyucu toprak işleme uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştırır. Bu yöntemler toprak nemini korumaya, toprakların su tutmasını artırmaya ve erozyonu en aza indirmeye yardımcı olarak sonuçta sulama ihtiyacını azaltarak su kaynaklarını korumaktadır.

Uzaktan İzleme ve Kontrol

Mobil uygulamaların ve bulut tabanlı platformların yaygınlaşmasıyla çiftçiler sulama sistemlerini, pompaları ve diğer ekipmanları her yerden uzaktan izleyebilir ve kontrol edebilir. Bu yetenek, değişen koşullara anında yanıt vermelerini ve su kullanımını verimli bir şekilde optimize etmelerini sağlamaktadır.

Sürdürülebilir Tarım

Akıllı tarım teknolojileri, daha sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek uzun vadeli çevre korumasına katkıda bulunur. Azalan su kullanımı yalnızca bu değerli kaynağı korumakla kalmaz, aynı zamanda tarımsal akıntılardan kaynaklanan su kirliliği riskini de en aza indirerek hem tarımsal hem de tarım dışı amaçlar için su kalitesini koruyucu yönde rol oynamaktadır.

Akıllı Tarımın Tarımsal Değer Zinciri Üzerinde Etkisi

Genel olarak, akıllı tarım teknolojilerinin tarım faaliyetlerine entegrasyonu, daha verimli kaynak yönetimi uygulamalarını teşvik ederek ve tarımın çevresel etkilerini azaltarak gıda ve su güvenliğini artırma konusunda büyük umut vaat etmektedir. Burada akıllı tarım, üreticilere etkin teknolojik araçlar ile bir dizi avantaj sunarak diğer geleneksel tarım metotlarından farklılaşmaktadır. Akıllı tarım teknolojileri, tarımsal değer zincirinin çeşitli yönlerinde iyileştirmeler sağlayarak gıda üretimi üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Bu avantajların ve etkilerin bazıları aşağıda sıralanmıştır:

Artan Verimlilik ve ürün kalitesi: Akıllı tarım teknolojileri nesnelerin interneti (IoT), sensörler, veri analizi ve yapay zeka kullanarak bitki ihtiyaçlarını daha iyi anlamaya yardımcı olurken ekim, sulama, gübreleme ve zararlı kontrolü gibi çeşitli tarımsal süreçleri optimize etmektedir. Çiftçiler, veri analitiğini, IoT sensörlerini ve otomasyonu kullanarak operasyonel verimliliğini artırabilir ve bu da birim alan başına daha yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. rn kalitesinde iyileştirme sağlayacak sensör destekli uzak ve yakın izleme ve kontrol, ürün verimi ve kalitesini artırarak daha pazara hitap eden standartlara uygun ürün elde edilmesini sağlamaktadır.

Masrafların Azalması: Akıllı tarım, 4D kuralı ile doğru yer kaynak, zaman ve miktarlarda tarımsal girdileri (gübre, kimyasal ilaç ve vb.) gibi girdilerin kullanımını optimize ederken çiftçilere maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Özellikle hassas tarım, su, gübre ve pestisit gibi girdilerin mahsullerin özel ihtiyaçlarına göre hassasiyetle uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Bu hedefe yönelik yaklaşımlar, israfı en aza indirir ve girdilerin etkinliğini en üst düzeye çıkarak üretkenliğin artmasına ve çevresel etkinin azalmasına neden olmaktadır.

Mahsul İzleme ve Yönetimi: Akıllı sensörler, drone'lar ve uydu görüntüleri mahsul sağlığı, büyümesi ve evre koşulları hakkında gerçek zamanlı bilgiler sağlar. Çiftçiler stresin, hastalıkların veya besin eksikliğinin erken belirtilerini tespit edip zamanında düzeltici önlemler alabilir, böylece ürün kayıplarını en aza indirebilir ve genel verimliliğini artırabilmektedir.

Optimize Edilmiş Kaynak Yönetimi: Akıllı tarım teknolojilerinin kolaylaştırdığı veriye dayalı karar alma, çiftçilerin su, enerji ve arazi gibi kaynakların kullanımını optimize etmesine yardımcı olur. Çiftçiler, geçmiş verileri, hava tahminlerini ve toprak koşullarını analiz ederek ürün seçimi, ekim programları ve sulama stratejileri hakkında bilinçli seçimler yapabilir, böylece daha verimli kaynak tahsisi ve daha yüksek verim elde edilebilir.

Risklerin Azaltılması ve evre dostu tarım: Akıllı tarım teknolojileri, çiftçilerin olumsuz hava koşulları, zararlı böcekler ve hastalıklar gibi tarımla ilişkili çeşitli riskleri azaltmasına yardımcı olur. Erken uyarı sistemleri ve tahmine dayalı analitikler, çiftçilerin potansiyel tehditleri öngörmesine ve bunlara yanıt vermesine olanak tanır, böylece ürün kayıplarını en aza indirir ve daha istikrarlı bir gıda tedariki sağlar. Akıllı tarım, yeşil mutabakat kapsamında çevreye dost uygulamalardan kaynaklanan salınımları azaltıcı şekilde doğal kaynakları daha etkili bir şekilde kullanmayı hedeflemektedir. Üreticilere su ve enerji tasarrufu ile ekonomik ve çevreye daha duyarlı bir tarım yapma imkanı vermektedir. Akıllı tarım, geleneksel tarımın zor müdahale ettiği faktörleri ortadan kaldırarak, örneğin topraksız tarım gibi yeni ve etkili tarım faaliyetlerini ve buna benzer alternatif üretimi teşvik etmektedir.

Detaylı Kayıtlar ve Anlık Veriler: Veri odaklı tarıma geçişi mümkün kılan akıllı tarım yaklaşımlarında kullanılan bilgi sistemleri, çiftçilere detaylı kayıtlar ve anlık veriler sağlamaktadır. Detaylı dijital kayıtlar veriye dayalı olarak üreticilerin karar alma süreçlerini destekler ve maliyet hesaplamalarını gerçekçi bir şekilde yapmayı sağlar. Akıllı tarım, sensörler ve izleme sistemleri aracılığıyla ürünün korunmasını ve takibini kolaylaştırmaktadır.

Yetiştirme Sezonlarının Uzatılması: Hidroponik, akuaponik ve dikey tarım gibi kontrollü evre tarımı (CEA) teknolojileri, dış hava koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca taze meyve ve sebze üretimine olanak tanır. Akıllı tarım teknolojileri, iç mekanda en uygun yetiştirme koşullarını sağlayarak, yetiştirme sezonlarını uzatır ve genel gıda üretim kapasitesini artırmaktadır.

Küçük Çiftçilerin Güçlendirilmesi: Akıllı tarım teknolojileri, bilgiye, pazarlara ve finansal hizmetlere erişim sağlayarak küçük ölçekli çiftçileri güçlendirme potansiyeline sahiptir. Mobil uygulamalar, SMS tabanlı hizmetler ve dijital platformlar, küçük çiftçilerin piyasa fiyatlarına, hava durumu tahminlerine ve tarımsal tavsiyelere erişmelerini sağlayarak bilinçli kararlar almalarına ve üretkenliklerini ve gelirlerini artırmalarına yardımcı olmaktadır.

Genel olarak akıllı tarım teknolojileri, gıda üretiminin artırılmasında, gıda güvenliğinin iyileştirilmesinde ve sürdürülebilir kaynak ve tarım uygulamalarının teşvik edilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Çiftçiler, veri ve teknolojinin gücünden yararlanarak daha az kaynakla daha fazla gıda üretebilir ve aynı zamanda olumsuz çevresel etkileri en aza indirebilir. Bu avantajlar, çiftçilere ekonomik bir şekilde üretimlerini sürdürmeyi, verimli ve çevreye duyarlı bir tarım yöntemi yapabilmelerini iklim kaynaklı etkilere karşı daha sürdürülebilir imkanlar sunarak tarım sektöründe önemli bir dönüşüm sağlayabilmektedir.

Dünyada Akıllı Tarım Teknolojilerinin Kullanımının Gıda ve Su Tasarrufu Üzerine Ekonomik Etkileri

Ekonomik açıdan akıllı tarım teknolojileri, çeşitli tarımsal uygulamalarda, verim çıktılarına ve girdi maliyeti tasarruflarını doğrudan etkileyen önemli faydalar göstermiştir. Spesifik olarak Kayıt ve haritalama teknolojilerinin kullanımı, farklı mahsullerde %9,7 ile %62,6 arasında değişen potansiyel bir verim artışı göstererek bunların mahsul üretim verimliliğini artırmadaki etkinliğini göstermiştir. Ayrıca, kontrollü tarla trafiği teknolojilerindeki ilerlemeler %70'e varan verim artışlarıyla ilişkilendirilmiştir ve bu da optimize edilmiş tarla operasyonlarının mahsul verimliliği üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. Girdi maliyeti tasarrufu açısından değişken oranlı teknolojiler (DOT), gübre ve pestisit kullanımında önemli azalmalara yol açmıştır. Araştırmalar %59,6'ya kadar gübre tasarrufu ve %8 ila %80 arasında pestisit tasarrufu olduğunu bildirmektedir. Bu azalmalar çiftçilerin işletme maliyetlerini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda daha hedefli ve verimli kaynak kullanımına da katkıda bulunabilmektedir. Ek olarak, akıllı makineler ve otonom sistemlerin belirli görevlerde işçilik süresinde %97'ye kadar azalma ve optimize edilmiş makine kullanımı sayesinde %22,15 ila %49,14 arasında yakıt tasarrufu sağlamasıyla iş gücü ve yakıt tasarrufunu kolaylaştırdığı görülmektedir. ÇYBS'nin uygulanması, daha iyi karar alma ve kaynak tahsisi sağlayarak ekonomik verimliliği daha da artırmış, çeşitli vaka çalışmalarında su tüketiminde %60'a kadar ve gübre kullanımında %50-70 oranında azalmaya yol açmıştır. Bu sistemler tarımsal girdilerin stratejik yönetimini destekleyerek su, gübre ve pestisit kullanımını optimize ederek aşırı kullanımı azaltmakta ve maliyetleri en aza indirmektedir.

Değerlendirme ve Öneriler

Bugün dünyada yapılan gübre uygulamalarının %40'ı gereğinden fazla gübreleme ile yitirilmektedir. %15-20 arası yetersiz gübrelemeden dolayı verim kayıplarına yol açmaktadır. Hassas tarımla su tüketimi %50 azaltılabilmektedir (Türker, 2017). Hassas tarım uygulamalarıyla 2050 yılına kadar verimlerde %70 artışların olabileceği ön görülmektedir. İlaçlama ve tohum gibi girdiler içinde benzer şeyleri söyleyebiliriz. Bu nedenlerle hassas tarım günümüz tarımsal üretiminde stratejik hale gelmiştir. Doğru sentez için, çok sayıda veriye bakmak ve çiftçiler için karlılığı, verimi ve diğer faktörleri etkileyen çok sayıda faktörü analiz etmek gerekiyor, ve burada denklem gitgide daha zorlu hale gelmekte bu nedenle bu bilgilerle başa çıkma becerimiz kritik önem taşımaktadır.

Bu da teknolojinin sağlayabileceği bir unsurdur. Potansiyel faydalarla birlikte, hassas tarıma olan ilginin, artık kullanılan teknolojilerin daha da ilerletilmesi ve bunların yerel tarım sistemlerine tanıtılması için kurulan birçok araştırma merkezi ile dünyayı etkisi altına aldığı görülmektedir. Hassas tarım inovasyonu devam etmekte ve giderek daha fazla çiftlikler mevcut teknoloji ve uygulamaları benimsemektedir. Tarımda önemli etkiler yaratacak olan önemli bir gelişme alanı, yapay zekanın (YZ) kullanımı ve yaygınlaşması olacaktır. YZ, çiftçilerin düzenli olarak yapmaları gereken karmaşık kararları bir türlü kopyalayamayacak olsa da, bu kararları kolaylaştırmak için çok iyi bir şekilde kullanılabilir. Bugünün çiftçileri zengin veriye erişebiliyor. Bundan 5 yıl öncesinde 18 ay gibi bir sürede elde edilen veri miktarı günümüzde 2 ay gibi bir sürede elde edilebilmektedir. İşte burada YZ yoluyla bu yüksek miktardaki, veriyi kısa bir sürede analiz etme ve en iyi hareket tarzını önermek için kullanma yeteneği belirleyici olacaktır. . Bu devasa bilgi havuzu daha sonra ürünler için en uygun hasat zamanının tahmin edilmesi, zararlıların ve hastalığın ortaya çıkmasından önce meydana gelen hasatalıkların tahmin edilmesi ve hasattan önce verim rekolte tahminleri sunabilecek dolayısıyla saha içi envanter yönetimi daha etkin kılmakta kullanılabilecektir. .

Akıllı hassas tarımda en büyük getirinin ilaçlama ve gübrelemeden sağlanabileceği yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. İlaçlamada % 90'lara varan tasarruflar yapılabilmektedir (Talepbour ve ark., 2015). Bu önemli miktarlarda tasarruf ve çevrenin en etkili korunması anlamına gelmektedir. Benzer şekilde değişken gübre uygulaması ve yönetimi, gübre tüketimini azaltırken verimi anlamlı şekilde artırma potansiyeline sahiptir. Günümüzde belirli tarla ürünlerinde gübre uygulama oranları, her bir çiftlikte neredeyse aynıdır. Akıllı hassas tarıma dayalı değişken gübre uygulamaları ile gübreden % 15-20 tasarruf ve % 4 verimde artışları gerçekçi görülmektedir (Revich, 2016). Bu gerçekçi rakamlar, akıllı tarımın geniş tabanlı olarak benimsenmesiyle küresel olarak çiftçilere 200 milyar \$ 'a kadar değer sağlayabileceğine işaret etmektedir. Bu rakamı Türkiye tarımına yansıtırsak % 2'lik bir yansımayla 4 milyar USD olarak bir değer ortaya çıkarmaktadır. Bu teknolojilerden bazıları hali hazırda prototip olarak yerli olarak üretilmekle birlikte makinalara yönelik proje bazlı çalışmalar devam etmektedir. Ancak genel anlamda bu teknolojileri yerli olarak üretme düzeyimiz henüz istenen seviyeye gelmiş değildir. Bu noktada bilgi ve iletişim teknolojileri firmaları ile tarıma dayalı sanayimiz iş birliğinde dışa bağımlılığı ortadan kaldıracak ve rakip ürünlerle rekabet edecek seviyede yerli üretim için, mevcut teknik bilgi ve beceri üzerine elektronik bileşenlerden oluşan donanım ve yazılım geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Sonuç olarak, hassas tarımda kullanılan tarım makineleri, ekipman ve teknoloji maliyetleri düştükçe, hassas tarım uygulamalarının daha fazla çiftçinin kullanımına açılacağı ve tarıma yapacağı katkılarının artacağı ön görülmektedir.

Kaynaklar / References

- Ampatzidis, Y., Partel, V. ve Costa, L. (2020). Agrovie: cloud-based application to process, analyze and visualize UAV-collected data for precision agriculture applications utilizing artificial intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105457.
- Anonymus/Anonim (2019). Farm to Fork Strategy - EC, 2019. Retrieved from <https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy>.
- Balafoutis, A., Bert, B., Fountas, S., Vangeyte, J. ve Soto, I. (2017). Precision Agriculture Technologies for a Sustainable Future: Current Trends and Perspectives. *Sustainability*, 9(8), 1339.
- Bongiovanni, R. J. ve Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Journal on Advances in Precision Agriculture*, 5, 359–387.
- Castro, W., Marcato, J. C., Polidoro, L. P., Osco, W., Gonçalves, L. R. ve Matsubara, E. (2020). Deep learning applied to phenotyping of biomass in forages with UAV-based RGB imagery. *Sensors* 20(17), 4802.
- Chamen, T. (2015). Controlled traffic farming—from worldwide research to adoption in Europe and its future prospects. *Acta Technologica Agriculturae*, 18(3), 64–73.
- Chen, Y. ve Li, C. (2020). Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: origin, theory and application. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122071.
- Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A. ve Rodríguez, A. (2020). Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105626.
- Clapp, J. ve Ruder, S. L. (2020). Precision technologies for agriculture: digital farming, geneedited crops, and the politics of sustainability. *Global Environmental Politics*, 20(3), 49–69.
- Fabiani, S., Vanino, S., Napoli, R., Zajiček, A., Duffkov, R., Evangelou, E. ve Nino, P. (2020). Assessment of the economic and environmental sustainability of Variable Rate Technology (VRT) application in different wheat intensive European agricultural areas. A Water energy food nexus approach. *Environmental Science & Policy*, 114, 366–376.
- Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C. G., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Vatsanidou, A. ve Tisserye, A. B. (2015). Farm management information systems: current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, 40–50.
- Fountas, S., Espejo-Garcia, B., Kasimati, A., Mylonas, N. ve Darra, N. (2020). The future of digital agriculture: technologies and opportunities. *IT Professional*, 22(1), 24–28.
- Hamza, M. A. ve Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 121–145.
- Kamilaris, A. ve Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.
- Karunathilake, E. M., Le, A. T., Heo, S., Chung, Y. S. ve Mansoor, S. (2023). The path to smart farming: Innovations and opportunities in precision agriculture. *Agriculture*, 13(8), 1593.
- Lee, J. (2018). AgTech trends in 2019: Precision Agriculture, and Millennial Farmers. *G2 Crowd learning Hub*, 3.

- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S. ve Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Lin, P., Petway, J. R., Anthony, J., Mukhtar, H., Liao, S. W., Chou, C. F. ve Ho, Y. F. (2017). Blockchain: the evolutionary next step for ICT e-agriculture. *Environments*, 4(3), 50.
- Michels, M., Bonke, V. ve Musshoff, O. (2019). Musshoff, Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *Journal of Dairy Science*, 102(10), 9422–9434.
- Michels, M., Bonke, V. ve Musshoff, O. (2020). Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection. *Precision Agriculture*, 21, 1209–1226.
- Miller, N., Griffin, T. W., Bergtold, J., Sharda, A. ve Ciampitti, I. (2017). Adoption of precision agriculture technology bundles on kansas farms. Paper prepared for presentation at the *Southern Agricultural Economics Association (SAEA) Annual Meeting*. Mobile, Alabama, February, 4–7, 2017.
- Raj, E. F., Appadurai, M. ve Athiappan, K. (2022). Precision farming in modern agriculture. Smart Agriculture Automation Using Advanced Technologies: *Data Analytics and Machine Learning, Cloud Architecture, Automation and IoT, Springer, Technologies'e Singapore*, 2022, (s. 61–87).
- Revich, S. (2016). Profiles in innovation for precision agriculture. *Equity research report*. Goldman Sachs.
- Saiz-Rubio, V. F. ve Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.
- Shaikh, T. A., Rasool, T. ve Lone, F. R. (2022). Towards leveraging the role of machine learning and artificial intelligence in precision agriculture and smart farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107119.
- Talepbour, B., Türker, U. ve Yegül, U. (2015). The Role of Precision Agriculture in the promotion of Food Security. *International Journal of Agricultural and Food Research-Science target*, 4(1), 1-23.
- Türker, U. (2021). Hassas tarım uygulamaları. B. Pakdemirli, H.Ö. Sivritepe, Z. Bayraktar, Z. Takmaz (Eds.), *Pandemi Sonrası Yeni Nesil Tarım* (s. 1-23) içinde. Son Çağ Akademi. 1. Baskı: Mart 2021. ISBN: 978-625-7333-72-6. Yayın No: 1086.
- Türker, U. (2017). Hassas Tarımın Verimlilik üzerine etkileri.6.Ulusal verimlilik Kongresi. 7 Aralık 2017, Ankara.
- Verdouw, C., Sundmaeker, H., Tekinerdogan, B., Conzon, D. ve Montanaro, T. (2019). Architecture framework of IoT-based food and farm systems: a multiple case study, *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104939.
- Wolfert, L. G., Verdouw, C. ve Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ufuk TÜRKER | Ankara Üniversitesi | [uturker\[at\]agri.ankara.edu.tr](mailto:uturker[at]agri.ankara.edu.tr)
ORCID: 0000-0002-7527-7376**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünden 1988 yılında mezun oldu. 1992 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisansını tamamlamıştır. 1994 yılında İngiltere'nin Cranfield Üniversitesinde Hassas Tarım Teknolojileri konusunda Avrupa da ilk doktora tez konusunu almış ve 1998 yılında doktorasını İngiltere'de tamamlamıştır. 2005 ve 2007 yıllarında Belçika ve Almanya da biçerdöverlerde verim haritalama ve optik sensörlerle değişken oranlı gübre uygulamaları üzerine workshop ve eğitimlere katılmıştır. 2009 yılında Belçika'da ERANET-ICT-Agri kapsamında desteklenen Hassas Tarım projeleri değerlendirme komisyonunda yer almıştır. Hassas tarım konusunda gerek yurt içinde, gerekse yurtdışında birçok projede yer almıştır. Türker'in Ulusal ve uluslararası akademik dergilerde ve konferanslarda yayınlanmış çok sayıda makaleleri ve araştırmaları bulunmaktadır. Hassas tarım alanında, 2019 yılında Türk Patent Enstitüsünden alınmış bir adet patenti bulunmaktadır. Türker 2019 ve 2021 yılları arası FAO'nun Türkiye için E-Tarım stratejisi geliştirme projesinde ülke danışmanı 2021 ve 2022 yılları arası Dünya bankası projelerinde yer almıştır.

**Prof. Dr. Ufuk TÜRKER | Ankara University | [uturker\[at\]agri.ankara.edu.tr](mailto:uturker[at]agri.ankara.edu.tr)
ORCID: 0000-0002-7527-7376**

He graduated from Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering in 1988. He completed his master's degree at Ankara University, Institute of Science and Technology in 1992. In 1994, he received the first doctoral thesis topic in Europe on Precision Agriculture Technologies at Cranfield University, England, and completed his doctorate in England in 1998. He attended workshops and trainings on yield mapping from combine harvester and variable rate fertilizer applications with optical sensors between 2005 and 2007 in Belgium and Germany. In 2009, he took part in the evaluation commission of Precision Agriculture projects supported within the scope of ERANET-ICT-Agri in Belgium. He has taken part in many projects on precision agriculture both at home and abroad. Türker has many articles and research published in national and international academic journals and conferences. He has one patent in the field of precision agriculture, which was obtained from the Turkish Patent Institute in 2019. Türker was a country consultant in FAO's E-Agriculture strategy development project for Türkiye between 2019 and 2021. He took part in World Bank projects between 2021 and 2022.

