

## Dijital Tarım, Tarım 4.0, Akıllı Tarım, Robotik Uygulamalar ve Otonom Sistemler

### Digital Agriculture, Agriculture 4.0, Intelligent Agriculture, Robotic Applications and Autonomous Systems

Hasan Şahin<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H. Şahin, e-mail (e-posta): [hsahin@harran.edu.tr](mailto:hsahin@harran.edu.tr)

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 23.03.2022  
Düzeltilme tarihi : 07.07.2022  
Kabul tarihi : 12.07.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Akıllı tarım  
Tarımsal robotik  
Otonom sistemler  
Yapay zekâ

#### Atf için:

Şahin, H., (2022). "Dijital Tarım, Tarım 4.0, Akıllı Tarım, Robotik Uygulamalar ve Otonom Sistemler", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(2): 68-83.

#### ÖZET

Savaşlar, iklim değişikliği, salgın hastalıklar, kaçınılmaz politik göçler, dünya nüfusunun artması, nüfusun kırsal alanlardan şehirlere göçü ve yaşlanan nüfus, gıda ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Tarımda işçilik maliyetlerinin artışı, tarımsal faaliyetlerin fiziksel zorluğu ve tekrarlanan işlerden oluşması, tarımda mekatronik ve robotik uygulamaların artmasına neden olmuştur. Robotik ve mekatronik uygulamalar, tarımsal ürün tedarikinde verimliliği artırmakla birlikte, sosyal ve çevresel faydalar da sağlamaktadır. Pestisit ve herbisit kullanımını azaltan robotik yabancı ot ayıklama uygulamaları ve hassas püskürtücü sistemler de doğrudan pozitif çevresel bir etki oluşturmaktadır. Çalışmada, Dijital Tarım, Tarım 4.0, Akıllı Tarım, Tarımsal Robotik ve Otonom Sistemler ile ilgili yakın zamanda yayımlanmış olan literatür taraması yapılarak, teorik, laboratuvar ve saha uygulamaları içeren makaleler incelenmiştir. Bu çalışmada, dünyada, son on yılda dijital/akıllı/robotik tarımda yükselen trendler, bu alanda karşılaşılan temel zorluklar ve geleceğin tarımsal uygulamalarını destekleyecek kurumlar arası ortak bir stratejinin nasıl geliştirilebileceğine dair sorulara cevap aranmıştır. Dijital tarım, akıllı tarım, robotik tarım, tarım 4.0, hassas tarım gibi birçok kavramın kullanıldığı bir dönemde, kurumlar arası bir iş birliği ve iş bölümüne ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Ulusal anlamda ise, kısa, orta ve uzun vadeli stratejiler belirlenerek üniversiteler, tarım bakanlığı ve TÜBİTAK gibi kurumlar arası iş bölümü yapılması bilgi kirliliği ve kavram kargaşasının önüne geçerek zaman kaybını azaltacaktır.

#### Article Info

Received date : 23.03.2022  
Revised date : 07.07.2022  
Accepted date : 12.07.2022

#### Keywords:

Smart agriculture  
Agricultural robotic  
Autonomous systems  
Artificial intelligence

#### How to Cite:

Şahin, H., (2022). "Digital Agriculture, Agriculture 4.0, Intelligent Agriculture, Robotic Applications and Autonomous Systems", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 18(2): 68-83.

#### ABSTRACT

Wars, climate change, epidemics, inevitable political migrations, increase in the world population, migration of population from rural areas to cities and ageing population cause an increase in the need for food. The increased labor costs in agriculture, the physical difficulty of agricultural activities and the formation of repetitive jobs have led to an increase in mechatronics and robotic applications in agriculture. Robotic and mechatronic applications not only increase efficiency in the supply of agricultural products but also provide social and environmental benefits. It provides a direct positive environmental impact in applications such as robotic weeding applications and precision sprayer systems that prevent the use of pesticides and herbicides. In the study, the recently published literature on Digital Agriculture, Agriculture 4.0, Smart Agriculture, Agricultural Robotics and Autonomous Systems was searched and articles containing theoretical, laboratory and field applications were examined. In this study, answers are sought to questions about the rising trends in digital/smart/robotic agriculture in the world in the last decade, the main challenges faced in this field, and how to develop a common inter-agency strategy that will support future agricultural practices. In a period when many concepts such as digital agriculture, smart agriculture, robotic agriculture, agriculture 4.0, and precision agriculture are used, it is seen that there is a need for cooperation and division of labor between institutions. In the national sense, by determining short, medium, and long-term strategies, division of labor among institutions such as universities, the ministry of agriculture and TUBITAK will prevent information pollution and confusion of concepts and reduce time loss.

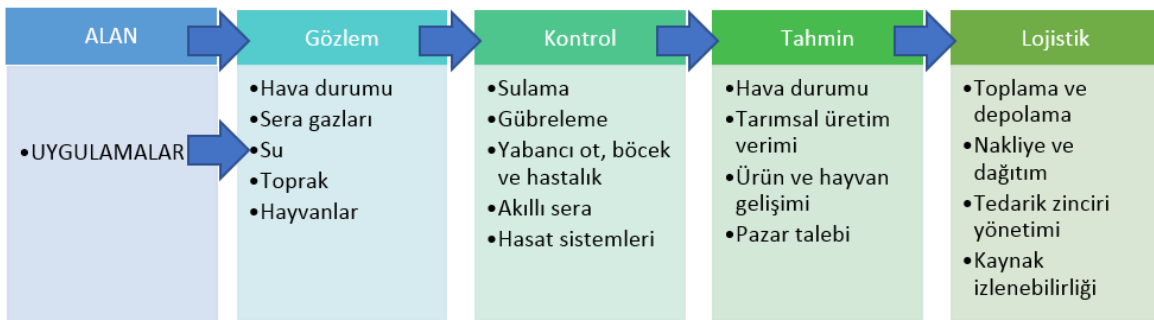
## 1. GİRİŞ

Küresel nüfus artışıyla birlikte iklim değişikliği, salgın hastalıklar (Covid-19 gibi), kaçınılmaz politik göçler, nüfusun kırsal alanlardan kentsel bölgelere kayması ve gelişmiş ülkelerde yaşlanan nüfus, gıda ihtiyacını her geçen gün arttırmaktadır. Tarımsal işçiliğin fiziksel zorluğu, doğası gereği tekrarlanan işlerden oluşması ve işçilik maliyetlerinin artışı, tarımda robotik ve mekatronik uygulamaları hızlandırmıştır (Mekonnen & Hoekstra, 2016). Tarımsal robotik uygulamalar, gıda tedarik zinciri boyunca verimliliği artırmak ve israfı azaltmak gibi ekonomik faydalar sağlamanın yanı sıra, önemli toplumsal ve çevresel faydalar da sağlamaktadır. Pestisit ve herbisit kullanımı gerektirmeyen veya azaltan mekanik robotik yabancı ot ayıklama uygulamaları ve hassas püskürtücü sistemler de aynı zamanda herbisit kullanımını azaltarak çevreye olumlu bir katkı sunmaktadır (Mathiassen et al., 2006).

Tarımın en ilkel düzeyden günümüz seviyelerine erişimi zaman içinde kademeli olarak gerçekleşmiştir. Tarımda teknolojik gelişmeler 4 uzun döneme ayrılmaktadır. Bu dönemler, Tarım 1.0, Tarım 2.0, Tarım 3.0 ve Tarım 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Çiftçilerin ağırlıklı olarak insan ve hayvan gücüne dayalı olarak el aletlerini kullandığı antik çağlardan, 19. yüzyılın sonlarına kadar süren geleneksel tarım uygulamalarının kullanıldığı dönem, Tarım 1.0 olarak kabul edilmektedir. Tarım 2.0 ise artık, tarım makinelerinin toprak işleme, sulama, ekim-dikim ve hasat işlemleri için kullanıldığı 1780-1870 yılları arasındaki dönem olarak adlandırılır (Y. Liu et al., 2021). "Hassas Tarım" olarak da adlandırılan Tarım 3.0 dönemi de tarımda bilgisayar ve elektroniğin kullanılması ile başlamıştır (Ahmad et al., 2021). "Endüstri 4.0" kavramının 2011 yılında hayatımıza girmesiyle, tarımsal dijital dönüşüm de "Tarım 4.0" olarak adlandırılan yeni bir döneme girmiştir (Dayıoğlu & Turker, 2021). Dünya 4. Sanayi Devrimi'ne hızla uyum sağlarken, Endüstri 4.0 çıktılarında biri olan tarım makineleri arasındaki etkileşim ile hız ve verimliliğin artırılması hedeflenmiştir. Bu teknolojilerin, bilginin daha da bilinçli bir şekilde kullanılmasını sağlaması, maliyetleri azaltması, üretkenliği artırması ve çiftçilerin işini kolaylaştırması beklenmektedir (Akbaş & Bağcı, 2021).

"Akıllı tarım" olarak da bilinen hassas tarımın kökenleri, 1970'lere dayanmaktadır. Hassas tarımın gelişimi, mekânsal ve zamansal değişkenliği daha iyi kontrol etme arzusuyla ortaya çıkmıştır (Blackmore, 2009). Otonom sistemlerin ortaya çıkışı, daha az enerji tüketen, ekonomik, küçük, akıllı makinelere dayalı yeni bir esnek tarımsal ekipman yelpazesi geliştirme fırsatı da vermektedir.

Tarım 4.0, gözlem, kontrol, tahmin ve lojistik temel alanlarından oluşmaktadır. Bu alanlar ise çeşitli alt uygulama alanlarını kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Tarım 4.0 temel alanlar ve uygulamaları (Araújo et al., 2021).

Endüstriyel süreçlerden, modern yolcu uçaklarına ve taşıt araçlarına kadar çeşitli uygulamalarda elektrik motorlarının ve aktüatörlerin yaygınlaşması, mekanik çekiş ve çalıştırma sistemlerinden elektrik tabanlı sistemlere doğru bir gidişin göstergesidir. Bununla birlikte, büyük dizel araçların uzun yıllar pratik kullanımda kalması tahmin edilmektedir. Son yıllarda fotovoltaikler, rüzgâr türbinleri ve biyogaz tesisleri için tarım arazilerinin kullanımında bir artış görülmektedir. Bu nedenle, yalnızca arazinin değil, aynı zamanda üretilen elektriğin kullanım potansiyeli de tarımsal robotik uygulamalar için bir fırsat sunmaktadır.

Birçok tarım makinası, mekanik bir bağlantı yoluyla doğrudan ana hareket ettiriciden (genellikle bir traktörden) tahrik edilir (Tim Chamen et al., 2015). Ancak, bunun yerine, elektrikli tahrik yöntemleri kullanılarak verimliliğin de arttırılabileceği öngörülmektedir. Diğer taraftan tarımsal alanlarda karşılaşılan en yaygın iş kazalarının, tarım makinalarının mekanik bağlantılarından kaynaklandığı bilinmektedir. Bu nedenle, çiftlik ekipmanlarının elektrifikasyon ve otomasyonunun, iş sağlığı ve güvenliği açısından da büyük faydalar sağlayacağı açıktır (Tillett et al., 2008).

## **2. TARIMSAL ROBOTİK VE MEKATRONİK**

Çiftlik düzeyinde, robotik sistemler artık hayvanların sağlanması için de yaygın olarak kullanılmaktadır (IFR, 2017). Hayvanların otlatılması/toplanması ise şu anda nispeten küçük bir yüzdendir, ancak bir AB öngörü çalışması, 2025 yılına kadar tüm Avrupa sürülerinin yaklaşık %50'sinin robotlar tarafından sağlanacağını tahmin etmektedir (Stanicek, 2020). Robotik sistemler, çiftlikte hayvan yönetiminden, atıkların çıkarılmasından, yemlerin taşınmasına kadar birçok görevi yerine getirmeye başlamıştır (Bechar et al., 2016; Saiz-Rubio et al., 2020; Yaghoubi et al., 2013). Çiftlik hayvanlarının otonom olarak izlenmesi ve saha verilerinin toplanması için bu sistemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Son zamanlarda yapılan çalışmaların odak noktası, tekrarlanan tarımsal aktivitelerin otomasyonunun geleneksel işçi veya makine yaklaşımından daha verimli ve etkili olduğunu belirlemek olmuştur (Fernández-Novales et al., 2021), (Bechar & Vigneault, 2016). Ürünün yakınında (yerde veya yükseklikte) çalışabilen robotik platformlar ve özellikle etkileşimli veya dokunsal özelliklerle donatılmış, örneğin; yumuşak meyve toplamak için geliştirilmiş uygulamalar görülmektedir.

Modern robotiğin bir avantajı da düşük maliyetli, hafif ve akıllı bileşenler kullanılarak oluşturulabilmeleridir. Cep telefonları, oyun konsolları ve mobil bilgi işlem sistemleri (dizüstü bilgisayarlar, tabletler vb.) gibi tüketici elektroniğinde yaygın kullanılan, yüksek kaliteli kameralar ve gömülü işlemciler bu tür platformlara çok düşük maliyetle yerleştirilebilmektedir (Shamshiri et al., 2018).

Mekatronik terimi, bilgisayarları, elektronik komponentleri ve mekanik parçaları birleştiren mühendislik sistemleri anlamına gelmektedir. Mekatronik kavramı, bu üç alt sistemin birleşimi ile anlam kazanmaktadır. Mekatronik sistemler, yapay zekâ teknikleri ile donatıldığında, tarımsal robotların ve akıllı tarım makinalarının temeli olan akıllı bir sistem olarak da tanımlanabilmektedir (Xiaoyu, 2020).

Bu durum farklı robotik uygulamalar için düşük maliyetli üretim imkânı vermektedir. Aslında hali hazırda geniş bir teknolojik altyapı, tarımsal robotiklerin sahaya geçişini daha da kolaylaştıracaktır. Bazı teknolojilerin özellikle tarım için geliştirilmesi gerekecekken, diğer alanlar için kullanılmakta olan teknolojiler, örneğin otonom araçlar, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi teknolojiler tarım alanına hızlı bir şekilde uyarlanabilecektir (Tomar & Kaur, 2021).

### 3. ROBOTİK VE OTONOM SİSTEMLERİN UYGULAMADA KARŞILAŞTIKLARI SORUNLAR

Tarım platformları, önceden tanımlanmış bir alanda belirli bir ürün üzerinde belirli bir görevi gerçekleştirmek için tasarlanmış alana ve göreve özel robotlar ve farklı alanlarda çeşitli görevleri gerçekleştirmek için tasarlanmış genel platformlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Genel olarak çiftlikler çok farklı altyapıya sahip olduğundan, ilk robotlar yalnızca belirli bir çiftlikte yalnızca sınırlı bir ölçüde çalışabilmekte idi. Ancak yeni yaklaşımla birlikte, modern traktörün sayısız kullanım örneğine benzer şekilde, çok sayıda farklı görevi yerine getirebilen çok amaçlı robotlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin zayıf noktalarında birisi de çoğunun çamur, yağmur, sis, düşük ve yüksek sıcaklıklar gibi gerçek saha koşullarına dayanıklı olmamalarıdır.

Tarım robotlarının zorlu, dinamik ve seralar gibi yarı yapılandırılmış ortamlarda hareket etmesi gerekmektedir. Yer robotlarının engebeli, homojen olmayan, çamurlu topraklarda hareket etmesi, hava araçlarının ise farklı hava koşullarında da uzun süre çalışması gerekir. Mevcut tarım robotları, esas olarak diğer sektörlerden (ör. dronlar) teknoloji ödünç alınarak veya mevcut platformlara (ör. otonom traktörler) bir eklenti olarak tasarlanmaktadır. Seralarda raylar üzerinde veya beton zeminde, açık alanlarda ise aşırı çamurlu ve zorlu arazilerde hareket etmek çok kolay olmamaktadır (Grimstad & From, 2017). Bu nedenle, hareket etmek için farklı araçlarla çok çeşitli robotların bir araya getirildiğinin yakın bir gelecekte görülmesi muhtemeldir. Günümüzde çoğu tarım robotu pil/akü ve elektrik motorları ile çalışmaktadır, ancak yakın gelecekte muhtemelen hem elektrikli hem de yanmalı motorların sahada bir süre daha birlikte çalıştığı görülecektir.

Robotik platformlarda önemli bir unsur da ağırlık ve hareket sisteminin zemin ve mahsul üzerindeki etkisidir. Bu yüzden paletli ve çok tekerlekli robotlar gibi çok farklı platformlar kullanılmaktadır. Platformlar ayrıca, verilen göreve de bağlı olarak farklı ağırlıklarda olmaktadır. Örneğin, hacimli veya kök sebzeler gibi mahsul hasadında kullanılacak platformun, yumuşak meyve toplamada kullanılanlardan daha ağır olması gerekmektedir. Benzer şekilde, bacaklı robotların ayak izlerini en aza indirmek, hareket esnekliğini en üst düzeye çıkarmak (örneğin yanlara veya ekinler arasındaki dar alanlarda hareket etmek, vb.) gerekmektedir.

İnsanlarla yakın iş birliği yapan ve cobots olarak adlandırılan robotlar, birçok endüstriyel sektörde önemli değişikliklere yol açmakta ve tarımsal otomasyonda da önemli bir yer tutması beklenmektedir (Akella et al., 1999). Bu tip robotik uygulamalar, ürünlerin verimli ve güvenli bir şekilde teslim edilmesini kolaylaştıran tarla içi lojistikten (nakliye), bütünleşmiş izleme ve müdahale uygulamalarına kadar uzanmaktadır.

Akıllı tarım makinalarının otomatik arazi operasyonlarını gerçekleştirebilmesi için, makinaların aşağıdaki yeteneklere sahip olması gerekir:

1. Fiili çalışma koşullarının farkında olma,
2. Değişen arazi, meteorolojik ve diğer koşullarına kendini uydurabilmesi,
3. Uygun bir mekanik sistem yardımıyla bu düzeltmeleri uygulayabilmesi.

Böyle bir yeteneğe ulaşmanın özü, genellikle, temel görevleri kontrol eden basit mantık kurallarından, karmaşık işlemleri gerçekleştirmek için karmaşık AI (yapay zekâ) algoritmalarına kadar uzanan, akıllı makineleri yöneten modellere dayanmaktadır. Bu üst düzey algoritmalar, yapay sinir ağları, bulanık mantık, olasılıklı akıl yürütme ve genetik algoritmalar gibi popüler teknikler kullanılarak geliştirilmektedir (Russell et al., 2021).

Bu akıllı makinaların birçoğu, bir işçinin yapabileceği bazı saha görevlerini yerine getirebildiğinden, bu tür makinelere robotik makineler de denebilir. Örneğin, otonom bir çim biçme makinesi, robotik makine kategorisine tam olarak uymasını sağlayan temel navigasyon ve yol planlama özelliklerine sahiptir ve bu nedenle, tarla robotu olarak tanımlanabilmektedir. Bu robotik makineler şu anda arazi çalışmalarında işçilerin yerini almasa da robotiklerin tarımda tanıtılması ve yaygın olarak kullanılması yalnızca bir zaman meselesidir. Şekil 2’de, Japonya Ulusal Tarım ve Gıda Araştırma Kurumu (NARO) tarafından geliştirilen otonom bir çeltik ekim makinesi (çeltik ekim robotu) ve Panasonic tarafından geliştirilen domates hasat robotu görülmektedir.



Şekil 2. Çeltik ekim robotu (NARO) ve domates hasat robotu (Panasonic Corp.)

#### 4. MAKİNE GÖRÜSÜ

Yapay görme yaklaşımları, gıda üretiminde otonom robotik sistemlerin gelişimini sağlamak için önemli fırsatlar sunmaktadır. Ürün izleme için makine görüşüne dayalı görevler arasında fenotipleme (Pound et al., 2018), tek tek bitkilerin hasada ne zaman hazır olduğu, sınıflandırma (Kusumam et al., 2017) ve kalite analizi (Barnes et al., 2010) gibi verileri kullanarak bitkisel hastalıkların başlangıcını tespit etmek gibi uygulamalar sayılabilir.

Ayrıca makine algılaması (görüşü), segmentasyon, meyve, bitki gibi çiftlik hayvanları, insan, vb. nesnelerin sınıflandırılması ve takibini de kolaylaştıracaktır (Amend et al., 2019). Ayrıca, güvenli robotik sistemlerin sahada çalıştırılması, tarımsal ürünlerin anlamsal bölümlenmesi (yabani otların ve ana ürünün ayırt edilmesi) gibi “neyin”, “nerede” ve “ne zaman” olduğunu anlamayı sağlayacaktır (Haug et al., 2014),(Lottes et al., 2017). Tarımda “robotik görü” de doğru değerlendirme yapılabilmesi için, aydınlatma, hava koşulları, görüntü arka planı ve nesnedeki değişikliklere karşı duyarlılık gibi değişkenlerin etkin kontrolü gereklidir (Bosilj et al., 2018).

Yakın gelecekte bilgisayarlı görü teknolojisinin derin öğrenme teknolojisi gibi akıllı teknolojilerle birleştirilerek, büyük ölçekli veri kümelerine dayalı tarımsal üretim yönetiminin uygulanacağına ve sorunları çözmek için daha yaygın olarak kullanılacağına inanılmaktadır (Tian et al., 2020).

Yapay görme, hayvanların ağırlık tahmini, vücut kondisyonunun izlenmesi (Hansen et al., 2018) ve hastalık tespiti (Abdul Jabbar et al., 2017) gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Ayrıca, insan yüz biyometrisi çalışmalarından uyarlanmış yüz tanıma tekniklerinin bireysel hayvan tanımlama amacıyla kullanılması da (Hansen et al., 2018), hayvanlar için hedefe yönelik hassas bakım ve zamanında müdahalelere izin verecek ve çiftlik üretimini optimize edecektir.

Tarım ürünlerinin otomatik olarak tutulması ve kavranması, diğer sektörlere kıyasla bazı zorluklar içermektedir. Bunlar, aynı ürünün örnekleri arasındaki önemli doğal boyut ve şekil farklılıklarını,

ürünlerin heterojen konumlandırılmasını (örneğin hasat sırasında) ve gıda ürünlerinin kırılğan yapısı gibi durumlardır.

Meyve ve sebze hasadında ise durum daha da farklıdır. Meyve, sebze hasadında sadece olgunlaşmış ürünlerin toplanması gerekmektedir. Bu işlem yapılırken de olgunlaşmakta olan diğer ürünlerin ve bitkinin zarar görmemesi gerekmektedir (örneğin, sofralık domates hasadı otomasyonu). Benzer hasat sorunları için, yumuşak robotiğin (Cheng et al., 2020), (Shepherd et al., 2011) önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Marul hasadı için yumuşak robotik aparatlar ve elma toplamak için vakum cihazları gibi kavrayıcılara ihtiyaç vardır. Bunu başarmanın bir yolu, insanlar gibi elastik yapılar içeren değişken sertlikteki aktüatörlerdir (Al Abeach et al., 2017), (Godaba et al., 2020). Bazı görevler ayrıca doğru miktarda kuvvet uygulanmasını ve kontrolden ziyade kuvvete dayalı bir yaklaşım gerektirir. Genel olarak, tarımsal ürünlerdeki kavrama ve manipülasyon uygulamaları, hassasiyetle harekete geçme yeteneklerini korurken kuvvetlere karşı da sağlamlık gerektirir. Uyumlu manipülatörlerin ve kavrayıcıların geliştirilmesi, karmaşık görsel ve dokunsal sensörlere olan ihtiyacı azaltarak tarım robotlarının tasarımını kolaylaştıracaktır. Kavrama planlaması da önemli bir zorluktur. En yaygın yaklaşım, ürünleri bulmak için görüntü sistemlerini kullanmaktır. Bununla birlikte, kavranacak nesne diğer ürünler veya yapraklar tarafından kısmen gizlenmişse, bu yaklaşım başarısız olabilmektedir.

Teknoloji daha yüksek özerklik seviyelerine doğru gelişirken, insan denetimi öngörülebilir gelecekte çoğu tarımsal robotik sistem için hayati bir önem arzedecektir. Robotik sistemler ayrıca göreve ve çiftliğe özgü kısıtlamaları öğrenecek ve bunlara uyum sağlayacak şekilde tasarlanacaktır (Olsen & Wood, 2004). Güvenli Fiziksel İnsan Robot Etkileşimi (pHRI) (Haddadin & Croft, 2016), (Cherubini et al., 2016) yaklaşımları, etkileşimi izlemek ve güvenli olmayan bir durum tespit edildiğinde robotun davranışını ayarlamak için denetim sistemlerini içerir. Bunlar, genellikle kazaları önlemek için robotu yavaşlatmayı veya tamamen durdurmayı sağlayan önlemlerdir. Ancak bu yaklaşım, robot tam potansiyeliyle çalışmadığı için verimi önemli ölçüde azaltabilmektedir. Güncel araştırmalar, robotların güvenli olmayan durumları belirlemesine ve tahmin etmesine izin vererek bu yaklaşımı geliştirmeyi ve ardından hem üretkenlik hem de güvenliğin korunmasına izin verecek şekilde görevi sürdürebilmesini amaçlamaktadır (Pereira, 2017).

## **5. TARIMDA YAPAY ZEKÂ**

Yapay zekâ teknolojilerinin, özellikle makine öğreniminde, yukarıdaki teknoloji alanlarının çoğunda önemli bir rol oynaması ve tarımsal robotlar için kolaylaştırıcı bir etken olacağı beklenmektedir (Bhardwaj et al., 2021; Tomar & Kaur, 2021). Tarımsal alanlar, bir robotik sistemin kullanım süresi boyunca değişikliklere ve güncellemelere maruz kaldığı ortamlardır. Örneğin yeni mahsul çeşitlerini, yabancı otları ve zararlıları tanıma, hastalıklar ve tedavileri, mevzuat ve iklim değişikliği bunlardan bazılarıdır (Galaz et al., 2021; Korinek & Stiglitz, 2021).

Tohum yerleştirme ve haritalama, bitkilerinin hava, ışık, besin ve toprak nemi gibi gereksinimler nedeniyle, tarımsal otomatikleşme ihtiyacı gittikçe artacaktır (Talaviya et al., 2021). Ayrıca, robotik, özellikle toprak (Fentanes et al., 2018) ve su (Hitz et al., 2012) için hem izleme hem de müdahaleler dahil olmak üzere, üretime yönelik girdilerin yönetiminde gelecekte önemli bir role sahip olacaktır. Mahsul yönetimindeki ana operasyonlardan biri, zamanında ve doğru bilgi toplamak için keşif yapmaktır. Tarımsal ürünlerin fiziksel durumunu değerlendirmek için çeşitli sensörler taşıyan otonom robotlar, veri toplamada işinde de kullanılmaktadır (Araújo et al., 2021). Bu verilerin toplanmasında hem hava hem de yer tabanlı platformlar veya bunların kombinasyonları (Walter et al., 2008) kullanılabilir.

Yabancı otların haritalanması, makine görüşü kullanılarak farklı yabancı ot türlerinin konum ve yoğunluğunun (biyokütle) kaydedilmesi, gerekli müdahalelerin zamanında yapılmasını sağlamaktadır. Robotik ot ayıklama, istenmeyen bitkileri mahsule zarar vermeden etkisizleştirmek, uzaklaştırmak veya gelişimini geciktirmek için, “alternatif yöntem” potansiyeli olan bir araştırma alanıdır. Yabancı ot kontrolü için alternatif yöntemler arasında, “makine görmesi” kılavuzluğunda, mekanik ayıklama (Machleb et al., 2020), seçici (mikro) püskürtme (B. Liu & Bruch, 2020),(Ghanizadeh & Harrington, 2019), lazerle ayıklama(Abouziena & Haggag, 2016; G. Coleman et al., 2021; G. R. Y. Coleman et al., 2019; Martins et al., 2015; Marx et al., 2012; Wöltjen et al., 2008), mikrodalga (Şahin, 2014; Şahin & Sağlam, 2015;Hess et al., 2018;Brodie, 2018) ve elektrik akımı (Şahin, 2020;Şahin & Yalınkılıç, 2017) gibi yöntemler yer almaktadır. Benzer şekilde, sıra arası yabancı ot kontrolü amacıyla geliştirilen, bulanık mantık algoritmali ot ayıklama bıçakları, elektronik olarak kontrol edilebilmektedir (Kumar et al., 2020).

Yabancı ot kontrolünde kullanılan kimyasallar, ürün verimi için zorunlu olarak kullanılsa da bu kimyasalların aşırı kullanımı ciddi tarımsal ve çevresel sorunlara neden oluşturmaktadır. Sahaya özgü yabancı ot yönetimi (SSWM-Site Specific Weed Management) uygulamalarında, yabancı otları ve mahsulleri tanımak için doğru bir tespit ve tanıma sisteminin kurulması gerekmektedir. Bu amaçla, insansız hava araçları (İHA) ve diğer robotlar, ana mahsulün ve yabancı otların dağılımını gösteren yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etme kabiliyetine sahip olduklarından, tarım arazilerini bitki bazında izleyerek hassas tarım (PA) uygulamalarında potansiyel çözümler sunmaktadır (Khan et al., 2021).

Yabancı otların insansız hava araçları kullanılarak, görüntü işleme teknikleri ile tespit edilmesi çalışmalarında da ilerlemeler kaydedilmektedir. Yabancı otların, çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılarak tanımlanması, yoğunluklarının tespit edilmesi (B. Şin, İ. Kadioğlu, 2019; Dasgupta et al., 2020; Dos Santos Ferreira et al., 2017; Luiz Carlos & Ulson, 2021; Rahman et al., 2015), ilaç çeşidi ve dozunun belirlenmesi (Sabancı & Aydın, 2014) gibi çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemlerle birlikte, evrişimli sinir ağına (Convolutional Neural Network-CNN) dayalı derin öğrenmeyi kullanarak, yabancı otların otomatik olarak tanımlanması ve ardından akıllı bir sistem aracılığı ile herbisitlerin yerel olarak püskürtülmesi sağlanabilmektedir. Dolayısıyla, büyük ölçekli herbisit kullanımını engelleyerek çevreyi koruyucu bir rol üstlenmektedir (Jabir & Falih, 2022; Tan et al., 2020).

Görüntü işleme yöntemi ile tarımsal ürünlerde verim tahmini, hastalık teşhisi (Fuentes et al., 2017; J. Liu & Wang, 2020; Ngugi et al., 2021; Selvaraj et al., 2019; Türkoğlu & Hanbay, 2019), zararlı türü tespiti yapabilen uygulamalara da rastlanmaktadır.

Sulama, robotların suyu doğru zamanda doğru yere hedeflemeye yardımcı olabileceği başka bir alandır. Farklı nesne tanıma algoritmaları kullanılarak, mobil robotlar ile gerçek zamanlı görüntüler üzerinde, bitki nesnelere tanınması ve bu tanıma sonucuna göre ilaçlama/sulama yapılması çalışmalarında yüksek başarılar elde edilmiştir (Özgen & Turan, 2020).

Hasat öncesi değerlendirme ve robotik duyu sistemler tarafından verim tahmini (Aggelopoulou et al., 2011), ekin hasadı için doğru zamanı seçmede yardımcı olacaktır. Seçici hasat, mahsulün yalnızca belirli kalite veya miktar eşiklerini karşılayan kısımlarının hasat edilmesini içermektedir (Bac et al., 2014). Bunun belirlenmesi için iki kriter gereklidir; bunlar, hasattan önce gerekli kalite faktörünü algılama yeteneği (tarla içi derecelendirme) ve kalan ürüne zarar vermeden asıl ürünü hasat etme yeteneğidir. Seçici hasat, mevcut robot teknolojisi için, karmaşık tarım ortamında gürültülü ve eksik duyu verileriyle otonom sensör-motor koordinasyonunun nasıl gerçekleştirileceği gibi çeşitli zorluklar içermektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelecekte en önemli üç stratejik kaynak olarak karşımıza, gıda/tarım, temiz su ve yenilenebilir enerji çıkacaktır. Sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı gerçekleştirmek için bu kaynakların daha verimli kullanılması bir zorunluluktur. Verimi arttırmak için de geleneksel tarım ve enerji yaklaşımlarından vazgeçilerek, hızla dijital ve akıllı teknolojilerin geliştirilerek çiftçinin hizmetine sunulması gerekmektedir. "Tarım 5.0" (Ahmad & Nabi, 2021) olarak da ifade edilen tarımsal dijital dönüşümün gerçekleştirilerek, akıllı tarım teknolojileri geliştirilmelidir.

Dijital tarım, verimi artırmak, çevreyi korumak ve veriye dayalı akıllı karar verme imkânı sağlayan bir tarımsal yönetimdir aslında. Bu teknolojiler, güvenli, sürdürülebilir ve yüksek verimli gıda üretimini destekleyerek artmakta olan dünya nüfusunun ihtiyaçlarına cevap verebilecektir. Teknolojik yenilikler, tarımın bugün karşı karşıya olduğu birçok ekonomik, sosyal ve çevresel zorlukların üstesinden gelmemize yardımcı olabilir. Tarımsal makine ve robotların iletişimi (nesnelerin interneti-IoT), büyük veri (Big data), yapay zekâ (AI), insansız hava araçları (unmanned aerial vehicles-UAV), insansız yer araçları (unmanned ground vehicles-UGV) ve robotik gibi yeni teknolojiler, tarımsal süreçleri daha verimli hale getirecektir. Geliştirilecek, ulusal ve uluslararası politikalar ve stratejilerle, akıllı ilaçlama, bitkisel hastalıklar, ürün ve toprağın izlenmesi, akıllı hasat gibi uygulamalara geçilmelidir.

Dünyanın en büyük 10 tarımsal ekonomisi arasında yer alan ülkemizin sahip olduğu bu potansiyeli arttırmak için tarımsal dijitalleşmeyi desteklemek gerekmektedir (Pakdemirli et al., 2021). Ayrıca, bu teknolojilerin ülkemizde kullanımının yaygınlaşması önünde farkındalık eksikliği, üreticilerin yüksek yaş ortalamasına sahip olması ve çiftçilerin eğitim düzeyi yetersizliği gibi engeller olduğu da söylenebilir (Ercan et al., 2019).

Dijital tarımda kurumlararası stratejik iş birliği için görev üstlenmesi gereken kurumlar olan; Üniversiteler, Tarım ve Orman Bakanlığı, ASELSAN ve TÜBİTAK gibi kurumların, YÖK veya Cumhurbaşkanlığı koordinasyonunda bir araya getirilerek bir yol haritasının çıkarılması gerekmektedir. Koordinatör kurum tarafından, tarımsal dijital teknolojik ihtiyaçların tespit edilerek, kurumlararası iş bölümü yapılmalıdır. İlgili kurumların, söz konusu tarımsal amaçlı dijital ve robotik teknolojilerin geliştirilmesi, üretimi ve ithalatı ile ilgili alınması gereken kararları alarak ilgili yasal düzenlemelerin ivedilikle yapılması gerekmektedir.

Ayrıca, ülkemizin tarımsal ihtiyaçları göz önüne alınarak, tarımsal mekanizasyonda ihtiyaç duyulan dijital teknolojiler tespit edilmeli ve gereksiz teknoloji ithalatının önüne geçilerek milli gelir kaybının önlenmesi gerekmektedir.

Aşağıdaki soruların cevapları aranarak oluşturulacak dijital tarım politikalarının, kurumlar arası iş birliği ve iş bölümü ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir;

- Dünya’da ve Türkiye’de son on yılda Dijital/Akıllı/Robotik Tarımda yükselen trendler nelerdir?
- Dijital/Akıllı/Robotik Tarım için mevcut uygulama alanları nelerdir?
- Dijital/Akıllı/Robotik Tarım sürdürülebilir kalkınmaya nasıl yardımcı olacaktır?
- Dijital/Akıllı/Robotik Tarımın karşı karşıya olduğu temel zorluklar nelerdir?
- Dijital/Akıllı/Robotik Tarımın temel unsurlarını kapsayacak ve geleceğin tarımsal uygulamalarını destekleyecek kurumlararası ortak bir strateji nasıl geliştirilebilir?



## KAYNAKLAR

- Abdul Jabbar, K., Hansen, M. F., Smith, M. L., & Smith, L. N. (2017). Early and non-intrusive lameness detection in dairy cows using 3-dimensional video. *Biosystems Engineering*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.09.017>
- Abouziena, H. F., & Haggag, W. M. (2016). Weed Control in Clean Agriculture: A Review1. *Planta Daninha*, 34(2). <https://doi.org/10.1590/s0100-83582016340200019>
- Aggelopoulou, A. D., Bochtis, D., Fountas, S., Swain, K. C., Gemtos, T. A., & Nanos, G. D. (2011). Yield prediction in apple orchards based on image processing. *Precision Agriculture*, 12(3). <https://doi.org/10.1007/s11119-010-9187-0>
- Ahmad, L., & Nabi, F. (2021). Smart Intelligent Precision Agriculture. In *Agriculture 5.0: Artificial Intelligence, IoT, and Machine Learning* (pp. 25-34). CRC Press.
- Ahmad, L., & Nabi, F. (2021). *Agriculture 5.0: Artificial Intelligence, IoT and Machine Learning*.
- Akbaş, G. G., & Bağcı, A. (2021). Economic growth and smart farming. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 7(2), 104–121. <https://doi.org/10.30855/GJEB.2021.7.2.002>
- Akella, P., Peshkin, M., Colgate, E., Wannasuphoprasit, W., Nagesh, N., Wells, J., Holland, S., Pearson, T., & Peacock, B. (1999). Cobots for the automobile assembly line. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1. <https://doi.org/10.1109/robot.1999.770061>
- Al Abeach, L. A. T., Nefti-Meziani, S., & Davis, S. (2017). Design of a Variable Stiffness Soft Dexterous Gripper. *Soft Robotics*, 4(3). <https://doi.org/10.1089/soro.2016.0044>
- Amend, S., Brandt, D., Di Marco, D., Dipper, T., Gässler, G., Höferlin, M., Gohlke, M., Kesenheimer, K., Lindner, P., Leidenfrost, R., Michaels, A., Mugele, T., Müller, A., Riffel, T., Sampangi, Y., & Winkler, J. (2019). Weed Management of the Future. *KI - Kunstliche Intelligenz*, 33(4). <https://doi.org/10.1007/s13218-019-00617-x>
- Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—emerging trends, challenges and opportunities. In *Agronomy* (Vol. 11, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>
- Bac, C. W., Van Henten, E. J., Hemming, J., & Edan, Y. (2014). Harvesting Robots for High-value Crops: State-of-the-art Review and Challenges Ahead. In *Journal of Field Robotics* (Vol. 31, Issue 6). <https://doi.org/10.1002/rob.21525>
- B. Şin, İ. Kadioğlu. (2019). *İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması*. Retrieved March 11, 2022, from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjws/issue/51404/669501>
- Barnes, M., Duckett, T., Cielniak, G., Stroud, G., & Harper, G. (2010). Visual detection of blemishes in potatoes using minimalist boosted classifiers. *Journal of Food Engineering*, 98(3). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.010>
- Bechar, A., & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. In *Biosystems Engineering* (Vol. 149). <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.06.014>
- Bhardwaj, H., Tomar, P., (2021). Artificial Intelligence and Its Applications in Agriculture With the Future of Smart Agriculture Techniques. *Igi-Global.Com*.

- Blackmore, S. (2009). New concepts in agricultural automation. *Precision in Arable Farming: Current Practice and Future Potential*, October.
- Bosilj, P., Duckett, T., & Cielniak, G. (2018). Connected attribute morphology for unified vegetation segmentation and classification in precision agriculture. *Computers in Industry*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.003>
- Brodie, G. (2018). The use of physics in weed control. In *Non-Chemical Weed Control*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00003-6>
- Cheng, Y. C., Lu, H. C., Lee, X., Zeng, H., & Priimagi, A. (2020). Kirigami-Based Light-Induced Shape-Morphing and Locomotion. *Advanced Materials*, 32(7). <https://doi.org/10.1002/adma.201906233>
- Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A., Lasnier, A., & Fraise, P. (2016). Collaborative manufacturing with physical human-robot interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.007>
- Coleman, G., Betters, C., Squires, C., Leon-Saval, S., & Walsh, M. (2021). Low Energy Laser Treatments Control Annual Ryegrass (*Lolium rigidum*). *Frontiers in Agronomy*, 2. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.601542>
- Coleman, G. R. Y., Stead, A., Rigter, M. P., Xu, Z., Johnson, D., Brooker, G. M., Sukkarieh, S., & Walsh, M. J. (2019). Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control. In *Weed Technology* (Vol. 33, Issue 4). <https://doi.org/10.1017/wet.2019.32>
- Dasgupta, I., Saha, J., Venkatasubbu, P., & Ramasubramanian, P. (2020). AI Crop Predictor and Weed Detector Using Wireless Technologies: A Smart Application for Farmers. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(12). <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04928-2>
- Dayıoğlu, M. A., & Turker, U. (2021). Digital Transformation for Sustainable Future - Agriculture 4.0 : A review. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4), 373–399. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.986431>
- Dos Santos Ferreira, A., Matte Freitas, D., Gonçalves da Silva, G., Pistori, H., & Theophilo Folhes, M. (2017). Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.027>
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D., & Saner, G. (2019). Tarım 4.0 ve Türkiye’de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 259–265. <https://doi.org/10.24181/Tarekoder.650762>
- Fentanes, J., Gould, I., (2018). 3-d soil compaction mapping through kriging-based exploration with a mobile robot. *Ieeexplore.Ieee.Org*.
- Fernández-Navales, J., Saiz-Rubio, V., Barrio, I., Rovira-Más, F., Cuenca-Cuenca, A., Santos Alves, F., Valente, J., Tardáguila, J., & Diago, M. P. (2021). Monitoring and mapping vineyard water status using non-invasive technologies by a ground robot. *Remote Sensing*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/rs13142830>
- Fuentes, A., Yoon, S., Kim, S. C., & Park, D. S. (2017). A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. *Sensors (Switzerland)*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/s17092022>

- Galaz, V., Centeno, M. A., Callahan, P. W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., ... & Levy, K. (2021). Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. *Technology in Society*, 67, 101741.
- Ghanizadeh, H., & Harrington, K. C. (2019). Weed management in New Zealand pastures. In *Agronomy* (Vol. 9, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/agronomy9080448>
- Godaba, H., Sajad, A., Patel, N., Althoefer, K., & Zhang, K. (2020). A two-fingered robot gripper with variable stiffness flexure hinges based on shape morphing. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*. <https://doi.org/10.1109/IROS45743.2020.9341554>
- Grimstad, L., & From, P. J. (2017). The Thorvald II agricultural robotic system. *Robotics*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/robotics6040024>
- Haddadin, S., & Croft, E. (2016). Physical human-robot interaction. *Springer Handbook of Robotics*, 1835–1874. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_69)
- Hansen, M. F., Smith, M. L., Smith, L. N., Abdul Jabbar, K., & Forbes, D. (2018). Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>
- Hansen, M. F., Smith, M. L., Smith, L. N., Salter, M. G., Baxter, E. M., Farish, M., & Grieve, B. (2018). Towards on-farm pig face recognition using convolutional neural networks. *Computers in Industry*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.016>
- Haug, S., Michaels, A., Biber, P., & Ostermann, J. (2014). Plant classification system for crop /weed discrimination without segmentation. *2014 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, WACV 2014*. <https://doi.org/10.1109/WACV.2014.6835733>
- Hess, M. C. M., De Wilde, M., Yavercovski, N., Willm, L., Mesléard, F., & Buisson, E. (2018). Microwave soil heating reduces seedling emergence of a wide range of species including invasives. *Restoration Ecology*. <https://doi.org/10.1111/rec.12668>
- Hitz, G., Pomerleau, F., Garneau, M. È., Pradalier, C., Posch, T., Pernthaler, J., & Siegwart, R. Y. (2012). Autonomous inland water monitoring: Design and application of a surface vessel. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 19(1). <https://doi.org/10.1109/MRA.2011.2181771>
- International Federation of Robotics. (2017). Executive Summary—World Robotics (Service Robots) 2017. *World Robotic Report—Executive Summary*.
- Jabir, B., & Falih, N. (2022). Deep learning-based decision support system for weeds detection in wheat fields. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(1). <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i1.pp816-825>
- Khan, S., Tufail, M., Khan, M. T., Khan, Z. A., & Anwar, S. (2021). Deep learning-based identification system of weeds and crops in strawberry and pea fields for a precision agriculture sprayer. *Precision Agriculture*, 22(6). <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09808-9>
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2021). *Artificial Intelligence, Globalization, and Strategies for Economic Development*.
- Kumar, S. P., Tewari, V. K., Chandel, A. K., Mehta, C. R., Nare, B., Chethan, C. R., Mundhada, K., Shrivastava, P., Gupta, C., & Hota, S. (2020). A fuzzy logic algorithm derived mechatronic concept prototype for

- crop damage avoidance during eco-friendly eradication of intra-row weeds. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 116–126. <https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2020.06.004>
- Kusumam, K., Krajník, T., Pearson, S., Duckett, T., & Cielniak, G. (2017). 3D-vision based detection, localization, and sizing of broccoli heads in the field. *Journal of Field Robotics*, 34(8). <https://doi.org/10.1002/rob.21726>
- Liu, B., & Bruch, R. (2020). Weed Detection for Selective Spraying: a Review. *Current Robotics Reports*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00001-w>
- Liu, J., & Wang, X. (2020). Tomato Diseases and Pests Detection Based on Improved Yolo V3 Convolutional Neural Network. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00898>
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6). <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>
- Lottes, P., Hörferlin, M., Sander, S., & Stachniss, C. (2017). Effective Vision-based Classification for Separating Sugar Beets and Weeds for Precision Farming. *Journal of Field Robotics*, 34(6). <https://doi.org/10.1002/rob.21675>
- Luiz Carlos, M., & Ulson, J. A. C. (2021). Real time weed detection using computer vision and deep learning. *2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications, INDUSCON 2021 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/INDUSCON51756.2021.9529761>
- Machleb, J., Peteinatos, G. G., Kollenda, B. L., Andújar, D., & Gerhards, R. (2020). Sensor-based mechanical weed control: Present state and prospects. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 176). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105638>
- Martins, B. H., Araujo-Junior, C. F., Miyazawa, M., Vieira, K. M., & Milori, D. M. B. P. (2015). Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation area submitted to weed control and cover crops management. *Soil and Tillage Research*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.005>
- Marx, C., Barcikowski, S., Hustedt, M., Haferkamp, H., & Rath, T. (2012). Design and application of a weed damage model for laser-based weed control. *Biosystems Engineering*, 113(2). <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.07.002>
- Mathiassen, S. K., Bak, T., Christensen, S., & Kudsk, P. (2006). The Effect of Laser Treatment as a Weed Control Method. *Biosystems Engineering*, 95(4). <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.08.010>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity *{\textbar}* *{Science}* *{Advances}*. *Sci Adv*, 2(2).
- Ngugi, L. C., Abelwahab, M., & Abo-Zahhad, M. (2021). Recent advances in image processing techniques for automated leaf pest and disease recognition – A review. In *Information Processing in Agriculture* (Vol. 8, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.04.004>
- Olsen, D. R., & Wood, S. B. (2004). Fan-out: Measuring human control of multiple robots. *Conference on Human Factors in Computing Systems- Proceedings*.

- Özgen, H., & Turan, M. (2020). Sulama/İlaçlama Robotu için Nesne Tanıma Çalışmaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 50–58. <https://doi.org/10.31590/EJOSAT.779052>
- Pakdemirli, B., Birişik, N., Aslan, İ., Sönmez, B., Gezici, M., Tarım, T. C., Bakanı, O., Araştırmalar Ve Politikalar, T., Müdürlüğü, G., & Yazar, S. (2021). Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0. *Toprak Su Dergisi*, 10(1), 78–87. <https://doi.org/10.21657/TOPRAKSU.898774>
- Pereira, A., Science, M. A.-I. T. (2017). Overapproximative human arm occupancy prediction for collision avoidance. *Ieeexplore.Ieee.Org*.
- Pound, M. P., Atkinson, J. A., Townsend, A. J., Wilson, M. H., Griffiths, M., Jackson, A. S., Bulat, A., Tzimiropoulos, G., Wells, D. M., Murchie, E. H., Pridmore, T. P., & French, A. P. (2018). Erratum: Deep machine learning provides state-of-the-art performance in image-based plant phenotyping [GigaScience, 6, 10] DOI: 10.1093/gigascience/gix083. In *GigaScience* (Vol. 7, Issue 7). <https://doi.org/10.1093/gigascience/giy042>
- Rahman, M., Blackwell, B., Banerjee, N., & Saraswat, D. (2015). Smartphone-based hierarchical crowdsourcing for weed identification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 14–23. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2014.12.012>
- Russell, S., Foundations, P. N. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach, Global Edition 4th. *Elibrary.Pearson.De*.
- Sabancı, K., & Aydın, C. (2014). Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(4), 406. <https://doi.org/10.15832/tbd.33629>
- Sahin, H. (2014). Effects of Microwaves on the Germination of Weed Seeds. *Journal of Biosystems Engineering*, 39(4), 304–309. <https://doi.org/10.5307/JBE.2014.39.4.304>
- Sahin, H. (2020). Investigating the effect of single and multiple electrodes on mortality ratio in electric current weed control method with NDVI technique. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(4), 1973–1984. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.698307>
- Sahin, H., & Saglam, R. (2015). *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science A Research About Microwave Effects On The Weed Plants*. 10(3).
- Sahin, H., & Yalınkılıç, M. (2017). Using Electric Current as a Weed Control Method. *European Journal of Engineering Research and Science*. <https://doi.org/10.24018/ejers.2017.2.6.379>
- Saiz-Rubio, V., Agronomy, F. R.-M.-, & 2020, undefined. (n.d.). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Mdpi.Com*.
- Selvaraj, M. G., Vergara, A., Ruiz, H., Safari, N., Elayabalan, S., Ocimati, W., & Blomme, G. (2019). AI-powered banana diseases and pest detection. *Plant Methods*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
- Shamshiri, R. R., Weltzien, C., Hameed, I. A., Yule, I. J., Grift, T. E., Balasundram, S. K., Pitonakova, L., Ahmad, D., & Chowdhary, G. (2018). Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *Int J Agric & Biol Eng*, 11(4), 1–14. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181104.4278>

- Shepherd, R. F., Ilievski, F., Choi, W., Morin, S. a, Stokes, A. a, Mazzeo, A. D., Chen, X., Wang, M., & Whitesides, G. M. (2011). Multigait soft robot Supporting Information. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(51).
- Stanicek, B. (2020). BRIEFING EPRS | European Parliamentary Research Service. In *Members' Research Service PE* (Vol. 689).
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Agriculture, H. Y., (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Elsevier*.
- Tan, J. W., Chang, S. W., Abdul-Kareem, S., Yap, H. J., & Yong, K. T. (2020). Deep Learning for Plant Species Classification Using Leaf Vein Morphometric. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 17(1). <https://doi.org/10.1109/TCBB.2018.2848653>
- Tian, H., Wang, T., Liu, Y., Qiao, X., & Li, Y. (2020). Computer vision technology in agricultural automation —A review. *Information Processing in Agriculture*, 7(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2019.09.006>
- Tillett, N. D., Hague, T., Grundy, A. C., & Dedousis, A. P. (2008). Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering*, 99(2). <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.09.026>
- Tim Chamen, W. C., Moxey, A. P., Towers, W., Balana, B., & Hallett, P. D. (2015). Mitigating arable soil compaction: A review and analysis of available cost and benefit data. *Soil and Tillage Research*, 146(PA). <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.011>
- Tomar, P., & Kaur, G. (2021). *Artificial Intelligence and IoT-based Technologies for Sustainable Farming and Smart Agriculture*.
- Türkoğlu, M., & Hanbay, D. (2019). Plant disease and pest detection using deep learning-based features. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 27(3). <https://doi.org/10.3906/elk-1809-181>
- Walter, A., Khanna, R., Lottes, P., Stachniss, C., Siegwart, R., Nieto, J., & Liebisch, F. (n.d.). Flourish-a robotic approach for automation in crop management. *Ipb.Uni-Bonn.De*.
- Wöltjen, C., Haferkamp, H., Rath, T., & Herzog, D. (2008). Plant growth depression by selective irradiation of the meristem with CO2 and diode lasers. *Biosystems Engineering*, 101(3). <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.08.006>
- Xiaoyu, L. (2020, December). Application and research of artificial intelligence in mechatronic engineering. In *2020 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)* (pp. 235-238). IEEE.
- Yaghoubi, S., Akbarzadeh, N., ... S. B.-I. J. of, & 2013, undefined. (n.d.). Autonomous robots for agricultural tasks and farm assignment and future trends in agro robots. *Citeseer*.

## **EXTENDED ABSTRACT**

### **Introduction and Research Questions & Purpose**

The shift of the population from rural areas to cities, climate change, epidemics, migrations, the increasing need for food in the world and the increase in labor costs necessitate robotic and mechatronic applications in agriculture. Agricultural robotic and mechatronic applications also provide economic benefits by increasing productivity.

Mechanical robotic weeding applications and precision sprayer systems that reduce the use of agricultural chemicals make a positive contribution to the environment. It is expected to increase speed and efficiency with the interaction between agricultural machinery, which is one of the important outputs of Industry 4.0. It is necessary to ensure that these technologies are used more widely, to increase productivity by reducing costs and to facilitate the work of farmers.

The aim of this study is to find the common orientation of the current articles published in the agricultural transformation process, which is expressed under various titles such as digitalization in agriculture, agricultural robotics, Agriculture 4.0 and agricultural mechatronics. In this transformation process of our country, it is to determine the situation as the public and private sectors. It is to make a small contribution to researchers who will work on these issues by scanning hundreds of published articles.

### **Methodology**

It is understood that agricultural robotic and mechatronic applications have come to a new stage in this period, when we have reached the end of Industry 4.0. In order not to fall behind in the rapidly developing digital world as a country, both the private sector and public institutions have a lot of work in agricultural digitalization, as in all areas. In the study, over 400 articles made in recent years in the world and in our country under the titles such as agricultural robotics, agricultural mechatronics, digital agriculture and Agriculture 4.0 were scanned and the important studies were benefited from.

It is thought that the content and bibliography of this study will be useful to researchers who will work on similar subjects. For this reason, as much as possible, recent studies published in indexed journals have been cited.

### **Results and Conclusions**

In order to realize sustainable agricultural development, traditional agriculture and energy approaches should be abandoned and digital and smart technologies should be developed rapidly and offered to the service of the farmer.

In fact, digital agriculture is an agricultural management that provides the opportunity to increase productivity, protect the environment and make smart decisions based on data. These technologies will be able to respond to the needs of the growing world population by supporting safe, sustainable and highly productive food production. Technological innovations can help us overcome the many economic, social and environmental challenges facing agriculture today.

With the national and international policies and strategies to be developed, practices such as smart spraying, herbal diseases, monitoring of crops and soil, and smart harvesting should be started.

In order to increase this potential of our country, which is among the 10 largest agricultural economies in the world, it is necessary to support agricultural digitalization. In addition, it is necessary to know the reasons such as lack of awareness, high average age of the producers and insufficient education level of the farmers, and measures should be taken accordingly before the widespread use of these technologies in our country.

In addition, taking into account the agricultural needs of our country, digital technologies needed in agricultural mechanization should be determined and unnecessary technology imports should be prevented and the loss of national income should be prevented.

## Yazarların Biyografisi



### Hasan ŞAHİN

Yrd. Doç. Dr. olan Hasan ŞAHİN, ODTÜ Gaziantep Mühendislik Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünde bir süre okuduktan sonra, Lisans ve Yüksek Lisans derecesini, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde tamamladı. Doktora derecesini ise aynı üniversitede Tarım Makineleri Anabilim dalında tamamladı. Araştırma konuları; mikrodalga ve elektrik akımı ile yabancı ot kontrolü, tarımsal mekatronik uygulamalar, güneş enerjisinin tarımsal uygulamaları, tarımsal iş sağlığı ve güvenliği, ısıtma soğutma havalandırma sistemleridir. Halen Elektronik ve Otomasyon Bölümü Mekatronik Programında çalışmakta ve bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir.

**İletişim** [hsahin@harran.edu.tr](mailto:hsahin@harran.edu.tr)

**ORCID Adresi** <https://orcid.org/0000-0002-3977-4252>