



# MENTOR

AKADEMİK SANAT VE TASARIM DERGİSİ  
ACADEMIC ART & DESIGN JOURNAL  
e-ISSN: 3062-3022, <https://mentorakademik.com>  
Mentor, Cilt:2, Sayı:1, 176-186, 2026  
DOI: 10.64293/mentor.v2i4.45



## ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

### TARIMDA YAPAY ZEKÂ VE AKILLI TARIM: SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE AFIŞ TASARIMLARI

Eda SEZERER ALBAYRAK<sup>1</sup>  
Büşra MADEN<sup>2</sup>  
Çağrı GÜMÜŞ<sup>3</sup>

#### Öz

Sürdürülebilir tarımın temel bileşenlerinden biri olan akıllı tarım, doğal kaynakların korunması, verimliliğin artırılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi konularında önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zekâ; toprak sağlığını izleme, mahsul verimini tahmin etme, zararlıları kontrol etme, su ve gübre kullanımını optimize etme gibi uygulamalarla tarımda karar alma süreçlerini iyileştirmektedir. Ayrıca, bu teknolojiler; otonom traktörler, tarım robotları, drone'lar ve nesnelerin interneti sistemleriyle bir araya gelerek verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Bu çalışmada, yapay zekânın tarım sektöründe sürdürülebilirlik sağlama ve karşılaşılan zorluklara yönelik yenilikçi çözümler sunma potansiyeli ele alınmaktadır. Bu kapsamda, tarım sektöründe yapay zekâ uygulamaları ve bu uygulamaların gelecekte sürdürülebilir kalkınmaya katkıları incelenmektedir. Son olarak tarımda kullanılan yapay zekâ ve dijital teknolojileri yansıtan seri afişler hazırlanmış ve bu afişler hem içerik hem de tasarım yönünden açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Tarım, Yapay Zekâ, Sürdürülebilirlik, Dijital Dönüşüm

### ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE AND SMART AGRICULTURE: POSTER DESIGNS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION FOR SUSTAINABILITY

#### Abstract

One of the fundamental components of sustainable agriculture, smart farming plays a significant role in preserving natural resources, increasing productivity, and minimizing environmental impacts. Artificial intelligence improves decision-making processes in agriculture through applications such as monitoring soil health, predicting crop yields, controlling pests, and optimizing the use of water and fertilizers. Furthermore, these technologies, combined with autonomous tractors, agricultural robots, drones, and the Internet of Things (IoT) systems, provide efficiency and cost savings. This study examines the potential of artificial intelligence to ensure sustainability in the agricultural sector and provide innovative solutions to the challenges encountered. In this context, artificial intelligence applications in agriculture and their future contributions to sustainable development are explored. Finally, a series of posters reflecting artificial intelligence and digital technologies used in agriculture were designed, and these posters were explained in terms of both content and design.

**Keywords:** Smart Agriculture, Artificial Intelligence, Sustainability, Digital Transformation

<sup>1</sup> Doç. Dr., KTO Karatay Üniversitesi, [eda.albayrak@karatay.edu.tr](mailto:eda.albayrak@karatay.edu.tr), ORCID: 0000-0002-2195-0772

<sup>2</sup> YL Öğrencisi, KTO Karatay Üniversitesi, [busra.maden@karatay.edu.tr](mailto:busra.maden@karatay.edu.tr), ORCID: 0009-0009-3243-7163

<sup>3</sup> Prof. Dr., KTO Karatay Üniversitesi, [cagri.gumus@karatay.edu.tr](mailto:cagri.gumus@karatay.edu.tr), ORCID: 0000-0001-5901-9708

**Başvuru/Received:** 06/01/2026 **Kabul/Acceptance:** 28/02/2026 **Yayın/Publish:** 03/03/2026



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

## **Giriş**

Günümüzde ülkelerin küresel hedeflerinden biri, sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda çevresel, ekonomik ve sosyal dengelerin korunmasıdır. Tarım sektörü, dünya nüfusunun hızla artması, doğal kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliği gibi kritik sorunlar karşısında bu hedefin merkezinde yer almaktadır. Gıda güvenliğini sağlamak ve çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla tarımda sürdürülebilir uygulamalar geliştirmek oldukça önemli bir konu olarak görülmektedir.

Bu bağlamda, akıllı tarım teknolojileri, tarımsal üretimde verimliliği artırırken çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltmaya yönelik etkili çözümler sunmaktadır. Akıllı tarım; nesnelerin interneti, büyük veri analitiği ve yapay zekâ gibi ileri teknolojilerden yararlanarak kaynakların daha etkin kullanılmasını ve tarımsal süreçlerin optimize edilmesini sağlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde üreticiler toprak sağlığı, bitki beslenmesi, su yönetimi ve zararlı unsurların kontrolü gibi konularda daha bilinçli kararlar alabilmekte ve üretim süreçlerini daha sürdürülebilir bir şekilde yönetebilmektedir.

Yapay zekâ, tarım sektöründe önemli bir dönüşüm gerçekleştirme potansiyeline sahip olarak görülmektedir. Gerçek zamanlı veri işleme, modelleme ve simülasyon teknikleri sayesinde yapay zekâ, tarımsal üretimin her aşamasında önemli katkılar sağlamaktadır. Mahsul verimliliği tahminlerinden otomasyon sistemlerine, otonom traktörlerden tarımsal robotlara kadar birçok dijital uygulamaların olduğu bu teknoloji hem ekonomik kazanç hem de çevresel sürdürülebilirlik noktasında büyük faydalar sunmaktadır.

Bu çalışma, sürdürülebilir tarımın gerekliliklerini, akıllı tarım uygulamalarının önemini ve yapay zekânın bu süreçteki rolünü kapsamlı bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma, tarımda yapay zekâ uygulamalarının teknik gelişimini veya mühendislik boyutunu tartışmayı değil; söz konusu teknolojilerin görsel iletişim tasarımı aracılığıyla nasıl temsil edilebileceğini ve bu yolla toplumsal farkındalık oluşturma potansiyelini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın özgün katkısı, tarım teknolojilerini teknik bir yenilik alanı olarak ele almak yerine, grafik tasarım ve görsel anlatım bağlamında değerlendirilmesidir. Hızla gelişen dijital teknolojilerin tarımdaki etkilerini inceleyerek, gelecekte sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma yolunda nasıl bir rol oynayabileceğini tartışmaktadır. Çalışma kapsamında tarımda yapay zekâyı gösteren seri afiş çalışmalarına yer verilecektir.

## **1. Sürdürülebilirlik ve Akıllı Tarım**

Tarımsal üretim, dünyanın en eski ve en önemli sektörlerinden biridir. Dünya nüfusu hızla artmakta ve bu da gıda ve istihdam talebini artırmaktadır. Üreticilerin kullandığı geleneksel yöntemler bu gereksinimleri karşılamada yetersiz kalırken aynı zamanda dünya çapında milyarlarca insana istihdam olanağı sağladığı için gıda gereksinimlerini karşılamak için yeni otomatik yöntemler tanıtılmaktadır. Üreticiler işgücü sıkıntısı, daha sıkı mevzuat, artan küresel nüfus ve azalan üretici sayısı nedeniyle yeni çözümler aramaya zorlanmaktadır. Günümüzde nesnelerin interneti, büyük veri ve analitik, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi teknolojiler hemen hemen bütün sektörlerde kullanılmaktadır.

Tarımsal üretimin öncelikli hedefi ekonomik, sürdürülebilir ve verimli bir üretimin sağlanmasıdır. Bu doğrultuda, tarımda verimliliğin ve ürün kalitesinin sağlanması, en az düzeyde girdi kullanımı, gıda güvenliği, doğal kaynakların korunması gibi çeşitli konularda dijital teknolojiler kullanılarak süreçler kolaylaştırılmakta ve sorunlara alternatif çözümler sunulmaktadır. Günümüzde bilgi teknolojilerinde görülen hızlı gelişim sonucu akıllı makineler ve makineleri kontrol eden dijital üretim sistemleri tarımda geleneksel üretim yöntemlerinin yerine kullanılmaya başlamıştır. Tarımsal üretimde kullanılan yapay zekâ uygulamaları ile gerçek zamanlı ve otomatik çalışan uzman sistemler, otonom traktör ve tarım makinaları ve robotik tarımsal uygulamaları ortaya çıkmıştır (Özgüven, 2023).

Sürdürülebilir olarak kabul edilen tarım, üretimde uzun vadeli uygulanabilirlik ve ekolojik uyumluluk ile karakterize edilmektedir. Sürdürülebilir tarım, insanların ve doğal kaynakların uzun vadeli hayatta kalması için faydalı olan teknikleri ve yöntemleri desteklemektedir. Sürdürülebilir tarım; toprağın

kalitesini korumakta, toprağın bozulma hızını yavaşlatmakta, su kaynaklarını korumakta, arazinin biyolojik çeşitliliğini artırmakta ve sağlıklı ve doğal bir atmosfer sunmaktadır. Sürdürülebilir tarım uygulaması, doğal kaynakların korunmasında, biyolojik çeşitliliğin kaybının yavaşlatılmasında ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasında hayati bir rol oynamaktadır.

Günümüzde akıllı tarım, sürdürülebilir tarımın önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Geleneksel olarak, herhangi bir ürünü yetiştirmek için çok büyük miktarda zaman, para ve emek harcanırken ürünlerin işlenmesi, taşınması ve pazarlanması ve bunlarla ilişkili diğer tüm lojistik süreçler de önemli bir maliyet oluşturmaktadır. Akıllı tarım teknolojileri, bu süreçleri etkin yöneterek ve maliyetleri azaltarak önemli bir avantaj sunmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma, iklim değişikliği, çevre ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği son yıllarda küresel bir gündem haline gelmiştir (Wuisan & Handra, 2023). Gıda güvenliğini ve küresel ekonomiyi destekleyen önemli bir sektör olan tarım, sürdürülebilirliğe ulaşmada zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır (Manongga vd., 2022). Bu zorluklar arasında toprak verimliliğinin artırılması, kaynakların verimli kullanımı ve sera gazı emisyonları ve toprak bozulması gibi olumsuz çevresel etkilerin azaltılması yer almaktadır (Kurniawan & Santoso, 2020). Aynı şekilde etkili atık yönetimi de önemlidir. Çünkü uygunsuz şekilde yönetilen atıklar çevre kirliliğine, halk sağlığı sorunlarına ve geri dönüştürülebilir kaynakların kaybına neden olabilmektedir (Solano vd., 2024).

Yapay zekâ, sürdürülebilir tarım ve atık yönetimindeki zorlukların üstesinden gelmek için yenilikçi çözümler sunmaktadır. Tarımda yapay zekâ, toprak ve mahsul koşullarını gerçek zamanlı olarak izlemek, mahsul verimlerini tahmin etmek ve su ve gübre kullanımını optimize etmek için kullanılabilir (Javaid vd., 2023). Bu teknoloji, çiftçilerin daha iyi kararlar almasına ve üretim verimliliğini artırmasına yardımcı olmaktadır (Koshariya vd., 2023). Atık yönetiminde, yapay zekâ geri dönüşüm süreçlerini otomatikleştirmek, atık hacimlerini tahmin etmek ve atık taşıma rotalarını optimize etmek için kullanılabilir (Bist vd., 2022). Yapay zekânın bu sistemlere entegrasyonu verimliliği artırabilmekte, maliyetleri düşürebilmekte ve çevresel etkileri azaltabilmektedir (Lutfiani & Meria, 2022).

Teknolojik değişim, bilimsel ve ekonomik atılımların temel bir bileşenidir ve sürdürülebilirliğe yönelik küresel çabaları önemli ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir (McClure vd., 2017). İnsan faaliyetleri doğayı ve iklim sistemini giderek daha fazla şekillendirdikçe, yapay zekanın, robotik ve nesnelerin interneti gibi ilişkili teknolojilerin, toplumların iklim ve çevresel değişikliği tespit etme, uyum sağlama ve bunlara yanıt verme kapasitelerini artırabileceği umudu da artmaktadır (Vinueza vd., 2020). Çok sayıda çalışma, yapay zekâ ve otomasyon uygulamalarının iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybının ele alınmasına, doğal kaynakların daha etkili bir şekilde izlenmesine ve kullanımına katkıda bulunmasına ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma yolunda daha fazla ilerlemeye katkı sağlayabileceğini vurgulamaktadır (Khakurel vd., 2018).

Çevresel sorunlar son dönemlerde sürdürülebilirlik farkındalığı ile birlikte yapay zekâ gibi yeni teknolojilere olan ilgi de artış göstermiştir. 21. yüzyılın çevresel zorluklarıyla mücadele ederken yapay zekâ çok sayıda sürdürülebilirlik sorununu çözmek için önemli ve belirgin bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmıştır. Yapay zekâ, modern çağda insan zekâsının sınırlarını zorlayarak, yapay beyinlere sahip akıllı makinelerin insan beyinleriyle iletişim kurduğu yeni bir gerçeklik oluşturmuştur (Duan vd. 2019). Yeni çevresel zorluklarla karşı karşıya kaldıkça, yapay zekâ, doğayı gelecek nesiller için korumamıza yardımcı olacak sürdürülebilir çözümler geliştirmek için olmazsa olmaz bir araç haline gelmiştir.

Günümüzde çevresel sürdürülebilirliği yönetmek karmaşık ve zorlu bir durum olarak görülmektedir. Ancak, yapay zekânın entegrasyonu, bu sorunların çoğu insan kaynakları kullanılarak verimli bir şekilde çözülebilmektedir. Birleşmiş Milletler'in Geleceğimizi Paylaşmak adlı makalesinde, diğer adıyla Brundtland raporunda sürdürülebilir kalkınma olarak tanımlanan sürdürülebilirlik, "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılayan bir program" olarak tanımlanmaktadır. İnsan çıkarlarının ekosistemlerin sağlığını tehlikeye atmamasını

sağlamak için sürdürülebilirlik, gelecek nesillere ihtiyaç duyacakları ürün ve hizmetleri sağlamak için bir strateji olarak da tanımlanabilmektedir (Huseynova vd., 2023).

Yapay zekâ, içinde bulunduğumuz dönemde hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Hesaplama yeteneklerindeki ilerlemeler ve bulut penetrasyonunun artmasıyla, dünya ekonomisini oluşturan tüm sektörlerde yapay zekâdan daha çok faydalanılmaya başlanmıştır. Tarım sektörü de yapay zekâdan faydalanan üretim alanlarından birisi olmuştur. Zararlı ot kontrolü, mahsulleri hasat etmek için en iyi zamanın hesaplanması, toprak ve mahsul sağlığının izlenmesi veya verimi önceden tahmin etmek gibi birçok amaçla tarımda yapay zekâ kullanımı artış göstermeye başlamıştır. Yapay zekâ teknolojileri son yıllarda çeşitli sektörlerde sık kullanılırken tarımsal karar almayı iyileştirmek için kullanılabileceği ancak yakın zamanda yaygın hale gelmiştir (Zidan & Febriyanti, 2024). Tarımsal üretim yapanlar yapay zekâ teknolojisi sayesinde daha iyi kararlar alabilmekte ve bu da tarım ve hayvancılık üretiminde verimliliğin artmasını sağlamaktadır. Çeşitli faktörler, tarım sektörünün daha iyi karar alma için yapay zekâ teknolojisini benimseme isteğine katkıda bulunmaktadır. Mevcut verilerdeki yadsınamaz artış ve bunlara erişimin kolaylığı da bu noktada ön plandadır.

Tarımda yapay zekâ ve makine öğrenimine dayalı gözetim sistemleri, mahsulleri izlemek, zararlıları tespit etmek ve toprak hatalarını teşhis etmek için içgörüler sağlayarak üreticilerin en yüksek verim için en uygun zamanda tohum ekmelerine olanak tanımaktadır. Yabancı otlar birçok tarımsal faaliyeti tehdit etmekte, tarımsal üretimi düşürmektedir. Yapay zekâ sensörleri, yabancı otlarla dolu alanları tespit edebilmekte ve o konumda kullanılacak en iyi yöntemleri belirleyebilmektedir. Yapay zekâ sistemleri hava modellerini tahmin edebilmekte, mahsul sağlığını değerlendirerek hastalıkları, zararlıları veya yetersiz bitki beslenmesini tespit edebilmektedir. Üreticiler, yapay zekâ destekli dronları kullanarak mahsullerinin sağlığını izleyebilmektedir. Artan sayıda üretici artık en çok zaman alan ve fiziksel olarak zorlayıcı üretim görevlerini yerine getirmek için tarım robotlarını kullanmaktadır. Bu robotlar, çalışanların emeğinden tasarruf etmelerine ve iş yükünü azaltmalarına yardımcı olabilmektedir (Choi vd., 2022).

Yapay zekâ, çevresel sürdürülebilirlik arayışına katkı sağlayabilecek güçlü bir araç haline gelmiştir. Yapay zekâ, insan faaliyetlerinin doğal çevreyi nasıl etkilediği hakkında daha fazla bilgi edinmeye ve gelecek nesiller için dünyayı korumak için uzun vadeli çözümler bulunmasına katkı sağlamaktadır. Nitekim çevresel sürdürülebilirliği yönetmek, yeni ve acil çevresel endişeler karşısında giderek daha önemli hale gelen yapay zekanın kullanılmasını gerektirmektedir.

İklim değişikliği, küresel ısınma ve nüfus artışıyla birlikte tarımsal sorunlar büyümüş ve klasik tarımla ürün sürdürülebilirliği risk altına girmiştir. Bu nedenle tarımda dijitalleşmeye doğru bir yönelim başlamış ve üreticilere tarımı daha sürdürülebilir hale getirmek için kritik avantajlar sağlayan etkili bir yaklaşım haline gelmiştir. Tarımda dijitalleşmenin temel amacı, bilgi ve veri teknolojilerini uygulayarak karmaşık tarım sistemlerini optimize etmektir. Akıllı tarımın temeli nesnelerin interneti teknolojileridir. Ancak akıllı tarımın odak noktası, sıcaklık ve nem gibi verilere gerçek zamanlı olarak erişmek ve toplanan verileri yararlı bir şekilde işlemektir. Farklı sensörler kullanılarak toplanan verilerin makine öğrenmesiyle işlenmesi, toplanan bilgileri anlamlı ve kullanılabilir hale getirmektedir.

Pakdemirli ve arkadaşları (2021), Türkiye'nin dünyanın ilk on tarım ekonomisi arasında yer aldığını ve Avrupa'nın en büyük tarım üreticisi olduğunu belirtmektedir. Sahip olunan tarım alanı, nispeten genç nüfusu ve Orta Doğu, Avrupa ve Orta Asya gibi pazarlara yakınlığının önemli bir potansiyele sahip olduğu ifade edilmektedir. Tarımsal potansiyelden maksimum düzeyde yararlanabilmek için tarım sektöründe dijitalleşmenin yaygınlaştırılması ve desteklenmesinin son derece önemli olduğu vurgulanmaktadır. Tarımda verimliliği artırmak, küçük üreticileri desteklemek ve araziye, teknolojiye ve pazarlara eşit erişimlerini destekleyen sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmek için altyapı ve teknolojiye yatırım yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Şahin (2022), gelecekte gıda, temiz su ve yenilenebilir enerjinin en önemli üç stratejik kaynak olarak ortaya çıkacağını, sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı sağlamak için bu kaynakların daha verimli kullanılmasının bir zorunluluk olduğunu belirtmiştir. Verimliliği artırmak için geleneksel tarım ve enerji

yaklaşımlarından vazgeçilmesi, dijital ve akıllı teknolojilerin hızla geliştirilerek üreticilerin hizmetine sunulması, tarımsal dijital dönüşümün gerçekleştirilerek akıllı tarım teknolojilerinin geliştirilmesi gerektiğini savunmuştur. Tarım makineleri ve robotların iletişimi, büyük veri, yapay zekâ, insansız hava araçları (İHA), insansız kara araçları ve robotik gibi yeni teknolojilerin tarımsal süreçleri daha verimli hale getireceği belirtilmiştir. Araştırmaya göre; Türkiye'nin tarımsal ihtiyaçları göz önünde bulundurularak tarımsal mekanizasyonda ihtiyaç duyulan dijital teknolojilerin belirlenmesi ve gereksiz teknoloji ithalatının önüne geçilerek milli gelir kaybının önüne geçilmesi gerekmektedir.

Lezoche ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan incelemeler ve analizler, yeni teknolojilerin entegrasyonunun akıllı tarımın su tasarrufu, toprak tasarrufu, karbon emisyonlarını sınırlama ve üretkenliği artırma gibi temel çiftçilik hedeflerine ulaşmasını sağladığını açıkça ortaya koymaktadır. Tarımın geleceğinin dayanıklı ve sürdürülebilir bir üretim sistemi yaratmakta yattığını belirtmişlerdir. Yeni teknolojilerin belirsizliği azaltmada büyük bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Çünkü gerçek zamanlı olarak kesin verilerin elde edilmesi ve gerçek zamanlı bilgi araçları üreticilere tedarik zincirindeki değişen koşullara daha hızlı tepki vermeleri için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Quy ve arkadaşları (2022) çalışmalarında akıllı tarım sektörü için nesnelerin interneti ve büyük veriye genel bir bakış sunmaktadır. Tarımda nesnelerin interneti ve büyük verinin uygulanmasının faydaları analiz edilerek akıllı tarımda üstesinden gelinmesi gereken zorluklara da işaret edilmektedir. Araştırmaya göre akıllı tarım için nesnelerin interneti çözümlerinin uygulanması kaçınılmazdır ve üretkenliği artıracak, temiz ve yeşil gıdalar sağlayacak, gıda izlenebilirliğini destekleyecek, insan emeğini azaltacak ve üretim verimliliğini artıracaktır.

Şahin (2024) tarafından yapılan çalışmada, yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojilerinin tarımsal faaliyetlerde kullanılan sulama sistemlerinde uygulanması hakkında araştırmalar yapmıştır. Günümüzde iklim değişiklikleri gibi nedenlerle su kaynaklarının azalmakta ve ilerleyen yıllarda durumun daha kötüye gideceği tahmin edilmektedir. Tarımsal üretimde akıllı sulama sistemleri aracılığıyla hem su kaynaklarından tasarruf edilecek hem de daha çok verim elde edilecektir. Toprak, akıllı sensörler ile kontrol edilmekte, alınan veriler yapay zekâ ile değerlendirilerek toprağın ihtiyacı olan su miktarı belirlenmektedir.

Balyan ve arkadaşları (2024) yaptıkları çalışmalarında, tarımın insan hayatının devam etmesinde temel unsurlardan olduğundan bahsederek bunun sebebinin hayatta kalmak için gerekli kaynakların sağlanmasında katkısının büyük olduğu vurgulanmıştır. Tarım sektöründe küresel ısınmanın etkisi ve çevresel faktörlerdeki zorluklar her geçen gün artmaktadır. Bunların yanı sıra nüfus artma eğiliminde olsa bile tarımla uğraşan nüfus oranı azalmaktadır. Bu etkenler göz önüne alındığında tarımda az kaynak ile çok verim alma gerekliliği sebebi ile akıllı tarıma olan ihtiyaçta artmaktadır. Yakın geçmişten itibaren her geçen gün gelişmekte olan akıllı tarım alanında, uzaktan kontrol edilebilen sensörler, İHA'lar ve robotik sistemlerin kullanıldığı tarım uygulamalarının kullanımı artarken bu teknolojiler tarımsal üretimle uğraşan kişilere oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bu kapsamda toplanan verilerin artmasıyla da büyük veri, veri analitiği, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerle insan hayatındaki önemini artırmaktadır.

Tarım alanında yeni dijital teknolojilerin yükselişiyle birlikte, uzaktan sensörler, uydular, İHA'lar gibi teknolojiler vasıtasıyla farklı amaçlarla toplanan veri miktarında oldukça fazla bir büyüme yaşanmıştır (Sarkar vd., 2022). Bu farklı amaçlar esas olarak toprak durumu, bitki sağlığı, nem, sıcaklık gibi unsurların izlenmesi gibi süreçleri içermektedir. Toplanan oldukça büyük miktardaki veri, üretim süreçlerinde etkili kullanılabilirse verimli bir şekilde hizmet edebilmektedir. Bu nedenle, bunlardan anlam çıkarmak için, bu veriler çeşitli yapay zekâ algoritmaları ile yorumlanmaktadır.

Literatürde tarımda yapay zekâ ve sürdürülebilirlik ilişkisi çoğunlukla teknik, uygulamalı ve verimlilik odaklı çalışmalar üzerinden ele alınmaktadır. Buna karşın, bu teknolojilerin görsel iletişim yoluyla nasıl temsil edildiğine ve toplumsal farkındalık oluşturma sürecindeki rolüne sınırlı ölçüde yer verildiği görülmektedir. Oysa afiş, infografik ve benzeri görsel iletişim ürünleri, karmaşık teknolojik kavramların geniş kitleler tarafından anlaşılmasını kolaylaştıran önemli araçlardır. Bu çalışma, söz konusu

literatürdeki bu boşluktan hareketle, tarımda yapay zekâ uygulamalarını grafik tasarım perspektifiyle görünür kılmayı amaçlamaktadır.

## **2. Tarımda Yapay Zekâ Uygulamaları**

### **2.1. Otonom Traktörler**

Son birkaç yılda otonom araçların geliştirilmesine yapılan büyük yatırımlarla tarım sektörü sürücüsüz traktör, biçerdöver ve diğer makinelerin sayısında ciddi bir artış görülmektedir (Buttar vd., 2008). Bu kendi kendine giden veya sürücüsüz traktörler, genel olarak çeşitli görevleri yerine getirmek için farklı yapay zekâ algoritmalarıyla programlanmıştır. Bunlardan bazıları tarlalara sürme pozisyonlarını algılama gibi uygulamaları içermektedir.

### **2.2. Robot Teknolojileri**

Yapay zekâ, tarımsal üretim alanında birden fazla görevi kolayca gerçekleştirebilen robotlar geliştirmektedir. Son dönemlerde çoğu yapay zekâ şirketi, bir dizi farklı çiftçilik uygulaması için birçok görevi otomatikleştirebilen robotlar geliştirmektedir. Bu görevlerden bazıları esas olarak ürün kalitesi kontrolü, istenmeyen bitkilerin tespiti gibi görevleri kapsamaktadır.

Tarım robotları, tarımsal üretimde aynı anda bir dizi görevi gerçekleştirerek insanlar tarafından gerçekleştirilen iş ihtiyacını azaltmakta ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. İnsanları kullanmaktan daha etkili bir şekilde tarımsal izleme ve hasada yardımcı olmaktadır. Mahsulün kalitesini korurken aynı zamanda yabancı otların yayılmasını önlemek için yapay zekâ konusunda eğitim almışlardır. Bu cihazlar, ürünü kaliteye göre eleyip geleneksel prosedürlerden çok daha hızlı bir şekilde paketleyebilmektedir (Zhang vd., 2022). Tarımda yapay zekânın kullanımı, üretimde verimi artırma ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirme hedefleri konusunda yardımcı olmaktadır.

### **2.3. İnsansız Hava Araçları (İHA)**

Hem karada hem de havada çalışabilen insansız hava araçları (İHA), mahsul sağlığının değerlendirilmesinde, istilaların izlenmesinde ve toprağın daha verimli bir şekilde incelenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, gerçek zamanlı saha verilerinin toplanması, tohumların ekilmesi ve sulama sistemlerinin yönetimi için de kullanılabilir. Elde edilen bilgiler, üretim tahminleri yapmak, besin seviyelerini değerlendirmek ve dış etkileri haritalamak için değerlendirilmektedir.

### **2.4. Zararlı İstila Kontrolü**

Çekirge, akasya gibi zararlılar genellikle çiftçilerin en kötü düşmanları olarak kabul edilmektedir. Hasat edilip insan tüketimi için depolanmadan önce ürünlere küresel olarak zarar vermektedirler. Bununla başa çıkmak için, bazı yapay zekâ firmaları üreticilerin akıllı telefonlarda uyarıda bulunmasına yardımcı olan ve bu zararlıların belirli tarım arazilerine veya ekin tarlalarına yönelme olasılığını anlatan bir sistem geliştirmiştir.

### **2.5. Mahsulleri ve Toprak Sağlığını İzleme**

Hızlı ormansızlaşma ve toprak kalitesinin bozulması son yılların önemli bir sorunudur. Bununla başa çıkmak için, Almanya merkezli bir teknoloji girişimi yakın zamanda topraktaki besin eksikliklerini ve potansiyel kusurları, zararlıların ve bitki hastalıklarının varlığını belirlemeye yardımcı olabilecek derin öğrenme tabanlı bir görüntü tanıma teknolojisi uygulaması geliştirmiştir (Jha vd., 2021) Benzer şekilde,

Trace Genomic adlı bir başka makine öğrenme tabanlı şirket, üreticilerin buna göre başa çıkabilmeleri için toprak analizi hizmetleri sağlamaktadır.

Termal sensörlerle donatılmış robotlar ve insansız hava araçları, mahsul ve toprağın durumunun sürekli değerlendirmelerini yapmak için kullanılmaktadır. Bu, gübre püskürtme ve kontrollü sulama uygulamasını kolaylaştırmaktadır. Sensörler, mahsullerin yüksek besin değerine sahip olduğundan emin olmak için topraktaki çeşitli biyomların seviyelerini analiz etmektedir. Ayrıca, en karlı mahsulleri seçmek için yapay zekâ, toprağın özelliklerini analiz etmektedir.

## **2.6. Gelecekteki Hasatları ve Fiyatları Tahmin**

Çiftçiler, ürünlerinin verimini tahmin ederken yapay zekâ, makine öğrenimi ve büyük veri gibi çeşitli yeni teknolojiler kullanmaktadır. Hasat zamanı geldiğinde, fiyat dalgalanmalarını analiz etmek için geçmiş verilere bakarak fiyat tahminleri yapmak önemlidir. Çiftlik haritalaması, hektar başına verimi yüksek bir doğruluk derecesiyle hesaplamayı mümkün kılmaktadır. Çiftçiler bir sonuca varmak için yağış miktarı, kullanılan pestisitlerin türü ve sayısı, sıcaklık ve diğer meteorolojik koşullar gibi çok çeşitli kriterleri hesaba katmaktadır.

## **3. Tarımda Yapay Zekâ Uygulamasının Avantajları**

Tarım sektöründe yapay zekâ; su yönetimi, zamanında ve optimum hasat, zararlı saldırıları, besin yönetimi ve ürün rotasyonu ile ilgili bir dizi talimat aracılığıyla kontrollü ve verimli çiftçilik uygulamalarının yapılmasında birçok farklı temel rol oynamaktadır. Ayrıca, zararlıların veya bitki hastalıklarının varlığı ile birlikte zayıf bitki beslenmesi, ürün sürdürülebilirliğinin analizi ve hava koşullarının tahmini için kullanılmaktadır. Bunun dışında yapay zekâ, üreticilerin daha kaliteli ürün elde etmek için tarım ekipmanlarına veya makinelerine otomasyon ağlamasına katkı sunmaktadır (Ryan vd., 2023). Çiftçilerin, yağış, sıcaklık, rüzgâr hızı ve güneş radyasyonu gibi parametreleri içeren tarım arazileri için önemli veri içgörülerini anlamalarını sağlamaktadır. Yapay zekânın tarım sektöründe kullanımı, günümüz çiftçilerine birçok yönden yardımcı olmaktadır. Daha iyi bir sonuç elde etmek için, tüm bu veri noktalarının tarihsel değeri genellikle yapay zekâ algoritmaları aracılığıyla analiz için dikkate alınmaktadır. Yapay zekâ; mahsulleri ekmenin, üretmenin, hasat etmenin ve pazara satmanın verimli bir yolunu bulmaya yardımcı olmaktadır.

Jagdale (2022), çalışmasında nesnelerin interneti ve yapay zekânın en çok tercih edilen dijital dönüşüm teknolojileri arasında olduğunu belirtmektedir. Sensörler ortam verilerini toplamakta ve yapay zekâ algoritmaları bunu analiz ederek cihazların akıllıca hareket etmesini sağlamaktadır. Bu tür teknolojiler yağış, sıcaklık, nem, gübre ihtiyaçları, su tüketimi gibi meteorolojik koşulların tahminini kolaylaştırmaktadır. Yapay zekâ teknolojisi tarımsal üretkenliği artırmakta ve tarımdaki atığı azaltmaktadır.

Alam ve Khan'ın (2022) araştırmasında, dünya nüfus artışı karşısında gıdaya ulaşım ve üretimin en büyük zorluk olduğunu vurgulanmaktadır. Gıda kıtlığının çeşitli nedenleri bulunmakta ve bunları çözmek için tarımsal ilerlemelere ihtiyaç görülmektedir. Bu bağlamda dijital iletişim teknolojileri sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sunacaktır. Mobil geniş bant erişim cihazları, nesnelerin interneti, özel dronlar, robotlar, büyük veri analitiği ve yapay zekâ, çiftçilere üretkenliği ve pazarlarını artırma araçları sunmaktadır. Akıllı tarım teknolojileri, tarımın sürdürülebilir bir şekilde gelişmesine katkı sağlamak ve üretimde verimliliği artırmaktadır.

#### 4. Yöntem

Bu çalışma, tarımda yapay zekâ ve akıllı tarım uygulamalarının sürdürülebilirlik bağlamında ele alınmasını ve bu kavramların görsel iletişim tasarımı aracılığıyla nasıl temsil edilebileceğini ortaya koymayı amaçlayan nitel bir araştırma niteliği taşımaktadır. Araştırma, kuramsal inceleme ile uygulamaya dayalı tasarım sürecini bütünleştiren betimsel ve tasarım temelli araştırma yaklaşımı çerçevesinde yapılandırılmıştır. Bu yöntem, ele alınan kavramların yalnızca kuramsal düzeyde tartışılmasını değil, aynı zamanda görsel üretim yoluyla somutlaştırılmasını mümkün kılmaktadır.

Araştırmanın ilk aşamasında, tarımda yapay zekâ, akıllı tarım, sürdürülebilirlik ve dijital dönüşüm kavramlarına ilişkin kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ulusal ve uluslararası düzeyde yayımlanmış akademik makaleler, kitap bölümleri ve bilimsel raporlar incelenmiş; elde edilen veriler doğrultusunda çalışmanın kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur. Literatür taraması, çalışmanın teorik altyapısını güçlendirmiş ve tasarım sürecine yön veren temel kavramların ve temaların belirlenmesini sağlamıştır.

Araştırmanın ikinci aşamasında, literatürden elde edilen bulgular temel alınarak tarımda yapay zekâ ve akıllı tarım uygulamalarını konu edinen seri afiş tasarımları üretilmiştir. Tasarım süreci, sürdürülebilirlik, doğa–teknoloji ilişkisi, çevre dostu üretim ve dijital dönüşüm temaları ekseninde kurgulanmıştır. Bu aşamada, görsel iletişim tasarımının temel ilkeleri dikkate alınmış; afişlerin bilgilendirici olmasının yanı sıra farkındalık oluşturucu bir iletişim dili sunması hedeflenmiştir.

Tasarlanan afişlerin hedef kitlesi, doğrudan tarımsal üretim yapan çiftçilerden ziyade; tarımda dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik konusunda farkındalık oluşturulması amaçlanan genel kamuoyu ve ilgili paydaşlar olarak belirlenmiştir. Bu nedenle afişlerde kullanılan görsel dil, teknik ayrıntılardan arındırılmış; yapay zekâ kavramı sembolik, yalın ve kolay algılanabilir görsel metaforlar aracılığıyla temsil edilmiştir.

Afiş tasarımlarının oluşturulmasında kavramsal tutarlılık, görsel hiyerarşi, renk kullanımı, tipografi ve kompozisyon gibi tasarım ölçütleri esas alınmıştır. Doğayı ve sürdürülebilirliği simgeleyen yeşil ve mavi tonlar ağırlıklı olarak tercih edilmiş; teknoloji unsurları, doğayla uyumlu bir anlatım içerisinde konumlandırılmıştır. Tipografik tercihlerde okunabilirlik ve mesajın açıklığı ön planda tutulmuş, görsel öğeler afişlerin ana mesajını destekleyecek şekilde düzenlenmiştir.

Araştırmanın üçüncü aşamasında, üretilen afiş tasarımları betimsel analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu analiz sürecinde afişler; içerik, görsel öğeler, renk ve tipografi kullanımı, sembolik anlatım ve mesaj iletimi açısından incelenmiştir. Elde edilen bulgular, çalışmanın kuramsal çerçevesiyle ilişkilendirilerek yorumlanmış ve tasarımların tarımda yapay zekâ ve akıllı tarım kavramlarını sürdürülebilirlik bağlamında ne ölçüde temsil ettiği ortaya konulmuştur.

Bu çalışma, tarımda yapay zekâ ve akıllı tarım kavramlarının görsel iletişim tasarımı bağlamındaki temsiline odaklanmakta olup, nicel veri toplama yöntemleri, deneysel uygulamalar veya kullanıcı temelli değerlendirmeler içermemektedir. Araştırma bulguları, literatür taraması ve üretilen afiş tasarımlarının betimsel analizi ile sınırlıdır. Araştırma sürecinde kullanılan tüm kaynaklar akademik etik ilkeler doğrultusunda değerlendirilmiş; üretilen tasarımlar özgün nitelikte olup herhangi bir etik ihlal içermemektedir.



## 5. Bulgular



**Görsel 1:** *Akıllı Tarım Afiş Tasarımı 50x70 cm. (2024)*

Akıllı tarım, tarımsal verimliliği artıran, toprak ve ürün yönetimini iyileştiren ve kaynakları daha etkin kullanarak çevresel etkileri azaltan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Dünyada yaşanan olumsuz gelişmeler, tarımın stratejik önemini yeniden ön plana çıkarmıştır. Bu olumsuzluklar arasında tarım arazilerinin daralması, toprak kalitesindeki bozulmalar, gıda güvenliği ve teminatı ile tarım alanlarının başka amaçlarla kullanılması yer almaktadır. Akıllı tarım; veri işleme, sinyalizasyon teknolojileri ve nesnelerin interneti gibi bilgi ve iletişim teknolojilerinin tarımsal üretim süreçlerine entegre edildiği bir yaklaşımdır. Bu teknolojilerin temel hedefi, tarımsal faaliyetlerin zamansal ve mekânsal değişkenliklere uyum sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak ve kullanılan tarımsal girdilerin etkinliğini artırmaktır (Gürsoy & Çolak, 2023). Tarımda verimlilik analizi, arazi sınıflandırma, sulama, gübreleme, seracılık ve hayvancılık gibi uygulamalar, Tarım 4.0 kapsamında değerlendirilmektedir. Bu uygulamalarda kullanılan araçlar arasında otonom araçlar, robotik sistemler, uydu ve hava platformları, bulut bilişim, nesnelerin interneti, büyük veri ve makine öğrenme teknolojileri bulunmaktadır.

Resim 1’deki seri afiş tasarımlarına bakıldığında “Yapay Zekâ ile Tarımda Dönüşüm, Verimli Gelecek İçin Akıllı Tarım” sloganı kullanılmıştır. Bu slogan ile tarımda yaşanan dijital dönüşüm sonucu ortaya çıkan akıllı tarım uygulamaları ve bu uygulamaların neticesinde tarımda artan verimliliğe vurgu yapılmaktadır. Afişte kullanılan ve akıllı tarım araçlarından biri olan robotun, bitki ve meyvelerle doğal bir ortamda ilgilendiği görülmektedir. Böylelikle insan müdahalesi azaltılarak doğayla uyumlu bir teknoloji yaklaşımı sergilenmektedir. Tasarımda kullanılan çiçekler ve ağaçlar doğal bir ortamda teknoloji kullanımını yansıtarak, akıllı tarım teknolojilerinin çevre dostu olduğu ve sürdürülebilirliğe katkı sağladığı mesajını vermektedir.

Afiş tasarımlarında yapay zekânın robot metaforu aracılığıyla temsil edilmesi bilinçli bir tasarım tercihidir. Yapay zekâ, soyut ve teknik bir kavram olduğundan, hedef kitlenin bu kavramı hızlı ve sezgisel biçimde algılayabilmesi amacıyla somut bir görsel temsil kullanılmıştır. Robot figürü, insan emeğinin yerini tamamen alan bir unsur olarak değil; doğayla uyum içinde çalışan, sürdürülebilir tarımsal üretimi destekleyen bir yardımcı olarak konumlandırılmıştır. Bu yaklaşım, teknolojinin tarımın doğal döngüsünü tehdit etmediği; aksine onu güçlendirdiği mesajını pekiştirmektedir.

Renklerin canlılığı ve yeşil temanın bolluğu, akıllı tarımda verimli ve sürdürülebilir bir üretime odaklanıldığını göstermektedir. Afiş tasarımlarında kullanılan gökyüzünü temsil eden mavi renkler ve doğayı temsil eden yeşil renkler, akıllı tarımın doğayla uyumlu olduğunu ve temiz, sürdürülebilir bir doğayı yansıttığı görülmektedir. Afişlerde tercih edilen yazı tipi kolay okunabilmekte ve net bir mesaj vermektedir. Akıllı tarımda kullanılan robotlar ve bitkiler afişlerin merkezine yerleştirilmiştir. Arka planda görülen gökyüzü ise akıllı tarım uygulamaları kullanımı ile temiz bir çevre ve doğallık mesajı vermektedir.

## **Sonuç**

Bu çalışma, tarımda yapay zekâ uygulamalarını teknik bir yenilik alanı olarak ele almak yerine, görsel iletişim tasarımı yoluyla sürdürülebilirlik farkındalığı oluşturma aracı olarak değerlendirmesi bakımından özgün bir katkı sunmaktadır. Tarım, tüm dünyada en stratejik sektörlerden biri olarak görülmektedir. Bundan dolayı tarımda teknolojinin etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda kullanımı artmaya başlayan akıllı tarım teknolojilerinin üreticilere daha çok benimsetilmesi ve farkındalık oluşturulması gerekmektedir. Bu teknolojilerin tanıtımında ve yaygınlaştırılmasında görsel tanıtım faaliyetleri büyük bir öneme sahiptir. İklim değişikliği, hızla artan nüfus ve doğal kaynakların azalması gibi birçok sorunla karşı karşıya olan tarımsal üretim süreçlerinin sürdürülebilirliği, bu kaynakların daha etkin ve verimli kullanılmasına bağlı olmaktadır. Akıllı tarım uygulamalarının, bu hedefe ulaşmada oldukça önemli bir araç olduğu düşünülmektedir.

Akıllı tarım uygulamalarının daha iyi anlaşılabilmesi ve farkındalık sağlanması amacıyla sosyal sorumluluk projelerine, teşvik etmeye ve bunları destekleyecek görsellere, afiş tasarımlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Bunların yanı sıra özellikle gelir düzeyi düşük olarak üreticiler için akıllı tarım teknolojilerini kullanabilmeleri için destekler artırılmalı, eğitim programlarıyla bilgilendirmeler yapılmalı, verimlilik ve sürdürülebilirliği artırmak için iş birliği kültürünü geliştirecek çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

## **Kaynakça**

- Alam, M., & Khan, I. R. (2022). Application of AI in smart cities. In *Industrial Transformation* (61-86). CRC Press.
- Balyan, S., Jangir, H., Tripathi, S. N., Tripathi, A., Jhang, T., & Pandey, P. (2024). Seeding a Sustainable Future: Navigating the Digital Horizon of Smart Agriculture. *Sustainability*, 16(2), 475.
- Bist, A. S., Agarwal, V., Aini, Q., & Khofifah, N. (2022). Managing Digital Transformation in Marketing: "Fusion of Traditional Marketing and Digital Marketing". *International Transactions on Artificial Intelligence*, 1(1), 18-27.
- Buttar, N. A., Waqas, M. M., Muthmainnah, M., Omer, M. M., Niaz, Y., & Khang, A. (2023). Robotic Innovations in Agriculture. *Handbook of Research on AI-Equipped IoT Applications in High-Tech Agriculture*, 131.
- Choi, T., Park, J., Kim, J. J., Shin, Y. S., & Seo, H. (2022). Work efficiency analysis of multiple heterogeneous robots for harvesting crops in smart greenhouses. *Agronomy*, 12(11), 2844.
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data—evolution, challenges and research agenda. *International journal of information management*, 48, 63-71.
- Huseynova, A., Yasin, R & Atif, M. (2023). Green human resource management, a gateway to employer branding: Mediating role of corporate environmental sustainability and corporate social sustainability. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 30(1), 369-383.
- Javaid, M., Haleem, A., Khan, I. H., & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem*, 2(1), 15-30.
- Jha, C. K., Singh, V., Stevanovic, M., Dietrich, P., Saxena, S., Mosnier, A., ... & Schmidt-traub, G. (2021). Pathways to sustainable land-use and food systems in India by 2050.
- Khakurel, J., Penzenstadler, B., Porras, J., Knutas, A., & Zhang, W. (2018). The rise of artificial intelligence under the lens of sustainability. *Technologies*, 6(4), 1-18.
- Koshariya, A. K., Kalaiyarasi, D., Jovith, A. A., Sivakami, T., Hasan, D. S., & Boopathi, S. (2023). Ai-enabled iot and wsn-integrated smart agriculture system. In *Artificial Intelligence Tools and Technologies for Smart Farming and Agriculture Practices* (200-218). IGI Global.

- Kurniawan, F. Y., & Santoso, A. D. (2020). Stomata profile comparisons in abaxial and adaxial zones of dendrobium aphyllum and arachnis flos-aeris leaves. *Biota: Biologi dan Pendidikan Biologi*, 13(2), 103-113.
- Lutfiani, N., & Meria, L. (2022). Utilization of big data in educational technology research. *International Transactions on Education Technology*, 1(1), 73-83.
- Manongga, N. H., Deta, H. U., & Winarso, A. (2022). Health Status of Sacrificial Animals in Kupang City in 2020 Based on Anthemortem and Postmortem Examination. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 5(2), 34-41.
- McClure, L. A., LeBlanc, W. G., Fernandez, C. A., Fleming, L. E., Lee, D. J., Moore, K. J., & Caban-Martinez, A. J. (2017). Green collar workers: an emerging workforce in the environmental sector. *Journal of occupational and environmental medicine*, 59(5), 440-445.
- Özgüven, M. M. (2023). Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliğinde Kullanılan Dijital Tarım Teknolojileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(3), 174-193.
- Pakdemirli, B., Birişik, N., Aslan, İ., Sönmez, B., & Gezici, M. (2021). Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 78-87.
- Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., ... & Muzirafuti, A. (2022). IoT-enabled smart agriculture: architecture, applications, and challenges. *Applied Sciences*, 12(7), 3396.
- Ryan, M., Isakhanyan, G., & Tekinerdogan, B. (2023). An interdisciplinary approach to artificial intelligence in agriculture. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 95(1), 2168568.
- Sarkar, U., Banerjee, G., & Ghosh, I. (2022). Artificial intelligence in agriculture: Application trend analysis using a statistical approach. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 20(1), 1-8.
- Şahin, H. (2022). Dijital tarım, Tarım 4.0, akıllı tarım, robotik uygulamalar ve otonom sistemler. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(2), 68-83.
- Şahin, H. (2024). Tarımsal Akıllı Sulama Sistemlerinde Yapay Zekâ, Derin Öğrenme ve Nesnelerin İnterneti Uygulamaları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(1), 41-60.
- Villanova-Solano, C., Díaz-Peña, F. J., Hernández-Sánchez, C., González-Sálamo, J., Edo, C., Vega-Moreno, D., & Hernández-Borges, J. (2024). Beneath the water column: Uncovering microplastic pollution in the sublittoral coastal sediments of the Canary Islands, Spain. *Journal of Hazardous Materials*, 465, 133128.
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., ... & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature communications*, 11(1), 1-10.
- Zhang, X., Guo, Y., Yang, J., Li, D., Wang, Y., & Zhao, R. (2022). Many-objective evolutionary algorithm based agricultural mobile robot route planning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 200, 107274.
- Zidan, F., & Febriyanti, D. E. (2024). Optimizing Agricultural Yields with Artificial Intelligence-Based Climate Adaptation Strategies. *LAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, 5(2), 136-147.