Alternatif Tarımsal Üretim Sistemleri ve Ekonomisi



Editör
OSMAN KARKACIER

BİDGE

BİDGE Yayınları

Alternatif Tarımsal Üretim Sistemleri ve Ekonomisi

Editör: OSMAN KARKACIER

ISBN: 978-625-372-916-5

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 2025-12-25
BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374
Yayın hakları © BİDGE Yayınları
www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com
Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

ÖNSÖZ

İnsanoğlunun üretimi keşfetmesi tarımla başlamıştır. İlk çağlarda tarım keşfedilmeden önce avcılık ve toplayıcılık ile yaşam sürdürülürken, Neolitik Çağ ile birlikte tarım sistemlerinin temelleri atılmaya başlanmıştır. İkinci dünya savaşının getirdiği kıtlık, birim alandan daha fazla verim alınan üretim uygulamalarını gündeme taşımıştır. Tarımsal üretimde miktar artışına odaklanılması, doğal üretimden tarıma ve toprağa müdahale içeren üretim sistemlerine geçişi hızlandırmıştır. Gübreleme, ilaçlama, sulama, tarımsal mekanizasyon gibi teknikler üretimde ve verimde ciddi artışlara neden olmuştur. Artan nüfus ve gelire paralel olarak tarımsal ürünlere olan talep de artmıştır. 2000'li yıllardan sonra Endüstri 4.0 ve ötesinde çok daha farklı üretim sistemleri gelişmiştir. Bu gelişim bir yandan insanoğlunun sağlığını tehdit etmeye başlarken, diğer yandan doğal kaynaklara aşırı yüklenme sonucu ekolojik ayak izi giderek büyümüştür.

Diğer yandan tarım sektörü, küresel ölçekte yaşanan ekonomik dalgalanmalar, iklim değişikliği, doğal kaynakların azalması ve nüfus artışı gibi dinamiklere bağlı olarak her geçen gün daha stratejik bir konuma gelmektedir. Bu değişim, geleneksel üretim modellerinin ötesine geçmeyi, sürdürülebilir, verimli ve çevresel etkileri minimize eden alternatif tarımsal üretim sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. 'Alternatif Tarımsal Üretim Sistemleri ve Ekonomisi' başlıklı bu çalışma, bu ihtiyaca yanıt vermek amacıyla hazırlanmıştır.

Bu kitap; üreticilerin karar alma süreçlerini etkileyen üretim sistem uygulamalarının bazılarını ve ulusal tarım politikalarını alternatif üretim sistemleri boyutundan ekonomik perspektifte değerlendirmektedir. Tarımsal sistemlerden havza yönetim modelleri, üretim sistemlerinde blok zincir teknolojileri, mikro kredi uygulamaları ve ekonomik yansımaları gibi bölümler kitap da yer almaktadır.

Çalışmanın ortaya çıkmasında desteklerini esirgemeyen tüm akademik paydaşlara, saha deneyimlerini paylaşan üreticilere ve yayınevine teşekkür ederim. Kitabın, tarım ekonomisi alanındaki araştırmacılar, öğrenciler, politika yapıcılar ve sektörel karar vericiler için değerli bir başvuru kaynağı olmasını diliyorum.

Prof Dr Osman KARKACIER

Editör

İÇİNDEKİLER

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİNİN EKONOMİK ETKİLERİ 1
MURAT KÜLEKÇİ

TARIM ÜRÜNLERİNİN BLOCKCHAİN TABANLI PAZARLANMASI: BLOCKCHAİN TEKNOLOJİLERİNİN GÜVEN, DEĞER YARATMA VE REKABETÇİLİKTEKİ ROLÜ 18
SELMA KARABAŞ

TARIMSAL ÜRÜNLERİN PAZARLANMASINDA SOSYAL MEDYA VE YENİ NESİL PAZARLAMA YAKLAŞIMLARI ..42
NİLGÜN DOĞAN

TARIM KOOPERATİFLERİNİN PAZARLAMA KABİLİYETLERİNİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ: "KOOPERATİF 4.0" 53
SELMA KARABAŞ

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ TARIM İŞLETMELERİNİN REKABET GÜCÜNÜ ARTIRMA STRATEJİLERİ 81
NİLGÜN DOĞAN

TARIMDA VE KIRSAL KESİMDE MİKROKREDİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME 100
OSMAN İNAN

KIRSALDA İKLİM DEĞİŞİMİNİN ETKİSİ; RİSK VE BELİRSİZLİKLER 124
HACER ÇELİK ATEŞ

HAVZA YÖNETİM MODELİ VE KIRSAL KALKINMA STRATEJİLERİ 143
OSMAN KARKACIER

MODERN TECHNOLOGIES AND MANAGEMENT PRACTICES IN CATTLE FARMING 161
HİLAL DEMİR, AHMET YESEVİ KOÇYİĞİT, KÜRŞAT DEMİRYÜREK

Türkiye'de Su Ürünleri Sektörünün Mevcut Durumu: Üretim, Tüketim ve Dış Ticaret 176
DENİZ SARICA

ZEYTİNYAĞI İŞLETMELERİNDE İNOVASYON: BALIKESİR-AYVALIK İLÇESİ ÖRNEĞİ 191
SEVİLAY İZCAN, MİNEL BAŞENGİR, DUYGU TOSUN, GAMZE SANER

BÖLÜM 1

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİNİN EKONOMİK ETKİLERİ

Murat Külekçi[1]

Giriş

Tarım sektörü, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmelerin etkisiyle köklü bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu dönüşüm, tarımsal üretim süreçlerinin daha verimli, izlenebilir ve sürdürülebilir biçimde yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda akıllı tarım, sensör teknolojileri, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ, uzaktan algılama ve otomasyon sistemlerinin tarımsal faaliyetlere entegre edilmesiyle ortaya çıkan yenilikçi bir üretim ve yönetim modeli olarak tanımlanmaktadır (Wolfert ve ark., 2017; Saiz-Rubio ve Rovira-Màs, 2020).

Akıllı tarım yaklaşımı, tarımsal girdilerin doğru zamanda, doğru yerde ve doğru miktarda uygulanmasını hedefleyen hassas tarım kavramının dijital teknolojilerle genişletilmiş bir devamı niteliğindedir (Cisternas ve ark., 2020). Bu sistemlerde tarımsal faaliyetler, genelleştirilmiş uygulamalar yerine, gerçek zamanlı ve alana özgü veriler temelinde planlanmakta ve yönetilmektedir.

[1] Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Orcid: 0000-0002-7696-7109

Böylece üretim süreçleri ölçülebilir, öngörülebilir ve optimize edilebilir bir yapıya kavuşmaktadır (Fountas ve ark., 2020).

Akıllı tarım, Endüstri 4.0 kapsamında gelişen dijital teknolojilerin tarım sektörüne uyarlanmasıyla, üretim sistemlerinde veri temelli karar alma süreçlerini ön plana çıkarmaktadır. Sensörler ve uzaktan algılama sistemleri aracılığıyla toprak, bitki ve iklim koşulları sürekli izlenmekte; elde edilen veriler yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmalarıyla analiz edilerek üretim kararları desteklenmektedir (Liakos ve ark., 2020; Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2020).

Akıllı tarım, yalnızca üretim miktarını artırmayı hedefleyen bir yaklaşım değil; aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği, ekonomik kârlılığı ve kaynak verimliliğini birlikte ele alan stratejik bir dönüşüm modelidir. Sensör tabanlı izleme sistemleri, uzaktan algılama ve yapay zekâ destekli karar mekanizmaları sayesinde su, gübre ve pestisit gibi girdilerin hassas biçimde uygulanması mümkün olmakta; bu durum hem maliyetleri düşürmekte hem de çevresel etkileri azaltmaktadır (Clapp ve Ruder, 2020; Karunathilake ve ark., 2023).

Özellikle su kaynaklarının giderek azaldığı günümüzde, akıllı sulama ve su yönetimi teknolojileri tarımsal sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Akıllı tarım uygulamaları, iklim değişikliğine bağlı üretim risklerini azaltmakta, tarım sektörünün uyum kapasitesini artırmakta ve gıda arzının sürekliliğine katkı sağlamaktadır (Saiz-Rubio ve Rovira-Màs, 2020).

Türkiye gibi tarımsal potansiyeli yüksek ülkelerde, akıllı tarım teknolojilerinin etkin ve yaygın biçimde benimsenmesi; hem ulusal gıda ve su güvenliğinin güçlendirilmesi hem de çiftçilerin rekabet gücünün artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yönüyle ele alınan bu kitap bölümü, akıllı tarım teknolojilerinin tarımsal üretim sistemlerindeki dönüştürücü etkisini ortaya koyarak,

araştırmacılar, politika yapıcılar ve uygulayıcılar için önemli bir başvuru kaynağı olmayı hedeflemektedir.

Akıllı Tarım Kavramı

Akıllı tarım; dijital tarım ve hassas tarım kavramlarıyla da ilişkilendirilen, tarımsal üretimde geleneksel ve deneyime dayalı yaklaşımların yerini veri odaklı, otomasyon temelli ve optimize edilmiş yönetim sistemlerine bıraktığı kapsamlı bir dönüşümü ifade etmektedir. Bu yaklaşım, yapay zekâ, nesnelerin interneti, uzaktan algılama, robotik sistemler, bulut bilişim ve coğrafi bilgi sistemleri gibi ileri dijital teknolojilerin tarımsal üretim süreçlerine entegre edilmesi yoluyla, tarımsal faaliyetlerin etkinliğini artırmayı, üretkenliği yükseltmeyi ve çevresel sürdürülebilirliği güçlendirmeyi amaçlamaktadır (Karunathilake et al., 2023; Mandal et al., 2024; Dhanaraju et al., 2022; Wolfert et al., 2017). Bu teknolojik bütünleşme, tarımsal üretimin her aşamasında gerçek zamanlı veri toplama ve analizini mümkün kılarak, daha esnek ve kaynak kullanımında etkin uygulamaların geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

Akıllı tarım yaklaşımının temelinde, tarımsal girdilerin ve müdahalelerin üretim alanı içerisindeki ürün, toprak ve mikro-çevresel koşulların farklılıklarına göre hassas biçimde uyarlanmasını öngören alana özgü yönetim anlayışı yer almaktadır. Bu anlayış, çoğu zaman aşırı ya da yetersiz girdi kullanımına yol açarak çevresel baskıları artıran ve verimlilik kayıplarına neden olan geleneksel tek tip uygulamalardan belirgin biçimde ayrılmaktadır (Tudi et al., 2021). Akıllı tarım teknolojileri sayesinde çiftçiler; sulama, gübreleme ve bitki koruma gibi temel agronomik uygulamaları uzaktan ve eş zamanlı olarak izleyebilmekte ve yönetebilmektedir. Bu durum, üretim performansını iyileştirirken su, gübre ve pestisit gibi girdilerin daha rasyonel kullanılmasına olanak tanımaktadır (Dhanaraju et al., 2022).

Akıllı tarım sistemlerinin işleyişinde sensör teknolojileri ve nesnelerin interneti tabanlı altyapılar merkezi bir rol üstlenmektedir. Toprak nemi, sıcaklık, pH değeri, besin maddesi düzeyleri, meteorolojik koşullar ve bitki gelişim evrelerine ilişkin veriler, bu sistemler aracılığıyla sürekli olarak toplanmakta ve merkezi dijital platformlara aktarılmaktadır. Toplanan veriler, yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmalarıyla analiz edilerek örüntülerin ortaya çıkarılması, olası sorunların erken aşamada belirlenmesi ve karar destek mekanizmalarının oluşturulması sağlanmaktadır (Liakos et al., 2018).

Bu analizler sonucunda üretilen bilgiler, karar destek sistemleri aracılığıyla uygulamaya dönük önerilere dönüştürülmektedir. Özellikle derin öğrenme tabanlı modeller, hiperspektral görüntüler ve insansız hava araçlarından elde edilen verileri kullanarak bitki hastalıkları, besin yetersizlikleri veya su stresinin erken belirtilerini tespit edebilmekte; böylece zamanında müdahalelerle verim kayıpları ve ekonomik zararlar önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018).

Akıllı tarımın sunduğu katkılar yalnızca üretim süreçleriyle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda tarımın sürdürülebilirlik boyutunu da güçlendirmektedir. Bu teknolojiler, gıda üretim zinciri boyunca izlenebilirliği ve şeffaflığı artırarak gıda güvenliğinin sağlanmasına katkı sunmakta; iklim akıllı tarım uygulamalarının yaygınlaşmasını desteklemekte ve değişken iklim koşullarına karşı tarımsal sistemlerin uyum kapasitesini artırmaktadır (Finger et al., 2019). Bu çerçevede, dünya genelinde kamu otoriteleri ve tarımsal paydaşlar, akıllı tarımın gıda sistemlerini dönüştürme potansiyelini dikkate alarak dijital tarım yatırımlarını hızlandırmaktadır. Söz konusu yatırımlar, özellikle açlığın ortadan kaldırılması, sorumlu üretim ve tüketim ile iklim değişikliğiyle mücadele gibi Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarıyla doğrudan örtüşmektedir (FAO, 2017; United Nations, 2023).

Bitki İzlemede Yapay Zekâ (AI)

Yapay zekâ (AI), farklı veri kaynaklarını bir araya getirerek gerçek zamanlı izleme, öngörücü analiz ve bitki sağlığı sorunlarının erken tespitini mümkün kılması sayesinde tarımsal üretimde bitki izleme süreçlerini köklü biçimde dönüştürmektedir. Emek yoğun ve öznel değerlendirmelere dayanan geleneksel izleme yöntemlerinin yerini; uydu görüntüleri, insansız hava araçları ve yer tabanlı sensörlerden elde edilen büyük ve yüksek çözünürlüklü verileri analiz edebilen AI tabanlı sistemler almaktadır. Makine öğrenmesi, derin öğrenme ve bilgisayarlı görü teknikleri bu sistemlerin temelini oluşturarak ürün gelişimi, stres faktörleri ve verim potansiyeline ilişkin zamanında karar desteği sağlamaktadır (Liakos vd., 2018; Kamilaris ve Prenafeta-Boldú, 2018).

- Uzaktan Algılama ve Uydu Görüntüleri

Uydu tabanlı uzaktan algılama sistemleri, bitki örtüsü dinamikleri, taç yapısı, toprak durumu ve çevresel stres göstergelerinin geniş alanlarda sürekli izlenmesine olanak tanımaktadır. Özellikle evrişimli sinir ağları (CNN), uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve analizinde yaygın olarak kullanılmakta; hastalık, zararlı baskısı ve su stresi gibi sorunların erken aşamada tespit edilmesini sağlamaktadır. NDVI gibi bitki örtüsü indeksleri, AI modelleriyle birlikte kullanılarak verim tahmini ve gelişim evrelerinin haritalanmasında önemli katkılar sunmaktadır (Omia vd., 2023; Mulla, 2013).

- İnsansız Hava Araçları (İHA/UAV)

İnsansız hava araçları, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için esnek ve yüksek çözünürlüklü veri toplama imkânı sunmaktadır. Çok bantlı ve termal kameralarla elde edilen görüntüler, derin öğrenme modelleri yardımıyla bitki canlılığı, hastalık belirtileri ve büyüme desenlerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. YOLO ve Faster R-CNN gibi nesne tespit

algoritmalarındaki gelişmeler, drone verilerinin tarımsal uygulamalarda daha hızlı ve doğru biçimde analiz edilmesini sağlamıştır (Sharma vd., 2025; Kang vd., 2025).

- Toprak ve Çevresel Sensörler

Toprak nemi, pH, besin düzeyi ve elektriksel iletkenlik gibi parametreleri izleyen sensörlerden elde edilen veriler, AI destekli platformlar aracılığıyla analiz edilerek sulama ve gübreleme kararlarının optimize edilmesine katkı sağlamaktadır. Hava durumu tahminleri ve geçmiş arazi verilerinin entegrasyonu, kuraklık ve aşırı yağış risklerinin azaltılmasına yönelik uyarlanabilir önerilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Rajak vd., 2023; Adikari vd., 2021).

Bu sistemlerin birlikte kullanımı, tarımsal yönetimde önleyici bir yaklaşımı destekleyerek kayıpların azaltılmasına ve verimliliğin artırılmasına katkı sunmaktadır.

Hassas Tarım (Precision Agronomy)

Hassas tarım, tarla içi mekânsal ve zamansal değişkenliği dikkate alarak girdilerin doğru yerde ve doğru zamanda uygulanmasını hedefleyen bir üretim yaklaşımıdır. Tek tip uygulamalara dayalı geleneksel yöntemlerin aksine, bu yaklaşım kaynak kullanım etkinliğini artırmakta ve çevresel etkileri azaltmaktadır (Bongiovanni ve Lowenberg-DeBoer, 2004; Finger vd., 2019).

- AI Tabanlı Karar Destek Sistemleri

Yapay zekâ destekli karar destek sistemleri; uydu verileri, sensör ölçümleri ve geçmiş verimleri analiz ederek ekim, gübreleme ve sulama gibi uygulamalara yönelik öneriler sunmaktadır. Rastgele ormanlar ve destek vektör makineleri gibi denetimli öğrenme yöntemleri, bitki besin ihtiyacının belirlenmesi ve stres faktörlerinin

tespitinde etkili sonuçlar vermektedir (Getahun vd., 2024; Ali vd., 2025).

- Verim Tahmini ve Optimizasyon

Verim tahmini, hassas tarımın temel bileşenlerinden biridir. Derin öğrenme modelleri, geçmiş üretim verileri ve uzaktan algılama bilgilerini birleştirerek sezon boyunca dinamik verim tahminleri yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu tahminler, hasat planlaması ve pazarlama stratejilerinin daha etkin yürütülmesine katkı sağlamaktadır (Khaki ve Wang, 2019; You vd., 2017).

Değişken Oranlı Teknolojiler ve Akıllı Makineler

AI destekli değişken oranlı uygulamalar, GPS ile entegre makineler aracılığıyla girdilerin tarla içi farklılıklara göre ayarlanmasını sağlamaktadır. Otonom traktörler ve robotik ekipmanlar, iş gücü ihtiyacını azaltırken operasyonel tutarlılığı artırmaktadır (Duckett vd., 2018; Mansoor vd., 2025).

Yapay Zekânın Diğer Akıllı Tarım Teknolojileriyle Entegrasyonu

Yapay zekânın tarımdaki etkisi, IoT, bulut bilişim, robotik ve blokzincir gibi teknolojilerle entegrasyonu sayesinde daha da güçlenmektedir. Bu bütünleşik yapı, verinin toplanmasından karar alma sürecine kadar tüm aşamaları kapsayan akıllı sistemler oluşturmaktadır (Wolfert vd., 2017; Shalalfeh ve Al-Debei, 2023).

- Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Uç Bilişim

IoT sensörleri aracılığıyla toplanan verilerin yerinde analiz edilmesi, özellikle kırsal alanlarda hızlı ve kesintisiz karar alma süreçlerini desteklemektedir (Muhammed vd., 2024; Elijah vd., 2018).

- Bulut Bilişim ve Büyük Veri

Bulut tabanlı platformlar, büyük hacimli tarımsal verilerin depolanması ve çok paydaşlı kullanımını mümkün kılmaktadır. Bu yapı, çiftçiler ile uzmanlar arasında bilgi paylaşımını kolaylaştırmaktadır (Wolfert vd., 2017).

- Robotik Sistemler

Tarım robotları ve otonom makineler, navigasyon ve görev planlamasında AI kullanarak hassas ve sürekli operasyonlar gerçekleştirebilmektedir (Duckett vd., 2018).

- Blokzincir ve İzlenebilirlik

Blokzincir teknolojisi, AI tarafından üretilen tarımsal verilerin güvenli biçimde kayıt altına alınmasını sağlayarak gıda güvenliği ve tedarik zinciri şeffaflığını artırmaktadır (Chen vd., 2023).

- Entegrasyon ve Uyumluluk Sorunları

Farklı donanım ve yazılımlar arasındaki uyumsuzluklar, akıllı tarım sistemlerinin yaygınlaşmasında önemli bir engel oluşturmaktadır. Açık veri standartları ve birlikte çalışabilir sistemler bu sorunun çözümünde kritik öneme sahiptir (Assimakopoulos vd., 2024).

Uygulama Örnekleri

AI tabanlı tarım uygulamaları, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından somut kazanımlar sağlamaktadır.

- Gelişmiş Ülkeler

ABD'de Climate FieldView ve John Deere "See & Spray" gibi sistemler, girdi kullanımını azaltırken verimliliği artırmaktadır (Finger vd., 2019).

- Gelişmekte Olan Ülkeler

Hindistan ve Afrika'da geliştirilen AI tabanlı mobil uygulamalar, küçük ölçekli çiftçilere erken uyarı ve danışmanlık hizmetleri sunarak ürün kayıplarını azaltmaktadır (Mana vd., 2024).

- Ticari ve Açık Kaynak Platformlar

IBM Watson ve FarmOS gibi platformlar, farklı ölçeklerdeki işletmeler için esnek ve uyarlanabilir çözümler sunmaktadır (Assimakopoulos vd., 2025).

Akıllı Tarım Teknolojilerinin Tarımsal Değer Zincirine Etkileri

Akıllı tarım teknolojilerinin tarımsal üretim sistemlerine entegrasyonu, kaynak kullanım etkinliğini artırarak ve çevresel baskıları azaltarak gıda ve su güvenliğinin güçlendirilmesinde önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu bağlamda akıllı tarım; nesnelerin interneti, sensör teknolojileri, veri analitiği ve yapay zekâ gibi dijital araçlardan yararlanarak geleneksel tarım uygulamalarından ayrışmakta ve tarımsal değer zincirinin tüm aşamalarında yapısal dönüşümlere yol açmaktadır. Söz konusu teknolojiler, üretimden pazarlamaya kadar uzanan süreçlerde verimlilik, kalite ve sürdürülebilirlik odaklı iyileştirmeler sağlamaktadır.

- Üretim Süreçlerinde Verimlilik ve Ürün Kalitesinin Artırılması

Akıllı tarım uygulamaları, bitkilerin su, besin ve çevresel koşullara olan gereksinimlerinin hassas biçimde izlenmesine olanak tanımaktadır. Sensörler, IoT tabanlı sistemler ve veri analitiği araçları sayesinde ekim, sulama, gübreleme ve zararlı mücadelesi gibi temel üretim süreçleri optimize edilebilmektedir. Bu durum, birim alan başına elde edilen verimi artırırken, ürün kalitesinin daha istikrarlı ve pazar taleplerine uygun hale gelmesini sağlamaktadır. Uzaktan ve yerinde izleme sistemleri, ürünlerin gelişim sürecinin

sürekli kontrol edilmesine imkân tanıyarak kalite kayıplarını azaltmaktadır.

- Girdi Kullanımında Etkinlik ve Üretim Maliyetlerinin Azaltılması

Akıllı tarımın temel ilkelerinden biri, tarımsal girdilerin doğru yer, doğru zaman ve doğru miktarda uygulanmasını esas alan hassas yönetim anlayışıdır. Bu yaklaşım sayesinde su, gübre ve kimyasal girdilerin gereksiz kullanımının önüne geçilmekte ve üretim maliyetleri düşürülmektedir. Girdi kullanımının hedefe yönelik hale gelmesi, hem ekonomik verimliliği artırmakta hem de çevresel yüklerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

- Gerçek Zamanlı Mahsul İzleme ve Etkin Yönetim

Akıllı sensörler, insansız hava araçları ve uydu görüntüleri aracılığıyla elde edilen veriler, mahsul sağlığı ve büyüme dinamikleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sunmaktadır. Bu sistemler, hastalık, zararlı baskısı veya besin eksikliği gibi sorunların erken aşamada tespit edilmesini mümkün kılarak zamanında müdahaleye olanak tanımaktadır. Böylece ürün kayıpları azaltılmakta ve üretim süreçleri daha kontrollü bir şekilde yönetilmektedir.

- Kaynak Tahsisinde Optimizasyon ve Veriye Dayalı Karar Alma

Akıllı tarım teknolojileri, geçmiş üretim verileri, hava tahminleri ve toprak özelliklerinin birlikte analiz edilmesini sağlayarak karar alma süreçlerini güçlendirmektedir. Çiftçiler bu sayede ürün seçimi, ekim zamanı ve sulama stratejileri gibi kritik kararları bilimsel verilere dayalı olarak verebilmektedir. Kaynakların daha etkin tahsis edilmesi, hem verim artışı hem de uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından önemli kazanımlar sunmaktadır.

- Risk Yönetimi ve Çevresel Sürdürülebilirliğin Güçlendirilmesi

Tahmine dayalı analizler ve erken uyarı sistemleri, olumsuz hava koşulları, zararlılar ve hastalıklar gibi tarımsal risklerin önceden öngörülmesine yardımcı olmaktadır. Bu sistemler, üreticilerin proaktif önlemler almasını sağlayarak üretimde istikrarı artırmaktadır. Ayrıca akıllı tarım uygulamaları, çevre dostu üretim tekniklerini destekleyerek doğal kaynak kullanımını azaltmayı ve sera gazı salımlarını sınırlandırmayı hedeflemektedir. Topraksız tarım ve kontrollü üretim sistemleri gibi yenilikçi yaklaşımlar da bu dönüşümün önemli bileşenleri arasında yer almaktadır.

- Dijital Kayıt Sistemleri ve Anlık Veri Yönetimi

Akıllı tarım, tarımsal faaliyetlerin dijital ortamda kayıt altına alınmasını mümkün kılarak üretim süreçlerinin izlenebilirliğini artırmaktadır. Detaylı kayıtlar ve anlık veriler, maliyet analizlerinin daha gerçekçi yapılmasını sağlamakta ve üreticilerin stratejik kararlarını desteklemektedir. Aynı zamanda bu sistemler, ürünlerin üretimden tüketime kadar olan sürecinin takibini kolaylaştırmaktadır.

- Üretim Sezonlarının Uzatılması ve Kontrollü Ortam Tarımı

Hidroponik, akuaponik ve dikey tarım gibi kontrollü çevre tarımı uygulamaları, akıllı tarım teknolojileriyle entegre edilerek yıl boyunca üretim yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sistemler, dış çevre koşullarından bağımsız olarak optimal yetiştirme ortamları sağlayarak üretim sezonlarını uzatmakta ve toplam gıda arzını artırmaktadır.

- Küçük Ölçekli Üreticilerin Güçlendirilmesi ve Kapsayıcılık

Mobil uygulamalar, SMS tabanlı hizmetler ve dijital platformlar aracılığıyla sunulan akıllı tarım çözümleri, küçük ölçekli çiftçilerin bilgiye, pazarlara ve finansal hizmetlere erişimini kolaylaştırmaktadır. Bu durum, üreticilerin daha bilinçli kararlar almasını sağlamakta ve gelir düzeylerinin artırılmasına katkı sunmaktadır.

Genel Değerlendirme

Akıllı tarım teknolojileri, tarımsal değer zincirinin tüm aşamalarında verimlilik, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık sağlayan bütüncül bir dönüşüm potansiyeli sunmaktadır. Veri ve teknolojinin etkin kullanımı sayesinde daha az kaynakla daha fazla üretim yapılabilmekte, çevresel etkiler azaltılmakta ve tarım sektörü iklim değişikliği kaynaklı belirsizliklere karşı daha dirençli hale gelmektedir. Bu yönüyle akıllı tarım, hem ekonomik hem de çevresel açıdan tarımın geleceğini şekillendiren temel yaklaşımlardan biri olarak öne çıkmaktadır.

Kaynakça

Adikari, K. E., Shrestha, S., Ratnayake, D. T., Budhathoki, A., Mohanasundaram, S., & Dailey, M. N. (2021). Evaluation of artificial intelligence models for flood and drought forecasting in arid and tropical regions. *Environmental Modelling & Software, 144*, 105136.

Aijaz, N., Lan, H., Raza, T., Yaqub, M., Iqbal, R., & Pathan, M. S. (2025). Artificial intelligence in agriculture: Advancing crop productivity and sustainability. *Journal of Agriculture and Food Research*, 101762.

Ali, Z., Muhammad, A., Lee, N., Waqar, M., & Lee, S. W. (2025). Artificial intelligence for sustainable agriculture: A comprehensive review of AI-driven technologies in crop production. *Sustainability, 17*(5), 2281.

Assimakopoulos, F., Vassilakis, C., Margaris, D., Kotis, K., & Spiliotopoulos, D. (2024). Artificial intelligence tools for the agriculture value chain: Status and prospects. *Electronics, 13*(22), 4362.

Bahar, N. H., Lo, M., Sanjaya, M., Van Vianen, J., Alexander, P., Ickowitz, A., & Sunderland, T. (2020). Meeting the food security challenge for nine billion people in 2050: What impact on forests? *Global Environmental Change, 62*, 102056.

Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision agriculture and sustainability. *Precision Agriculture, 5*(4), 359–387.

Chen, H. Y., Sharma, K., Sharma, C., & Sharma, S. (2023). Integrating explainable artificial intelligence and blockchain to smart agriculture. *Smart Agricultural Technology, 6*, 100350.

Cisternas, I., Velásquez, I., Caro, A., & Rodríguez, A. (2020). Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture, 176*, 105626.

Clapp, J., & Ruder, S. L. (2020). Precision technologies for agriculture: Digital farming, gene-edited crops, and the politics of sustainability. *Global Environmental Politics, 20*(3), 49–69.

Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture, 12*(10), 1745.

Duckett, T., Pearson, S., Blackmore, S., & Grieve, B. (2018). Agricultural robotics: The future of robotic agriculture. *arXiv preprint*, arXiv:1806.06762.

Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture. *IEEE Internet of Things Journal, 5*(5), 3758–3773.

European Commission. (2020). *A farm to fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system*.

FAO. (2017). *Information and communication technology (ICT) in agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2019). *Digital technologies in agriculture and rural areas: Status report*.

Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision farming at the nexus of agricultural production and the

environment. *Annual Review of Resource Economics, 11*(1), 313–335.

Fountas, S., Sorensen, C. G., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Liakos, V., & Gemtos, T. (2020). Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture, 170*, 105252.

Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of precision agriculture technologies for sustainable crop production. *The Scientific World Journal*, 2126734.

Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture, 147*, 70–90.

Kang, S., Hu, Z., Liu, L., Zhang, K., & Cao, Z. (2025). Object detection YOLO algorithms and their industrial applications. *Electronics, 14*(6), 1104.

Karunathilake, E. M. B. M., Le, A. T., Heo, S., Chung, Y. S., & Mansour, H. (2023). The role of digital agriculture in achieving sustainable food systems. *Sustainability, 15*(3), 1987.

Khaki, S., & Wang, L. (2019). Crop yield prediction using deep neural networks. *Frontiers in Plant Science, 10*, 621.

Kumar, L., Chhogyel, N., Gopalakrishnan, T., et al. (2022). Climate change and future of agri-food production. In *Future Foods* (pp. 49–79). Academic Press.

Lee, J. (2018). Smart farming: Technologies, challenges and future perspectives. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11*(6), 1–14.

Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture, 147*, 70–90.

Mana, A. A., Allouhi, A., Hamrani, A., Rehman, S., & Jayachandran, K. (2024). Sustainable AI-based production agriculture. *Smart Agricultural Technology, 7*, 100416.

Muhammed, D., Ahvar, E., Ahvar, S., Trocan, M., Montpetit, M. J., & Ehsani, R. (2024). Artificial intelligence of things (AIoT) for smart agriculture. *Journal of Network and Computer Applications*, 103905.

Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture. *Biosystems Engineering, 114*(4), 358–371.

OECD. (2021). *Digital opportunities for better agricultural policies*. OECD Publishing.

Omia, E., Bae, H., Park, E., Kim, M. S., Baek, I., Kabenge, I., & Cho, B. K. (2023). Remote sensing in field crop monitoring. *Remote Sensing, 15*(2), 354.

Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research, 14*, 100776.

Raji, E., Ijomah, T. I., & Eyieyien, O. G. (2024). Improving agricultural practices through extension services. *International Journal of Applied Research in Social Sciences, 6*(7), 1297–1309.

Saiz-Rubio, V., & Rovira-Màs, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0. *Agronomy, 10*(2), 207.

Shalalfeh, L., & Al-Debei, M. M. (2023). AI-powered smart farming: A systematic literature review. *AI, 4*(2), 392–414.

Sharma, H., Sidhu, H., & Bhowmik, A. (2025). Remote sensing using UAVs for water stress detection. *Drones, 9*(4), 241.

Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Artificial intelligence in agriculture for irrigation optimization. *Artificial Intelligence in Agriculture, 4*, 58–73.

Tudi, M., Ruan, H. D., Wang, L., et al. (2021). Agriculture development and pesticide impact. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(3), 1112.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems, 153*, 69–80.

You, J., Li, X., Low, M., Lobell, D., & Ermon, S. (2017). Deep Gaussian process for crop yield prediction. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 4559–4565.