

## TARIM SEKTÖRÜNDE ROBOT TEKNOLOJİLERİ: GELECEK VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

### Robot Technologies in Agriculture Sector: Future and Policy Suggestions

Tayfun VARNALI\*

\* [tayfun\\_kkk@hotmail.com](mailto:tayfun_kkk@hotmail.com), ORCID: 0000-0003-3895-8620

#### Derleme / Review Article

##### Geliş Tarihi:

15.01.2024

##### Kabul Tarihi:

17.04.2024

##### Anahtar Kelimeler:

Tarım Ekonomisi, Robot  
Ekonomisi, Tarımsal  
Teknoloji, Tarım Robotları

##### JEL Kodları:

E01, S12, Y90

##### Benzerlik Oranı:

Ithenticate: %4

#### ÖZ

Bu araştırma, günümüzde hızla yükselen robotik teknolojilerin tarım sektörü üzerindeki küresel etkilerini anlamayı ve bu teknolojilerin farklı coğrafi bölgelerdeki benimsenme durumlarını derinlemesine incelemeyi hedeflemektedir. Robotik teknolojiler, endüstrileri dönüştürerek otomasyon, verimlilik ve sürdürülebilirlik gibi kritik konularda önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışma, tarımda robotların işlevselliği, yaygınlığı ve benimsenme süreçlerine odaklanarak, bu teknolojilerin tarım sektöründe ekonomik ve endüstriyel etkilerini daha detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın metodolojisi, kapsamlı bir literatür taraması, mevcut verilerin derlenmesi ve ilgili analizlerin yapılmasına dayanmaktadır. Güvenilir akademik kaynaklardan elde edilen veriler, robotik teknolojilerin dünya çapındaki kullanımını, benimsenme süreçlerini ve gelecekteki eğilimleri açıklamak için kullanılmıştır. Bu kapsamlı veri analizi, farklı coğrafi bölgelerdeki tarım endüstrisindeki değişimleri anlamamıza ve gelecekteki stratejik kararları şekillendirmemize yardımcı olmaktadır.

Araştırmanın ayrıntılı değerlendirmesi, tarım sektörünün robotik teknolojilere nasıl tepki verdiğini, bu teknolojilerin sektörde nasıl entegre edildiğini ve gelecekteki gelişim potansiyelini daha iyi anlamamıza olanak tanımaktadır. Bu analiz, tarım endüstrisinin gelecekteki dönüşümü ve inovasyonu konusunda kritik öneme sahip olan faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır.

#### ABSTRACT

This research aims to understand the global impact of today's rapidly emerging robotic technologies on the agricultural sector and to examine in depth the adoption of these technologies in different geographical regions. Robotic technologies have significant potential to transform industries and address critical issues such as automation, efficiency and sustainability. This study aims to analyze in more detail the economic and industrial impacts of these technologies in the agricultural sector, focusing on the functionality, prevalence and adoption processes of robots in agriculture.

The methodology of the research is based on a comprehensive literature review, compilation of available data and conducting relevant analyses. Data from credible academic sources were used to explain the worldwide use of robotic technologies, their adoption processes and future trends. This comprehensive data analysis helps us understand the changes in the agricultural industry in different geographical regions and shape future strategic decisions.

The detailed assessment of the research allows us to better understand how the agricultural sector is responding to robotic technologies, how these technologies are being integrated in the sector and the potential for future development. This analysis will help us identify the factors that are critical for the future transformation and innovation of the agricultural industry.

**Atf / Citation:** Varnalı, T. (2024). Tarım Sektöründe Robot Teknolojileri: Gelecek ve Politika Önerileri. *Malatya Turgut Özal Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-22.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tarım endüstrisinde yaşanan hızlı değişim, tarım robotlarının giderek artan önemini vurgulamaktadır. Tarım robotlarının kullanımı, sadece tarım süreçlerini değil, aynı zamanda toplumun genel yaşam biçimlerini de etkilemektedir (Uzundumlu, 2012:34-44). Bu teknolojik devrim, yapay zekaya sahip tarım robotları aracılığıyla daha fazla otomasyon, verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlama potansiyeline sahiptir (Çirkin ve Özdağoğlu, 2021:1534-1553). Bu robotlar, elektronik, mekanik ve çeşitli teknolojik bileşenlerin bir araya gelmesiyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Günümüz tarım robotları, sadece birer teknolojik cihaz olmanın ötesine geçmiş, iş ortakları ve hatta insan işçilerinin yerini alabilen çalışma arkadaşları haline gelmiştir (Schwab, 2016:35-39).

Bu teknolojik devrimin, küresel tarım ekonomileri ve endüstrileri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Tarım robotları, dünya genelinde tarım iş yerlerinde büyük görevler üstlenmekte ve sayıları her geçen gün artmaktadır. İnsan gücüne dayalı tarım işleri, artık tarım robotları tarafından gerçekleştirilebilir hale gelmiştir (Pilevari ve Yavari, 2020: 47; Elangovan, 2021; Güdek, 2023:1131-1136). Örneğin, 2020 yılında dünya genelinde 394.000'den fazla yeni tarım robotunun satılması, tarım robot teknolojisinin ekonomilere ve endüstrilere sağladığı büyük katkının bir göstergesidir (Reportlinker, 2024).

Bu çalışmanın temel yöntemi, literatür taraması ve derlemeye dayanmaktadır. İlgili kaynaklardan toplanan veriler, tarım robot teknolojilerinin dünya genelindeki yaygınlığı, kullanım alanları ve farklı coğrafi bölgelerdeki benimsenme hızı hakkında bilgi sağlamak için kullanılmıştır. Bu veriler, mevcut trendleri ve gelecekteki olası gelişmeleri anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Ayrıca, bu çalışma bilgileri güncel ve güvenilir kaynaklardan elde etmek amacıyla güvenilir akademik dergiler, tezler ve makalelerden derlenmiştir. Kaynakların güvenilirliği ve geçerliliği üzerinde titizlikle durulmuş, yalnızca güvenilir kaynaklardan elde edilen bilgiler bu makaleye dahil edilmiştir.

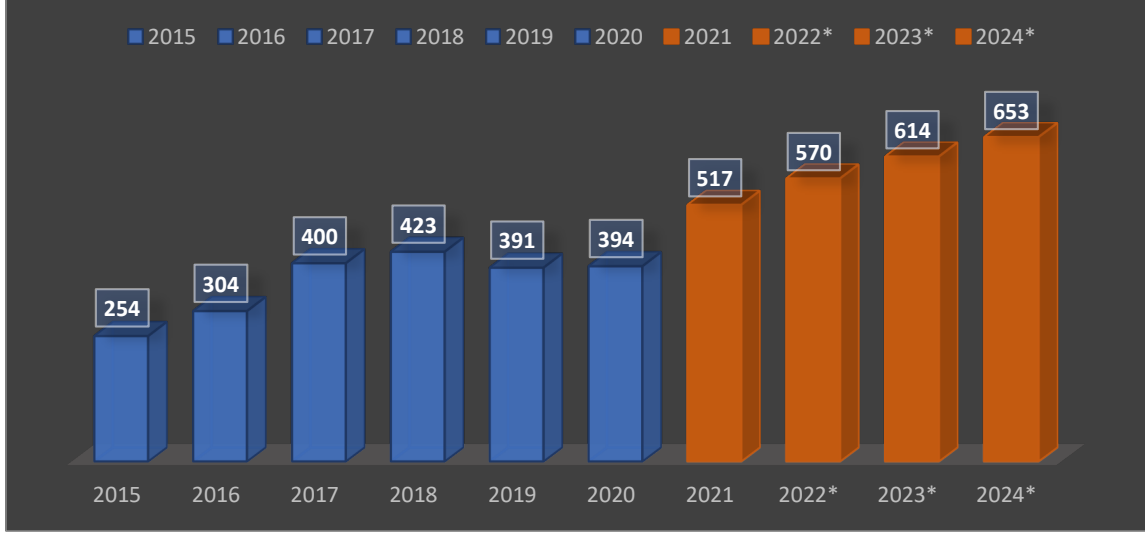
Bu araştırmanın yöntemi, mevcut literatürü kapsamlı bir şekilde inceleyerek tarım robot teknolojilerinin küresel yaygınlığı ve özellikle tarımda kullanım alanları hakkında genel bir bakış sunmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, tarım robot teknolojilerinin dünya genelindeki etkilerini ve gelecekteki potansiyellerini anlamamıza yardımcı olmaktadır.

## 2. ROBOTİK TEKNOLOJİLERİN KÜRESEL YAYGINLIĞI VE LİDER ÜLKELERİN ROLÜ

Günümüzün teknoloji çağında, robotik teknolojiler, insanoğlunun hayatının her alanına dokunarak iş dünyasından günlük yaşantımıza kadar yayılmış durumdadır. Bu teknolojik harikalar, manuel yöntemlerin yerini otonom bir şekilde kontrol edilebilen, çevrelerini algılayabilen, kararlar verebilen, çeşitli mekanik veya elektronik parçalardan oluşan yapay sistemler olarak tanımlanmaktadır (Çamoğlu, 2015). Artık robotlar sadece birer teknolojik cihaz değil, aynı zamanda iş arkadaşları ve hatta insanların yerine geçebilen çalışma arkadaşları haline gelmiştir. Bir robotun nasıl çalıştığını anlamak için genellikle elektronik, mekanik ve bir dizi karmaşık bileşenin nasıl bir araya geldiğini incelemek gerekmektedir (Kyriakopoulos ve Loizou, 2006:93-107).

Robotik teknolojilerinin bu kadar hızla yayılması, dünya ekonomileri üzerinde büyük bir etki yaratmaktadır. Endüstriyel robotlar, bugün dünya genelinde iş yerlerinde önemli görevler üstlenmekte ve sayıları her geçen gün artmaktadır. İnsan gücüne dayalı işler artık robotlar tarafından yapılabilir hale gelmiştir Dahası, 2019 yılında başlayan Covid-19 salgınına rağmen, 2020 yılında dünya çapında 394.000'den fazla yeni robotun satıldığı görülmektedir. Bu, robotik

teknolojisinin ekonomilere ve endüstrilere ne kadar büyük bir katkı sağladığının bir göstergesidir (IFRS, 2022a) (Şekil 1).



**Şekil 1: Küresel Boyutta Robot Satış Adedi (Bin Adet)**

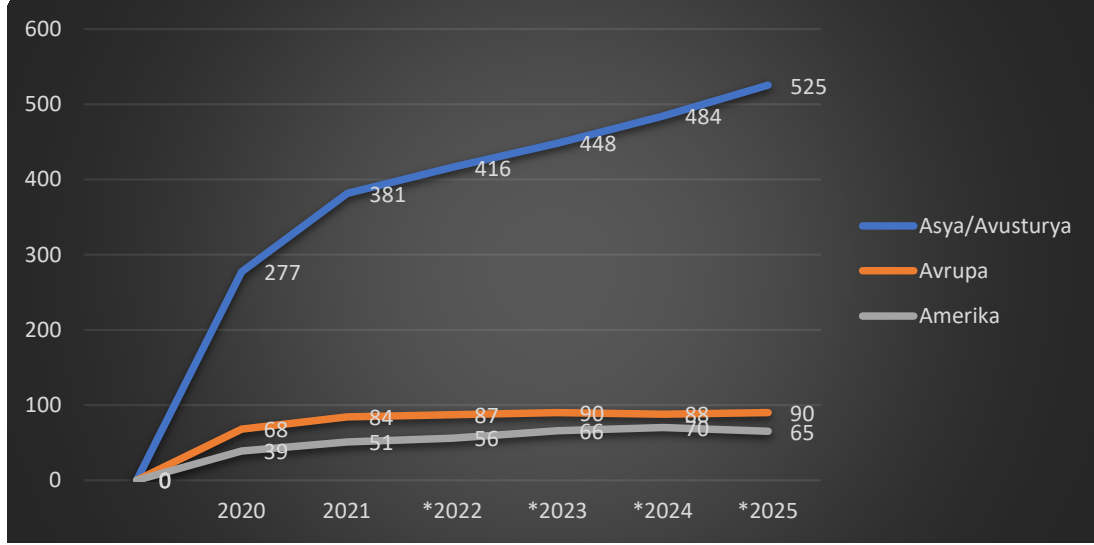
**Kaynak:** IFRS,2022a

Gelişen teknolojiyle birlikte robotlar, modern yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir (Ersöz ve Özmen, 2020: 170:179). Robotlar endüstriyel tesislerden tarım alanlarına, sağlık hizmetlerinden uzaya kadar birçok sektörde kullanılmaktadırlar. Ancak dünya genelinde robot teknolojilerinin benimsenme hızı ve kullanım alanları kıtalar arasında farklılık göstermektedir (IFRS,2022b).

Asya kıtası, robot teknolojilerinde büyük bir ivme yakalamıştır (Kılıç ve Alkan, 2018;19-49). Özellikle Çin, bu alanda büyük adımlar atmış ve robot üretiminde önde gelen bir ülke haline gelmiştir. Asya'nın bu hızlı büyümesinin arkasında geniş nüfusu ve yüksek üretim ihtiyacı gibi faktörler bulunmaktadır. Asya, endüstriyel otomasyon ve robot kullanımı konusunda öncü bir konumdadır (IFRS,2022b).

Avrupa'da endüstriyel robotlar yaygın olarak kullanılsa da büyüme oranları daha ılımlı bir seyirde ilerlemektedir (Kılıç ve Alkan, 2018;19-49). Amerika kıtasında ise robot teknolojileri, savunma, sağlık ve hizmet sektörlerinde etkin bir şekilde kullanılmakta; ancak Asya'daki üretim odaklı büyüme Amerika'da benzer bir ivme göstermemektedir (IFRS,2022b).

Kıtalar arasındaki bu farklılıklar, robot teknolojilerinin coğrafi bölgelere göre adaptasyonunu ve kullanımını etkilemektedir. Ancak küresel ölçekte, robotik pazarın büyümesi ve yaygınlaşması devam etmektedir. Robotlar, gelecekte daha da fazla sektörde etkin olacak ve teknoloji dünyasında heyecan verici bir dönüşümün habercisi olmaya devam edeceklerdir (Şekil 2).



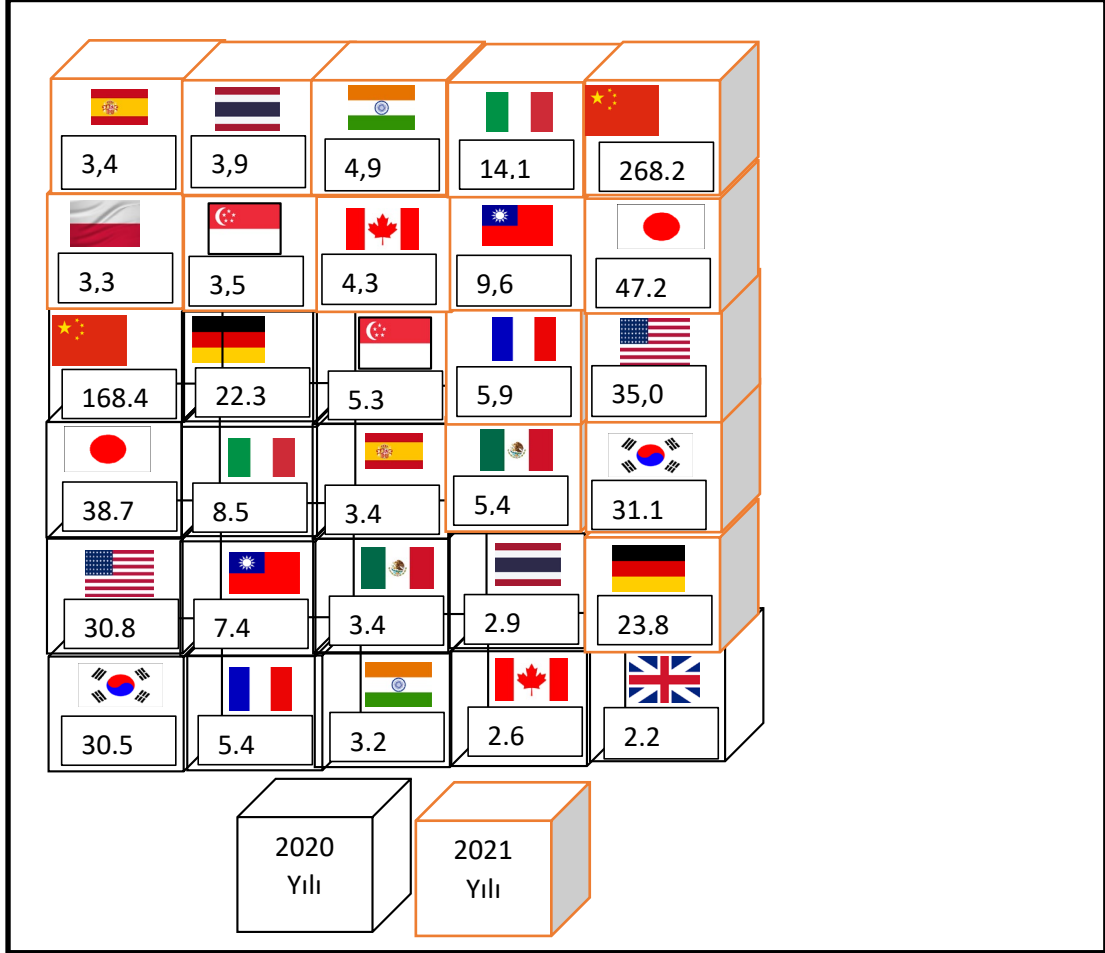
**Şekil 2: Kıtalar Boyutunda Robot Satış Adedi (Bin Adet)**

**Kaynak:** IFRS, 2022b Robot pazarının coğrafi dağılımı Şekil 3'te incelendiğinde, 2020 yılında Çin'in lider konumda olduğu görülmektedir. Çin, geniş bir endüstriyel altyapıya sahip olması ve büyük üretim kapasitesiyle robot üretiminde önemli bir oyuncu haline gelmiştir. Bu liderliği, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Güney Kore, Almanya ve İngiltere gibi diğer büyük ekonomiler takip etmektedir (IFRS, 2022c) (Şekil 3).

Japonya, uzun yıllardır robot teknolojisi konusunda öncü bir ülke olarak bilinmekte ve yüksek kaliteli robotlar ve endüstriyel otomasyon ekipmanları üretimiyle tanınmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, teknoloji şirketlerinin yanı sıra otomasyon ve robotik alanında önemli bir pazar oluşturmaktadır. Güney Kore, özellikle elektronik ve otomotiv sektörlerinde robot teknolojilerini yaygın olarak kullanmaktadır. Almanya ve İngiltere ise Avrupa'da robot üretimi ve kullanımında önde gelen ülkeler arasındadır (Şekil 3).

2021 yılına gelindiğinde, bu sıralama benzer bir şekilde devam etmektedir. Çin, hızla büyümeye devam etmekte ve robot üretimindeki liderliğini sürdürmektedir. Japonya, teknolojik bilgi birikimiyle ikinci sıradadır. Amerika Birleşik Devletleri, Güney Kore, Almanya ve İngiltere ise sıralamada yerlerini korumaktadırlar (Şekil 3).

Bu ülkeler arasındaki rekabet, robot teknolojilerinin sürekli olarak geliştirilmesine ve iyileştirilmesine yol açmaktadır. Robot pazarı, bu lider ülkelerin inovasyon ve yatırımlarıyla şekillenmeye devam etmektedir. Gelecekte, daha fazla ülkenin robot teknolojilerine odaklanmasıyla bu pazarın daha da büyümesi beklenmektedir. Robotlar, endüstrilerin otomasyonu, sağlık hizmetleri, tarım ve daha birçok alanda önemli bir rol oynamaya devam edecek gibi görünmektedir (IFRS, 2022c) (Şekil 3).



Şekil 3: Küresel Çapta Endüstriyel Kurulumlarında İlk 15'e Giren Ülkeler Listesi (Bin Adet)

Kaynak: IFRS, 2022c,

### 3. TARIM SEKTÖRÜNDE ROBOTLAR VE YAPAY ZEKÂ: GELECEĞİN TARIMI

Ülkeler için tarım, hayvansal ve bitkisel ürünlerin üretimi, ürün kalitesinin artırılması, verimliliğin maksimum düzeye çıkarılması, ürünlerin uygun koşullarda depolanması, işlenmesi ve pazarlanması gibi geniş bir yelpazede incelenen kritik bir bilim dalıdır (Anonim, 2018). Tarım sektörü, bir ülkenin ekonomisi için hayati bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, ülkeler, gıda ürünlerinin üretimini ve işlenmesini destekleyerek halkın gıda ihtiyaçlarını karşılama konusunda önemli bir rol üstlenirler. Bu durum, toplumun sağlığına ve kalkınmasına olumlu katkıda bulunmaktadır (Erdoğan ve Aydınbaş, 2021:213- 232). Bu bağlamda, tarım sektörünün ekonomik katkısı, bir dizi faktörü içermektedir:

- **İmalat, sanayi ve hizmet sektörlerine iş gücü sağlama:** Tarım, çiftçilerin ve tarım işçilerinin istihdam edildiği bir sektördür. Bu nedenle işsizliği azaltabilir (Kılavuz ve Erdem, 2019:135).
- **Gıda talebinin karşılanması:** Tarım sektörü, bir ülkenin gıda talebini ve nüfusun beslenme ihtiyaçlarını karşılamaktadır (Kılavuz ve Erdem, 2019:135).

- **Hammadde temini:** Tarım, gıda sanayi ve diğer sektörler için hammaddeler sağlar. Böylece üretimi desteklenmektedir (Kılavuz ve Erdem, 2019:135).
- **Döviz girişi:** Tarım ürünlerinin ihracatı, bir ülkenin döviz kazanmasına yardımcı olmaktadır (Kılavuz ve Erdem, 2019:135).
- **Kırsal kalkınma:** Tarım, kırsal bölgelerin gelişimine katkıda bulunarak ekonomik eşitsizlikleri azaltabilmektedir (Kılavuz ve Erdem, 2019:135).

Bu faktörler, tarım sektörünün ulusal ekonomilere ve toplumların refahına olan önemini vurgulanmaktadır. Ancak, tarım sektörünün pozitif ekonomik katkılar sağlaması için sürekli olarak yenilenmesi ve geliştirilmesi gereklidir (Kirmikil ve Ertaş, 2020).

2000'li yıllardan itibaren dünya genelinde robotik ve yapay zekâ çalışmaları hızla gelişmiş ve bu gelişmeler tarım sektörünü de etkilemeye başlamıştır. Bu yeni teknolojilerin tarım sektörüne uyarlanması, Tarım 4.0 olarak adlandırılan bir dönemi başlatmıştır. Tarım 4.0; sensörler, mikro işlemciler, yazılımlar, algılayıcılar gibi bir dizi teknolojiyi içermekte ve bu teknolojilerin tarım sektöründe kullanılması amaçlanmaktadır (Aldağ ve diğ., 2018). Tarım 4.0'ın sunduğu olanaklar şunlardır:

- **İnsansız hava araçları (İHA) kullanımı:** Tarım sektörü, İHA'lar aracılığıyla tarım alanlarını izlemek, veri toplamak ve hatta ilaçlama gibi görevleri gerçekleştirmek için bu teknolojiden yararlanabilmektedir (Türker, 2019).
- **Hava tahminleri ve hava istasyonları:** Tarım 4.0, çiftçilere daha doğru hava tahminleri ve iklim verileri sunarak tarım faaliyetlerini optimize etmelerine yardımcı olabilmektedir (Türker, 2019).
- **Bitki sensörleri ve kablosuz bağlantılar:** Bu teknolojiler, bitkilerin büyüme koşullarını izlemek ve veri analizi yapmak için kullanılabilir (Türker, 2019).

Bu teknolojik olanaklar, tarım sektörünün sürdürülebilirliğini artırabilmekte ve ürün verimliliğini optimize edebilmektedir. Ancak, Tarım 4.0, yapay zekâ ve robotikleşme sayesinde ürün seviyelerini artırarak elde edilen ekonomik kaynakların ülke ekonomilerine olumlu katkı sağlamayı hedeflemektedir (Kuo, 2015:15-25).

Tarım sektöründe, insan gücü yerine robot teknolojisinin kullanılması için yapılan AR-GE çalışmaları hem kamu hem de özel sektör tarafından prototipler halinde sürdürülmektedir (Pakdemirli ve diğ., 2021:78-87). Günümüzde tarım robotları üzerindeki çalışmalar hızla devam etmektedir ve bu robotlar, farklı görevler için kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Bu gelişmeler, tarım sektörünün gelecekte nasıl dönüşeceğini göstermektedir (Özgüven ve diğ., 2016:108).

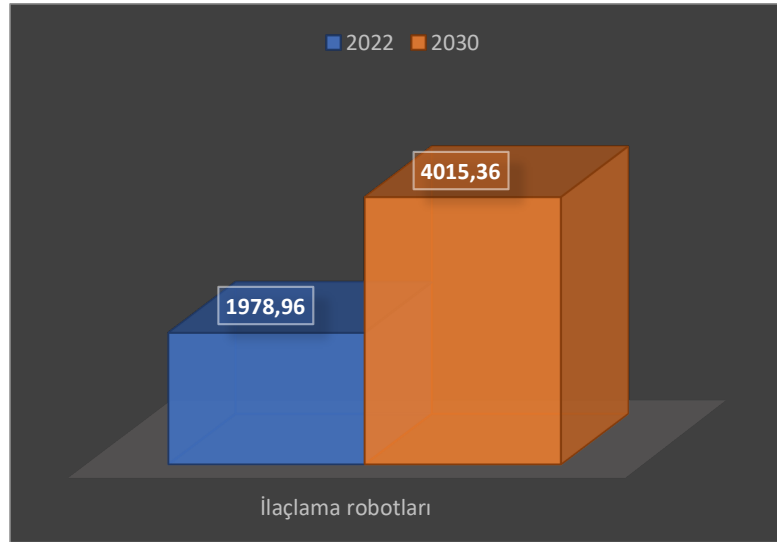
Tarım sektöründe, insan gücü yerine robot teknolojisinin kullanılması için kamu ve özel sektörler tarafından prototip çalışmaları ülkelerde devam etmektedir. Günümüzde tarım robotiği üzerine yapılan AR-GE (Araştırma ve Geliştirme) çalışmaları hızla ilerlemektedir (Pakdemirli ve diğ., 2021:78-87).

Üretilen tarım robotları, kullanım alanlarına göre iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Bu kategoriler, tarım işlemlerinin gerçekleştirildiği ortama bağlı olarak belirlenmektedir. Açık alan robotları, tarım arazilerinde kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Bu kategoriye mera yönetimi, ilaçlama, ekim/dikim, silaj yapımı, budama ve GPS destekli kontrol sistemleri gibi robotlar dahildir. Açık alan robotları, büyük tarım arazilerinde verimliliği artırmak ve işçilik maliyetlerini azaltmak için kullanılmaktadır (Pakdemirli ve diğ., 2021:78-87).

Kapalı alan robotları ise daha kontrollü çevrelerde kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir. Bu kategoriye, süt sağımı, hasat işlemleri ve ahır içi robotlar gibi örnekler dahildir. Kapalı alan robotları, hayvan bakımı ve süt üretimi gibi işlemlerde insan müdahalesini en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Tekin ve Değirmencioğlu, 2010;358-359).

Tarım robotları, çeşitli sensörler, kameralar ve ileri teknoloji kullanarak çalışırlar. Genellikle belirlenmiş bir görevi yerine getirmek üzere tasarlanmış olan bu robotlar, belirli bir algoritma veya programlama doğrultusunda hareket etmektedirler. Örneğin, mera robotları, bitki sıralarını algılayabilen ve robotun sıralar boyunca hareket etmesini sağlayabilen görüntüleme sistemleriyle donatılmış otonom robotlardır. Bu robotlar, yabancı otları temizlemek için kullanılan bir yabancı ot aracını kontrol etmektedir (Pérez-Ortiz ve ark., 2016: 85- 94; Kounalakis ve ark., 2019; Çolak ve Işık,2021: 166-176).

İlaçlama robotları ise daha az pestisit kullanımıyla öne çıkarlar ve bitkilerin gereksinim duyduğu ilacı doğrudan hedef bölgelere uygulayabilirler. Bu yaklaşım, gereksiz ilaç kullanımını önlerken, istenmeyen bitki hastalıkları ve zararlılarla mücadelede etkili bir yöntem sunmaktadır (Astrand ve Baerveldt 2002). İlaçlama robotları ise hassas algılama ve hedefe yönelik ilaçlama teknolojileri kullanarak bitkilerin gereksinim duyduğu ilacı doğrudan hedef bölgelere uygulamaktadır (Özgüven, 2023:174-193). Bu robotlar, genellikle belirli bir alanda belirlenmiş rotalarda ilerlemekte ve toprağa veya bitkilere zarar vermeden ilaçlama işlemini gerçekleştirmektedir. Bu yaklaşım, gereksiz ilaç kullanımını önlerken, istenmeyen bitki hastalıkları ve zararlılarla mücadelede etkili bir yol sunmaktadır (Sabancı ve Aydın, 2014:407-409).



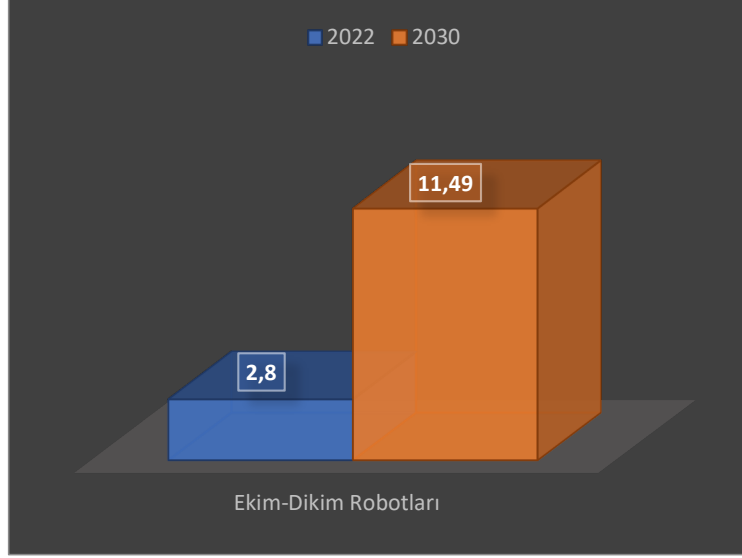
**Şekil 4: Küresel Çapta İlaçlama Robotları (Milyar Dolar Cinsinden)**

**Kaynak:** Zionmarketresearch,2022

Küresel ilaçlama robotu pazarının büyüklüğü, 2022'de yaklaşık 1.978,96 milyar ABD Doları seviyesindedir. 2030'a kadar yaklaşık 4.015,36 milyar ABD Doları'na ulaşması beklenmektedir. Bu durum ilaçlama robotlarının pazarının genişliğini ve önemini belirtmektedir. 2030 yılına kadar tahmin edilen bu büyüme, ilaçlama robotlarının tarım sektöründe artan bir talep ve kullanım alanı bulmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Bu pazarın büyümesi, daha verimli ve etkili ilaçlama işlemlerine olan ihtiyacın artmasıyla doğrudan ilişkilidir (Karadöl veAybek, 2017:130-131). Dolayısıyla, ilaçlama robotları pazarının gelecekteki büyümesinin, teknolojik ilerlemelerin ve

endüstriyel taleplerin gereksinimlerine göre şekilleneceği görülmektedir (Zionmarketresearch, 2022) (Şekil4).

Ekim ve dikim robotları ise GPS ve benzeri ileri teknolojiler kullanarak, her bir tohum için en uygun aralık ve derinliği belirleyerek tohumları toprağa hassas bir şekilde yerleştirmektedir. Bu robotlar, genellikle amaç odaklı mobil robotlar veya otonom traktörler kullanılarak büyük ölçekli tarım sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Tekin,2013:273-278).



**Şekil 5: Küresel Ekim-Dikim Robotları (Milyar Dolar Cinsinden)**

**Kaynak:** Virtuemarketresearch, 2023

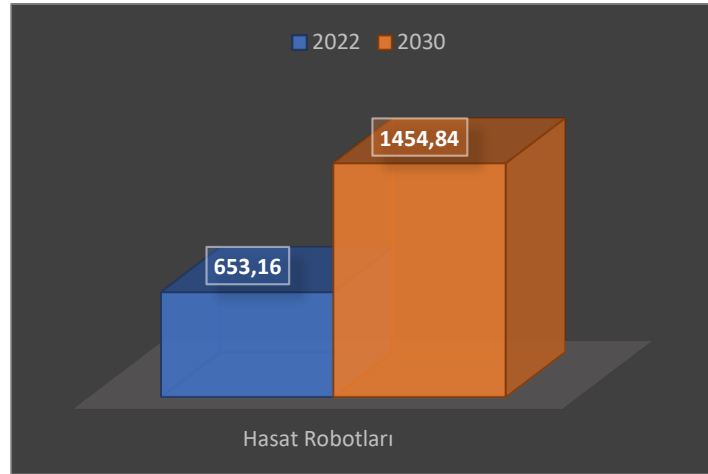
Küresel ekim ve dikim robotları pazarı, gelecek on yılda önemli bir büyüme potansiyeline sahip olacağı tahmin edilmektedir. 2022'deki 2,8 milyar ABD Dolar'lık dünya genelindeki kazanç elde edilen ekim ve dikim robotlarından, 2030'a kadar 11,49 milyar ABD Dolar gelir elde edilmesi beklenmektedir. Bu büyüme, artan gıda talebinin yanı sıra, çiftçilerin daha verimli ve hassas üretim yöntemlerine olan ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Ekim ve dikim robotları, çiftçilere önemli avantajlar sunmaktadır. Daha hassas ekim yaparak ve ekim süreçlerini daha verimli hale getirerek, çiftçilerin verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca, bu robotlar sayesinde her bir tohumun doğru derinlik ve aralıkta yerleştirilmesi sağlanarak, mahsullerin daha sağlıklı ve homojen bir şekilde büyümesi mümkün olabilmektedir. Bu durum, sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemekte ve kaynakların daha etkin kullanılmasına yardımcı olabilmektedir (Virtuemarketresearch, 2023) (Şekil 5). Ancak, ekim ve dikim robot teknolojisinin yaygınlaşmasını engelleyen önemli bir engel bulunmaktadır. Bu engel robot üretiminde yüksek maliyettir. Gelişmiş teknoloji ve özel parçalar gerektiren bu robotlar, üretim maliyetlerini artırmakta ve küçük çiftliklerde veya az kaynağa sahip bölgelerdeki çiftçiler için erişilemez hale gelmektedir. Dolayısıyla, bu robotları üreten şirketlerin, maliyetleri düşürmek ve teknolojiyi daha geniş bir çiftçi kitlesine ulaştırmak için çözümler bulmaları gerekmektedir. Bu, sadece çiftçilerin daha sürdürülebilir ve verimli tarım uygulamalarına geçmesine yardımcı olmakla kalmayacak, aynı zamanda küresel gıda güvenliğine de katkıda bulunacaktır (Virtuemarketresearch, 2023) (Şekil 5).

Budama robotları da belirlenmiş bir görevi yerine getirmek üzere tasarlanmışlardır. LIDAR uzaktan algılama sistemleri ve son derece uzmanlaşmış GPS teknolojileri kullanarak



çalışmaktadır. Örneğin, bir budama robotu, lazerle hedeflediği bir nesnenin geri yansımaları için gereken süreyi ölçerek mesafeleri belirlemektedir. Ardından, yerleşik bir 3D kamera kullanarak, hangi dalların kesilmesi gerektiğini belirlemekte ve pençe benzeri bir cihaz kullanarak budama işlemini gerçekleştirmektedir (Yıldırım ve Bettemir, 2018:292-308).

Hasat robotları, meyve ve sebzeler gibi tarımsal ürünlerin toplanması için geliştirilmiş özel robot sistemleridir. Bu robotlar, mahsullerin hasat için uygun olup olmadığını tespit etmek için sensörler ve kameralardan yararlanmakta ve daha sonra mahsulleri zarar vermeden dikkatlice hasat etmek için robot kolları veya diğer araçlar kullanmaktadır (Kahya ve Arın,2019:43-50, Cheng et al., 2020; Shepherd et al., 2011). Genellikle, hasat işleminden altı eksenli robotlar sorumlu olup ve sabit bir yapıya sahip olduklarından genellikle mobil birimlerle eşleştirilmektedir. Bu mobil birim, bir mobil robot veya bir robotik taşıma ünitesi (RTU) olabilmektedir (Güven,2022:253-260). Verimli bir hasat süreci için doğru uç etkileşimi seçimi büyük önem taşımaktadır. Ürüne uygun griplerin kullanılması gerekmektedir. Örneğin, daha hassas meyve ve sebzeler için yumuşak gripler veya vantuzlar tercih edilebilmektedir. Uygulama için en uygun griplerin seçimi genellikle robot üreticileri tarafından önerilmektedir (Türk ve Lüy,2021:263). Verimli hasat süreci, sadece üretkenliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda toplanan mahsulün kalitesini de etkilemektedir. Gelişmiş algılama ve kavrama teknolojileri kullanılarak, hasat robotları tarımsal operasyonların optimize edilmesine katkı sağlamakta ve mahsullere zarar verme riskini minimize etmektedir (Güven,2022:253-260). Bu robotların çiftçilere sağladığı avantajlar, mahsullerin verimliliğini ve kalitesini artırmasıyla ilgilidir (Akbaş ve Bağcı,2021:104-121). Ancak, bu teknolojinin yaygınlaşmasını engelleyen en büyük faktörlerden biri yüksek maliyettir. Özellikle küçük çiftlikler için, otomasyon maliyetlerinin yüksek olması ve tamamen otonom robotların karmaşıklığı, pazarın büyümesini kısıtlayıcı etkenler arasında yer almaktadır.



**Şekil 6: Küresel Hasat Robotları (Milyon Dolar Cinsinden)**

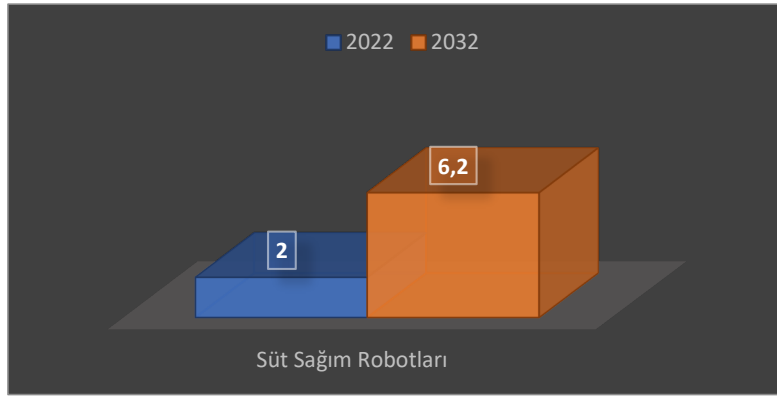
**Kaynak:** Databridgemarketresearch, 2022

Hasat robotlarının pazar değerinin 2022'de 653,16 milyon ABD Doları olduğu ve 2030'a kadar 1451,84 milyon ABD Doları'na ulaşması beklenmektedir. Bu önemli büyüme öngörüsü, tarım endüstrisindeki otomasyonun giderek artan kabulünün bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Hasat robotlarının kullanımı, mahsullerin toplanması sürecini daha verimli ve etkili hale getirerek çiftçilere önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Bu büyüme trendi, tarım sektöründeki teknolojik

ilerlemelerin ve otomasyonun artan talebiyle uyumlu bir şekilde ilerlediği izlenimi vermektedir (Databridgemarketresearch , 2022). (Şekil6).

Sağım robotları, otomatik makineler kullanılarak sütün elde edildiği makinelerdir. Bu robotlar, ineklerin gün boyunca belirli aralıklarla sağılmasını sağlamakta ve bu da günlük ortalama sağım sayısının artmasına ve üretimin verimli yapılmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji, Avrupa'da süt çiftliklerinde işgücü sorunlarını çözmek için geliştirilmiş ve daha sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde de kullanılmaya başlanmıştır.

Süt sağım robotları, geleneksel sağım yöntemlerinden farklı olarak ineklerin bireysel olarak yönetilmesini sağlamaktadır. Bu sistemler, sütün kalitesi, miktarı ve inek sağlığı hakkında veri toplayarak çiftçilerin sürülerini daha iyi yönetmelerine olanak tanımaktadır. Otomatik sağımdaki teknolojik ilerlemeler ve farklı teknolojilerin entegrasyonu, pazar gelişimini teşvik eden önemli faktörlerden biridir.



**Şekil 7: Küresel Süt Sağım Robotları (Milyar Dolar Cinsinden)**

**Kaynak:** Thebrainyinsig, 2023

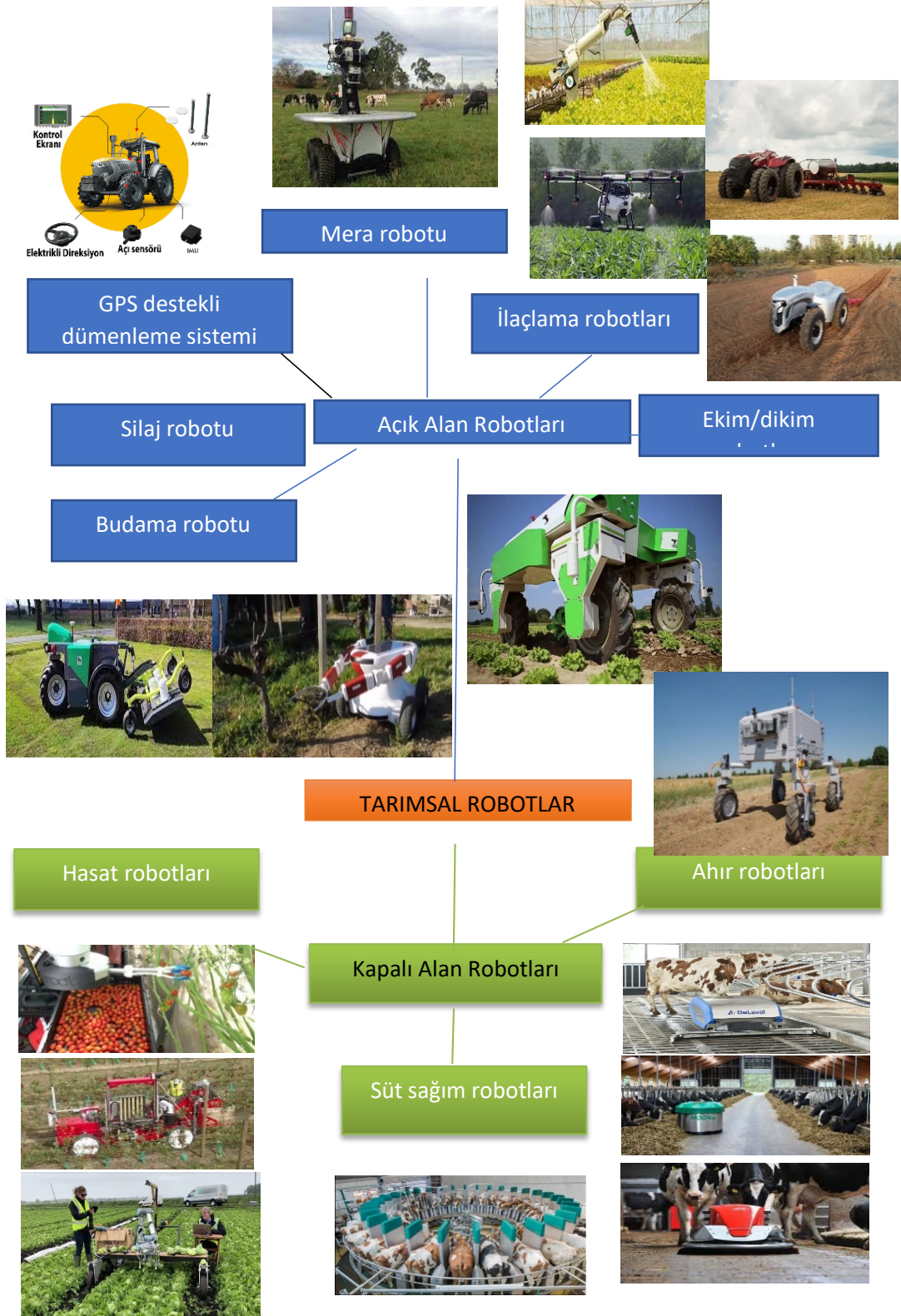
Küresel süt sağım robotları pazarı, 2022 yılında 2,0 milyar ABD doları değerindeyken, 2032'ye kadar 6,2 milyar ABD dolarına ulaşması tahmin edilmektedir. Bu artışın ana sebebi, süt endüstrisindeki büyüme ve otomatik sağıma olan yüksek taleptir. Otomatik sağıma yönelik artan talep, süt üretimini daha düşük işgücü maliyetleriyle geliştirmek için sistem çözümlerine olan ihtiyacı artırmakta ve süt ürünlerine olan artan talep, pazarın büyümesini önemli ölçüde etkilemektedir (Thebrainyinsig, 2023 )(Şeki7).

Küresel hayvan besleme robotları pazarı, 2021'den 2026'ya kadar %7,5'lik bir büyüme ile ivme kazanması ve 2023-2031 arasında %8,1'lik bir büyüme öngörülmektedir. Bu robotlar, çiftliklerde hayvanların yemlenmesi için tasarlanmış otomatik makinelerdir. Hayvan besleme robotları, çeşitli hayvan türlerine yem dağıtımını kolaylaştırarak çiftlik maliyetlerini azaltmakta ve işgücü verimliliğini artırmaktadır (Kaya ve Örs, 2015; Gezici ve diğ., 2023:29-30). Pazarın büyümesi, artan et ve süt talebiyle, hayvanların beslenme ihtiyacını karşılamak için otomatik çözümlere olan talebin artmasıyla doğrudan ilişkilidir. Ayrıca, insansız yem karma ve hazırlama sistemlerine artan talep ile yapay zeka destekli besleme sistemlerine olan artan ilgi de pazarın büyümesini destekleyen faktörler arasındadır (Globalmarketestimates, 2024).

Sonuç olarak, tarım sektöründe çalışan robotlar, tarımın daha verimli ve sürdürülebilir hale getirilmesine katkı sağlamaktadır. Tarım robotları alanlarına göre kullanım amaçlarına ve çalışma ortamlarına göre çeşitli faydalar sağlamaktadır (Şekil 8).

### Şekil 8: Tarım Sektöründe Çalışan Robotların Kullanım Amaçlarına ve Çalışma Ortamlarına Göre Sınıflandırılması

Kaynak: Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.



Küresel çapta robotik ve yapay zekâ odaklı firmaların tarım sektöründe geliştirdikleri ürünler, tarımın geleceğini şekillendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, bazı öncü firmaların ürünlerine yakından bakıldığında dikkat çekici gelişmeler görülmektedir. Bu ürünler, tarım sektöründe önemli dönüşümlere yol açabilir ve bu nedenle gelecekte tarımın daha verimli, sürdürülebilir ve teknoloji odaklı bir sektör haline gelmesine katkı sağlayabilmektedir.

Ecorobotix'in güneş enerjisiyle çalışan robotu, fenoloji izleme ve keşif amaçlı çeşitli sensörlerin entegre edilebildiği bir robot modelidir. Güneş enerjisiyle şarj edilebilen pillerle donatılmıştır ve tamamen otomatik bir şekilde işlev görmektedir; insan müdahalesi olmadan kesintisiz 12 saat boyunca çalışabilmektedir. Görevlerin yüklenmesi ve robotun kontrolü için bir akıllı telefon uygulaması mevcuttur. Çalışma esnasında, tablet, bilgisayar veya akıllı telefon uygulamaları aracılığıyla robot izlenebilmektedir. Ayrıca, GPS konumlandırma sistemini ve görüntü tabanlı navigasyonu eş zamanlı olarak kullanılmakta ve belirlenen koordinatlar boyunca hareket edebilmektedir. Farklı üretici firmaların sensörleriyle uyumlu arabirimler oluşturabilmekte ve hafif yapısı sayesinde toprak yapısını bozmadan ve toprağı sıkıştırmadan çalışabilmektedir. Robotun toplam ağırlığı 130 kg olup saniyede 0.4 m hızla hareket edebilmektedir (Şekil 9) (Tarlaser, 2018).



**Şekil 9: Ecorobotix'in Güneş Enerji İle Çalışan Tarımsal Robotu**

**Kaynak:** Çabuker, 2022

Naio Technologies'in ürettiği robot, yetiştirme süreçlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu robot, tarım işlemlerini otomatikleştirerek işgücü maliyetlerini azaltırken, ürünlerin daha etkili bir şekilde yetiştirilmesine yardımcı olmaktadır. Dino ismi verilen bu robot, sebze yataklarını ve sıralarını otonom olarak işlemek üzere geliştirilmiş bir robot sistemidir. Ölçüleri, uzunluğu 250 cm, yüksekliği 130 cm ve tekerlek eksenleri arasında 140 ila 180 cm arasında değiştirilebilir mesafeyi içermektedir. Böylece maksimum uzunluk 250 cm olarak ayarlanabilmektedir. Ağırlığı (aletsiz) 800 kg olup, bu değer pil ve ekipman konfigürasyonuna bağlı olarak değişebilmektedir. Güç kaynağı olarak lityum piller kullanılmaktadır. Çalışma süresi en fazla 8 saat olarak belirlenmiştir. Çekiş gücü dört tekerlekten sağlanmaktadır. Navigasyon sistemi GPS-RTK ve kamera ile donatılmış olup, santimetrik hassasiyete sahiptir. Çalışma verimi günde 5 hektara kadar ulaşabilir. Çalışma genişliği 120 ila 160 cm arasında değişmektedir ve 15 ila 50 cm arası satırlar arasında hareket edebilmektedir. Maksimum hızı 4 km/saat'tir. Ayrıca, hırsızlık olaylarına karşı izleme cihazıyla donatılmış olup kısa mesaj iletişimi özelliği bulunmaktadır (Şekil 10) (Linak, 2020).



Şekil 10: Naio Technologies'in Ecorobotix'in Dino İsminde Tarımsal Robotu

Kaynak: Çabuker, 2022

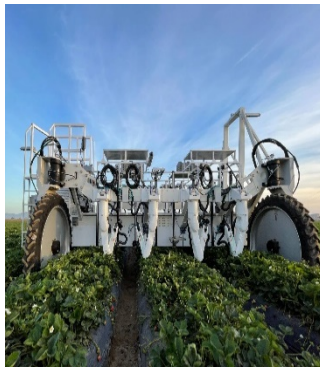
Energid firmasının narenciye toplama robotu, meyveleri elle toplamak yerine kollarını kullanarak bu işlemi gerçekleştirmekte ve böylece meyve hasadını hızlandırarak işgücü tasarrufu sağlamaktadır (Şekil 11) (Trakyaotoblog, 2021).



Şekil 11: Energid Firmasının Narenciye Toplama Robotu

Kaynak: Çabuker, 2022

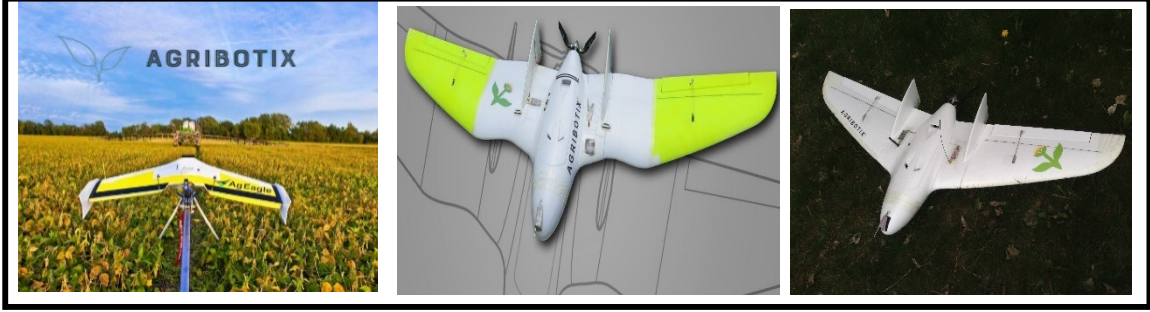
Agrobot'un E serisi robotu ise yapay zekâ teknolojisi ile donatılmıştır. Bu robot, ekili ürünler arasında dolaşarak bitkilerin olgunluk seviyelerini izlemekte ve bu verilerle tarım süreçlerini daha verimli hale getirmektedir (Şekil12)(Mechanicalspider,2020).



Şekil 12: Agrobot'un E Serisi Robotu

Kaynak: Çabuker, 2022

Agribotix'in tasarladığı robot ise düşük maliyetli bir yaklaşım benimsemektedir. Bir drone gibi tasarlanmış olan bu robot, tarlalara uçarak yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörler aracılığıyla veri toplamaktadır. Elde edilen veriler, çiftçilere tarla hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Böylece tarım süreçleri daha iyi yönetilebilmektedir (Şekil 13) (Trakyaotoblog, 2021).

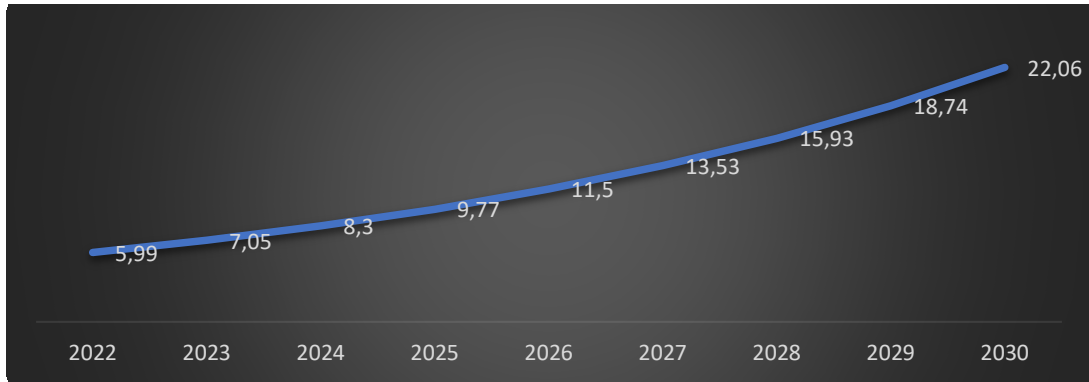


Şekil 13: Agribotix Tarımsal Robotu

**Kaynak:** Çabuker, 2022

Sonuç olarak tarım sektörüne yönelik robotik teknolojisi her geçen gün yeni AR-GE çalışmaları ve üretilen robotlarla daha fazla büyümektedir. Ancak, küresel olarak tarım robotları pazarının 2022 yılında 5,99 milyar Amerikan doları olduğu ve 2028'de 15,93 milyar Amerikan dolarına, 2029'da 18,74 milyar Amerikan dolarına ve 2030'da 22,06 milyar Amerikan dolarına ulaşması tahmin edilmektedir. Bu gelişmeler, tarım sektörüne yönelik robot teknolojisi üreten ülkelerin pazardaki paylarının giderek arttığını göstermektedir (Statista, 2020) (Şekil 14).

Tüm bu gelişmeler, tarım sektöründe teknoloji ve otomasyonun giderek artan bir şekilde benimsendiğini ve uygulandığını göstermektedir. Bu robotlar, tarımsal faaliyetlerin daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanırken, aynı zamanda işgücü maliyetlerini azaltarak verimliliği artırmaktadır. Gelecekte, bu tür robotlar sayesinde tarımın daha verimli, sürdürülebilir ve veri odaklı bir sektör haline gelmesi beklenmektedir. Küresel olarak tarım robotları pazarının büyümeye devam etmesi, bu alana yatırım yapan ülkelerin tarım verimliliği ve ekonomik başarılarını artırma potansiyelini işaret etmektedir. Tarımın bu teknolojilerle daha da optimize edilmesi, dünya genelinde gıda üretimi ve güvenliği açısından büyük bir önem taşımaktadır (Şekil 14).



Şekil 14: Tarımsal Robot Satışlarında Küresel Pazarlarda Elde Edilen Kazanç 2022-2030 (Milyar ABD Doları Cinsinden)

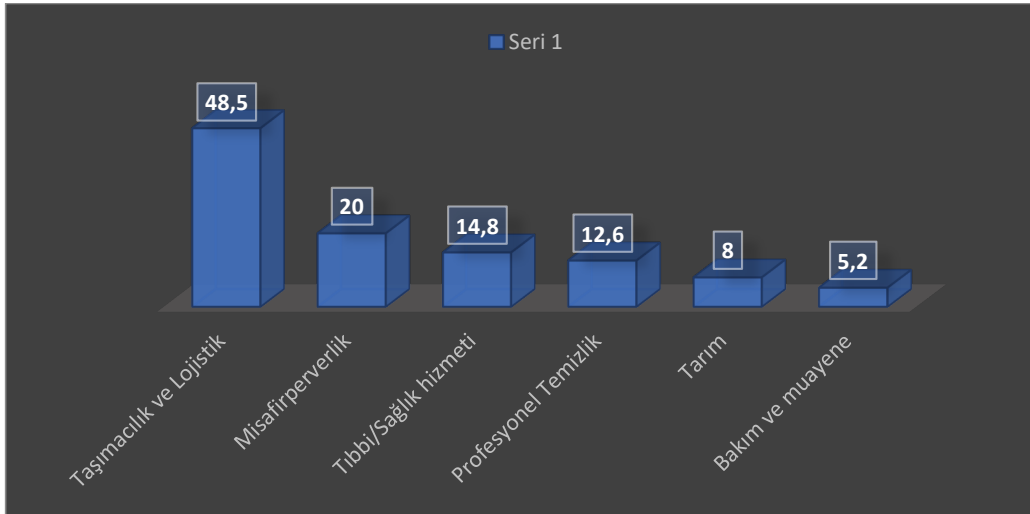
**Kaynak:** Statista, 2020

Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR), endüstriye özgü robotik uygulamaların küresel çapta sınıflandırılmasını Şekil 15'te detaylandırmaktadır. IFR'nin araştırmasına göre, tarım endüstrisinde yaklaşık 8,000 ünite robotun kullanıldığı belirlenmiştir. Bu robotların 5,800 ünitenden fazlası, genellikle sağım ve ahır temizliği gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Geri kalan robotlar ise tarımda sıkça karşılaşılan diğer uygulamalara odaklanmaktadır; bunlar arasında meyve toplama, çim biçme, ekim ve dikim gibi işlemler bulunmaktadır. Bu çeşitli uygulamalar, tarım endüstrisinde verimliliği artırmak ve işgücü maliyetlerini azaltmak için kritik bir rol oynamaktadır.

Tarım sektöründeki 8,000 robotun önemi, tarımsal üretimin modernizasyonu ve daha sürdürülebilir hale getirilmesi açısından büyük bir önem arz etmektedir. Bu robotlar, tarımsal üretimde gerçekleşen teknolojik dönüşümün bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu durum, gelecekte tarımsal faaliyetlerin otomatikleştirilmesi ve geliştirilmesi için robotların önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (IFR, 2022c).

Sonuç olarak, tarımın robotik teknolojiden daha fazla yararlanabileceğini ve bu alanda büyük bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Tarımın robotlarla daha fazla dönüşüm sağlaması, sadece verimliliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda gıda üretiminin daha sürdürülebilir hale gelmesine de katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, tarım sektöründe robot teknolojilerinin kullanımı, hem verimliliği artırarak hem de sürdürülebilir bir gıda üretimine katkı sağlayarak sektöre önemli faydalar sağlayacağı beklenmektedir (IFRS, 2022c).

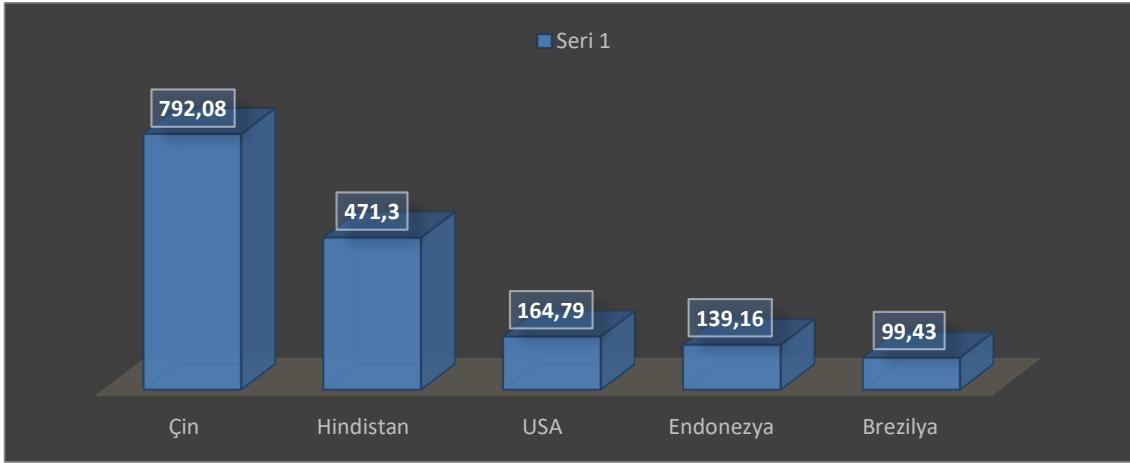
Şekil 15'te sunulan veriler, tarım sektörüne yönelik robotik teknolojinin hızla geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Tarımda kullanılan robotlar, hasat, otomasyon ve sürdürülebilirlik gibi kritik alanlarda büyük bir etki potansiyeline sahiptir. Tarımın modernizasyonu, ulusal ekonomilere büyük katkılar sağlarken aynı zamanda gıda üretimini daha verimli ve çevre dostu hale getirebilmektedir. Bu nedenle, ülkelerin tarım sektörüne yönelik robotik teknolojiye daha fazla yatırım yapması ve bu alandaki potansiyeli maksimum düzeyde kullanması gerekmektedir (IFRS, 2022c) (Şekil 15).



**Şekil 15: Robotların Uygulama Alanları Sıralaması (6 Uygulama Alanı)**

**Kaynak:** IFRS, 2022c

Ayrıca, tarım sektöründeki bu gelişmelerin küresel ölçekteki dağılımına da dikkat çekmek önemlidir. Çin, 792,08 milyon dolarlık pazar büyüklüğüyle bu alandaki liderliğini sürdürmektedir. Ancak, Amerika Birleşik Devletleri ve Endonezya gibi diğer büyük oyuncular da 471,3 milyon dolar ve 164,79 milyon dolarlık pazar paylarıyla önemli bir rol oynamaktadır. Bu veriler, tarım sektöründeki robotik teknolojinin küresel ölçekte giderek daha fazla kabul gördüğünü ve yaygınlaştığını göstermektedir (Mordorintelligence,2023) (Şekil 12).



**Şekil 12: Ülkeler Bazında Tarımsal Robot ve Mekatronik Pazar Büyüklüğü (2021 Yılı Milyon İş Gücü)**

**Kaynak:** Mordorintelligence,2023

Bu küresel tabloya paralel olarak, tarım sektörü için üretilen robotların, yazılım ve mekanik hizmetlerinin 2023'te ekonomiye sağladığı 1,1 milyar dolarlık katkı belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu, tarım sektörünün modernizasyonunda robot teknolojisinin kritik bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu hizmetlerin gelecekte de devam etmesi beklenmekte olup, 2027 yılında bu katkının daha da artması öngörülmektedir. Bu da tarımın dijital dönüşümünün ekonomiye önemli bir katkı yapmaya devam edeceğini göstermektedir (Statista,2023) (Şekil 13).



**Şekil 13:2020 Yılı Küresel Bazda Tarımsal Robotlara Verilen Hizmet Miktarı**

**Kaynak:** Statista,2023



#### 4. SONUÇ

Tarım sektöründe robot teknolojilerinin kullanımının artması, sektöre önemli avantajlar sağlamaktadır. Ancak, bu teknolojilere erişimdeki eşitsizlikler ve çiftçilerin yaşadığı zorluklar, sektördeki adaletsizlikleri gün yüzüne çıkarmaktadır. Finansal kısıtlamalar, eğitim eksikliği ve altyapı zorlukları gibi nedenlerle, çiftçiler genellikle tarımsal robotlara erişim sağlamakta zorlanmaktadır. Bu durum, tarımda teknolojik dönüşümün tüm kesimlere eşit şekilde yansıtılmadığını göstermektedir.

Özellikle küçük çiftçiler, sınırlı kaynaklara sahip oldukları için yüksek maliyetli robot teknolojilerini edinmekte zorlanmaktadır. Ayrıca, robot teknolojilerinin karmaşık yapısı ve kullanımı, çiftçilerin bu teknolojilere uygun şekilde adapte olmalarını engellemektedir. Bu durum, tarımsal robotlardan elde edilebilecek verimlilik ve sürdürülebilirlik avantajlarından yararlanamayan küçük çiftçilerin rekabet güçlerini kaybetme riskiyle karşı karşıya kalmalarına neden olmaktadır.

Bu bağlamda, hükümetlerin tarımda teknolojik dönüşüm sürecinde, tarım işletmelerinin tarımsal robotlara erişimindeki eşitsizlikleri azaltması ve küçük çiftçilerin de robotik teknolojilere erişimini sağlaması için destekleyici politikalar geliştirmesi gerekmektedir.

Tarım sektörü, dünya ekonomileri için kritik bir öneme sahip olmakla birlikte gıda üretimi, istihdam yaratma, döviz girişi sağlama gibi birçok rol üstlenmektedir. Ancak, bu sektörün daha verimli, sürdürülebilir ve teknoloji odaklı bir şekilde dönüştürülmesi gerekmektedir. Robotik teknolojiler, tarım sektöründe önemli bir dönüşümün anahtarı olabilmektedir. Bu çalışmada, tarım sektöründeki robotik teknolojilerin rolüne odaklanarak aşağıda özetlediğimiz çeşitli politika önerileri geliştirilebilir:

**1. Tarım Robotlarının Erişilebilirliğini Artırmak için Ekonomik Teşvikler:** Tarım robotlarının yaygınlaştırılması için hükümetler, çiftçilere robot teknolojilerine erişimlerini kolaylaştırmak için ekonomik teşvikler sağlayabilirler. Bu teşvikler arasında, robotların alımını desteklemek amacıyla doğrudan mali destekler, vergi indirimleri veya vergi muafiyetleri, düşük faizli krediler veya ödeme kolaylıkları gibi ekonomik destek mekanizmaları bulunmaktadır.

**2. Eğitim ve Bilinçlendirme Programları:** Tarım robotlarının etkin kullanımı için çiftçilerin eğitilmesi önemlidir. Hükümetler, tarım okulları, meslek liseleri ve tarım kooperatifleri aracılığıyla çiftçilere yönelik eğitim programları düzenleyerek robot teknolojilerini kullanma konusunda bilinçlendirme çalışmaları yapmalıdır. Bu programlar, robotların montajı, bakımı, programlanması ve verimli kullanımı konularında pratik eğitimler içermelidir.

**3. Veri Toplama ve Analizi Altyapısının Geliştirilmesi:** Tarım robotları, büyük miktarda veri toplamaktadır ve bu verilerin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için uygun altyapı oluşturulmalıdır. Hükümetler, tarım robotlarının topladığı verilerin depolanması, güvenliği ve analizi için gerekli altyapıyı sağlamalıdır. Bu altyapı, veri depolama merkezleri, güvenlik önlemleri ve analiz araçlarını içermelidir.

**4. Ar-Ge ve İnovasyonu Desteklemek:** Tarım sektöründeki robot teknolojilerinin sürekli olarak geliştirilmesi için Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına yatırım yapılmalıdır. Hükümetler, üniversiteler, araştırma enstitüleri ve özel sektör arasında iş birliğini teşvik ederek Ar-Ge projelerine destek sağlamalıdır. Ayrıca, yeni robotik çözümlerin ticarileştirilmesini teşvik etmek için patent ve fikri mülkiyet politikaları oluşturulmalıdır.

**5. Çevre Dostu Tarımı Teşvik Etmek:** Hükümetler, çevre dostu tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik etmek için çiftçilere finansal teşvikler sunabilirler. Organik tarımın desteklenmesi, kimyasal gübre kullanımının azaltılması ve su kaynaklarının korunması için teşvik

mekanizmaları oluşturulabilir. Bu politikalar, tarım sektörünün çevresel etkilerini azaltmaya ve sürdürülebilirliğini artırmaya yardımcı olabilir.

**6. Uluslararası Pazarlara Erişimi Kolaylaştırmak:** Hükümetler, robot üreticilerinin uluslararası pazarlara girişini desteklemek için ticaret anlaşmaları ve serbest ticaret bölgeleri oluşturabilirler. İhracat teşvikleri, pazar araştırma fonları ve uluslararası pazarlama destekleri gibi önlemlerle robot üreticilerinin uluslararası rekabet gücünü artırabilirler. Bu politikalar, tarım robotlarının küresel pazarlarda daha geniş bir kitleye ulaşmasını sağlayarak sektörün büyümesine katkıda bulunabilirler.

Robotik teknolojilerin küresel yaygınlığı ve tarım sektöründeki kullanımı, çağımızın teknolojik dönüşümünün önemli bir örneğini sunmaktadır. Bu çalışmada, robotların tarım alanındaki rolü incelenmiş ve gelecekteki potansiyeli vurgulanmıştır. Özellikle, robotların tarım verimliliğini artırmada, işgücü maliyetlerini azaltmada ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmede önemli bir rol oynadığı görülmüştür.

Küresel ölçekte, robotik teknolojilerin kullanımı ve benimsenmesi coğrafi bölgelere göre farklılık gösterse de bu alandaki büyüme devam etmektedir. Asya, özellikle Çin'in liderliğinde, robot üretimi ve kullanımında büyük adımlar atmaktadır. Avrupa ve Amerika ise farklı pazarlama stratejileri ve kullanım alanlarıyla kendilerine özgü bir yol izlemektedir.

Sonuç olarak, robotik teknolojilerin tarım sektöründeki kullanımı, tarımın daha verimli, sürdürülebilir ve teknoloji odaklı bir sektör haline gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu teknolojilerin daha da geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, dünya genelinde gıda üretimini artırma, işgücü maliyetlerini azaltma ve çevresel etkileri minimize etme potansiyeli taşımaktadır. Gelecekte, daha fazla ülkenin bu alana yatırım yapması ve tarım sektörünü dijitalleştirme çabalarına odaklanması gerekmektedir.

#### KAYNAKÇA

- Akbaş, G., G. ve 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>
- Aldağ, C. M., Eker, B. ve Akdoğan Eker, A. (2018). Tarım makinaları imalatında yapay zekâ uygulamaları. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/329442922\\_Artificial\\_Intelligence\\_Applications\\_in\\_Agricultural\\_Machinery\\_Manufacturing\\_Tarim\\_Makinalari\\_Imlatinda\\_Yapay\\_Zekâ\\_Uygulamaları](https://www.researchgate.net/publication/329442922_Artificial_Intelligence_Applications_in_Agricultural_Machinery_Manufacturing_Tarim_Makinalari_Imlatinda_Yapay_Zekâ_Uygulamaları) (Erişim tarihi: 22/11/2023).
- Anonim (2018). *Sürdürülebilir Tarım İlkeleri İyi Uygulamalar Rehberi*. Ömür Matbaacılık: SKD Türkiye.
- Astrand, B., Baerveldt, A-J. (2002). An Agricultural Mobile Robot With Vision-Based Perception For Mechanical Weed Control, Autonomous Robots. *Kluwer Academic Publishers*. Manufactured in The Netherlands.13, 21–35.
- Çabuker, A. C. (2022). Tarımı bütünüyle değiştirecek olan 9 robot. Erişim adresi: [https://www.endustri40.com/tarimi-butunuyle-degistirecek-olan-9-robot/?fbclid=IwAR0ouakVYRrVUBA849EdvboJZIJ9vGS37EA\\_lr\\_FaQV3COTHKO\\_UK\\_BK0UE](https://www.endustri40.com/tarimi-butunuyle-degistirecek-olan-9-robot/?fbclid=IwAR0ouakVYRrVUBA849EdvboJZIJ9vGS37EA_lr_FaQV3COTHKO_UK_BK0UE) (Erişim tarihi: 15/10/2023).
- Çamoğlu, D. (2015). *Bilgisayar Kontrollü Robotik*. İstanbul: Dikey Eksen Yayınları.

- Cheng, Y. C., Lu, H. C., Lee, X., Zeng, H. ve Priimagi, A. (2020). Kirigami-Based Light-Induced Shape Morphing and Locomotion. *Advanced Materials*, 32(7). <https://doi.org/10.1002/adma.201906233>
- Çirkin, E. ve Özdağoğlu, A. (2021). Endüstri 4.0 Bünyesindeki Otonom Robotların Sürdürülebilirlik Perspektifleri Açısından Değerlendirilmesi. *Erciyes Akademi*, 35(4), 1534-1553. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.997049>.
- Çolak, E., Ş. ve Işık, D. (2021). Yabancı Otlar ile Mücadelede Güncel Yöntem: Robotikler. *Türk Ot Bilimi Dergisi*, 24(2), 166-176
- Databridgemarketresearch (2022). Küresel hasat robot pazarı- sektör trendleri ve 2030'a kadar tahmin. Erişim adresi: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-harvesting-robots-market> (Erişim tarihi: 20/03/2024).
- Elangovan, U. (2021). *Industry 5.0: The Future of the Industrial Economy*. USA: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003190677>
- Erdinç, Z. ve Aydınbaş, G. (2021). Tarımsal Katma Değer Belirleyicilerinin Panel Veri Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 213-232. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ausbd>
- Ersöz, B. ve Özmen, M. (2020). Dijitalleşme ve Bilişim Teknolojilerinin Çalışanları Üzerindeki Etkileri. *AJIT-E: Akademik Bilgi Teknolojileri Dergisi*, 11(42), 170-179. <https://doi.org/10.5824/ajite.2020.03.007.x>
- Gezici, M., Ünay, E., Üstün, K. ve Coşkun, M., İ. (2023). Hayvancılık İşletmelerinde Teknoloji Kullanımı ve Ekonomik Verimlilik. *Ziraat Mühendisliği* (377), 26-32. <https://doi.org/10.33724/zm.1281613>.
- Globalmarketestimates (2024). Hayvan besleme robotları pazar bilgileri. Erişim adresi: <https://www.globalmarketestimates.com/market-report/livestock-feeding-robots-market-3461> (Erişim tarihi: 20/03/2024).
- Güdek, B. (2023). Endüstriyel dönüşüm ve endüstri 5.0. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1129-1142.
- Günen M., A. (2022). Nokta Bulutu Verisi Kullanılarak Elma Bahçesinden Meyve Tespiti. *ECJSE*, 9, (1), 253–265. doi: 10.31202/ecjse.962269.
- IFRS (2022a). Annual installations of industrial robots 15 largest markets 2021. Erişim adresi: [https://ifr.org/downloads/press2018/2022\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf) (Erişim tarihi: 22/11/2023).
- IFRS (2022b). Annual installations of industrial robots 2016-2021 and 2022\*-2025\*: Erişim adresi: [https://ifr.org/downloads/press2018/2022\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf) (Erişim tarihi: 15/11/2023).
- IFRS (2022c). Top 6 application for service robots. Erişim adresi: [https://ifr.org/downloads/press2018/2022\\_WR\\_extended\\_version.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf) (Erişim tarihi: 15/11/2023).
- Kahya, E. ve Arın, S. (2019). Elma Meyvesinin Fizikomekanik Makinenin Robotik Hasada Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(1), 43-50. <https://doi.org/10.29278/azd.593607>.

- Karadöl, H. ve Aybek, A. (2017). Yabancı Otların Değişken Düzeyli İlaçlanmasına Yönelik Matlab ve PLC Arası OPC Haberleşme Kullanılarak Geliştirilen Bir Kontrol Sistemi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2).
- Kaya, E. ve Örs, A. (2015). Süt Çiftliklerinde Hassas tarım teknolojileri,.2. *Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi (2-5 Eylül 2015)*, Diyarbakır, Türkiye.
- Kılavuz, E. ve Erdem, İ. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları ve Türk Tarımının Dönüşümü. *Social Sciences*, 14(4), 133-157.
- Kılıç, S. ve Alkan, R. M. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon Ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49. <https://doi.org/10.31006/gipad.417536>.
- Kılıç, S. ve Alkan, R., M. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon Ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49. <https://doi.org/10.31006/gipad.417536>.
- Kirmikil, M. ve Ertaş, B. (2020). Tarım 4.0 ile Sürdürülebilir Bir Gelecek. *International Icontech Symposium on Innovative Surveys in Positive Sciences*.
- Kounalakis T., Triantafyllidis, G., A. ve Nalpantidis, L. (2019). Deep Learning-based Visual Recognition of Rumex For Robotic Precision Farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104973.
- Kuo, Y. H. (2015). Keynote Speech 1 Production 4.0 From the Perspective of Intelligent Computing. *Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI)*, 25-25, doi:10.1109/TAAI.2015.7407046.
- Kyriakopoulos, K., J. ve Loizou, SG.(2006). Section 2.4 robotics: Fundamentals and Prospects, pp. 93-107, of Chapter 2 Hardware, in *CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology*. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE.
- Linak (2020). Elektrikli bir robot ile optimum ot yolma performansı. Erişim adresi: <https://www.linak.com.tr/segmentler/techline/ueruen-deneyimleri/optimal-weeding-with-an-electrically-powered-robot/> (Erişim tarihi: 17/11/2023).
- Mechanicalspider (2020). Bu örümcek robotlar sayesinde çiftçilik kolaylaştı. Erişim adresi:<http://www.mechanicalspider.com/farming-made-easier-thanks-to-these-spider-robots/> (Erişim tarihi: 18/11/2023).
- Mordorintelligence (2021). Farming robots and mechatronics market size and share analysis - growth trends and forecasts (2024 - 2029). Erişim adresi: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/agricultural-robots-and-mechatronics-market> (Erişim tarihi: 22/10/2023).
- Özgüven, M. M., Tan, M., Közkurt, C. Ve Yardım, M. H., (2016). Çok Amaçlı Tarım Robotunun Geliştirilmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 33(Ek Sayı), 108-116.

- Özguven, M. M., TAN, M., Közkurt, C., Yardım, M. H., vd. (2016). Çok Amaçlı Tarım Robotunun Geliştirilmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 33(Ek Sayı), 108-116.
- Özguven, 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., et al. (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>.
- Pérez-Ortiz M., Peña, J. M., Gutiérrez, P. A., Torres-Sánchez, J., Hervás-Martínez, C. Ve López-Granados, F. (2016). Selecting patterns and features for between-and within-crop-row weed mapping using UAV-imagery. *Expert Systems with Applications*, 47, 85-94.
- Pilevari, N. ve F. Yavari, (2020). Industry Revolutions Development from Industry 1.0 to Industry 5.0 in Manufacturing. *Journal of Industrial Strategic Management*, 5(2), 44-63.
- Reportlinker (2024). Dünya çapında robot pazarı. Erişim adresi: [https://www.reportlinker.com/market-report/Robotics/492848/Robotics?term=robotics%20industry&matchtype=b&loc\\_interest=&loc\\_physical=1012799&utm\\_group=standard&utm\\_term=robotics%20industry&utm\\_campaign=ppc&utm\\_source=google\\_ads&utm\\_medium=paid\\_ads&utm\\_content=transactionnel-1&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAzJotBhALEiwAtwj8ttCBuJcGAXP3dkgjuGkZ7xgqK07OxmIB0f58PJZf4fVkJUxjOf2OxoCN8QQAvD\\_BwE](https://www.reportlinker.com/market-report/Robotics/492848/Robotics?term=robotics%20industry&matchtype=b&loc_interest=&loc_physical=1012799&utm_group=standard&utm_term=robotics%20industry&utm_campaign=ppc&utm_source=google_ads&utm_medium=paid_ads&utm_content=transactionnel-1&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAzJotBhALEiwAtwj8ttCBuJcGAXP3dkgjuGkZ7xgqK07OxmIB0f58PJZf4fVkJUxjOf2OxoCN8QQAvD_BwE) (Erişim tarihi: 10/01/2024).
- Sabancı, K. ve Aydın, C. (2014). Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(4), 406-414. <https://doi.org/10.15832/tbd.33629>.
- Schwab, K. (2016), The Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum
- Shepherd, R. F., Ilievski, F., Choi, W., Morin, S. a, Stokes, A. a, Mazzeo, A. D., Chen, X., Wang, M.ve Whitesides, G. ,M. (2011). Multigait Soft Robot Supporting Information. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(51).
- Statista (2020). 2022'den 2030'a kadar tarımsal robotlar için küresel pazar. [Erişim adresi: https://www.statista.com/statistics/744965/agricultural-robot-global-market/](https://www.statista.com/statistics/744965/agricultural-robot-global-market/) (Erişim tarihi: 20/10/2023).
- Statista (2023). Hizmet türüne göre 2020 ve 2025'te hizmet olarak tarım teknolojisi pazarının büyüklüğü. Erişim adresi: <https://www.statista.com/statistics/1092149/agriculture-technology-as-a-service-market-by-service-type/> (Erişim tarihi: 22/10/2023).
- Tarlasera (2018). Ecorobotix'in güneş enerjisiyle çalışan robotu. Erişim adresi: <https://www.tarlasera.com/haber-11517-bu-robot-yabanci-otlari-avliyor!> (Erişim tarihi: 16/11/2023).
- Tekin, A. B. ve Değirmencioğlu, A. (2010). Akademik Bilişim'10 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri. Muğla Üniversitesi, Tarımsal Bilişim: İleri Tarım Teknolojileri, 10-12 Şubat 2010 (s. 358-359). İzmir, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü.

- Tekin, A. B., T. (2013). Tarım Robotlar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(4), 273-278.
- Thebrainyinsig (2023). Sağım robotları sunuşlara göre Pazar büyüklüğü. Erişim adresi: <https://www.thebrainyinsights.com/report/milking-robots-market-13463>(Erişim tarihi: 20/03/2024).
- Trakyaotoblog (2021). Tarımda teknolojik 8 yeni araç. Erişim adresi: <https://trakyaotoblog.com/tarimda-teknoloji-kullanimi/> (Erişim tarihi: 18/11/2023).
- Türk, F. ve Lüy, M. (2021). Embedded Systems and Application Areas in Engineering. *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(3), 256-265. <https://doi.org/10.29137/umagd.1053602>
- Türker, U. (2019). Tarımda dijitalleşme. *Program Değerlendirme Toplantıları*, Antalya. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/216822925-Tarimda-dijitallesme-ufuk-turker-ankara-universitesi-tarim-makinalari-ve-teknolojileri-muhendisligi-bolumu.html>. (Erişim tarihi: 28/11/2023).
- Uzundumlu, A., S. (2012). Tarım Sektörünün Ülke Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, 22(1), 34-44, ISSN:1307-3311
- Virtuemarketresearch (2023). Tohum ekim ve dikim robot Pazar büyüklüğü (2023-2030). Erişim adresi: <https://virtuemarketresearch.com/report/seeding-and-planting-robots-market> (Erişim tarihi: 20/03/2024).
- Yıldırım, A. ve Bettemir, Ö., H. (2018). Otonom Dozer için Küreme Algoritmasının Geliştirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 292-308. <https://doi.org/10.29130/dubited.349423>
- Zionmarketresearch (2022). Uygulamaya göre püskürtme (ilaçlama) robotları. Erişim adresi: <https://www.zionmarketresearch.com/report/automatic-spraying-robot-market> (Erişim tarihi: 20/03/2024).