

AKILLI TARIM



Bu rapor, bilgilendirme amaçlı hazırlanmış olup, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun resmi görüşü olarak değerlendirilemez ve gösterilemez.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
YÖNETİCİ ÖZETİ	2
1. TARIM NEDİR?	5
1.1 Tarım Faaliyetlerinin Özellikleri	6
1.2 Türkiye’de Tarım Ekonomisi ve Tarım Politikaları	8
1.2.1 Osmanlı Dönemi Tarım Politikaları.....	8
1.2.2 Cumhuriyet Dönemi Tarım Politikaları	9
1.2.3 Tarım ve Orman Bakanlığının Akıllı Tarım Çalışmaları.....	13
1.3. Ulusal E-Tarım Stratejisinin Geliştirilmesinin Desteklenmesi Projesi	13
2. AKILLI TARIMDA KULLANILAN KABLOSUZ İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ 19	
2.1. Wireless LAN Teknolojisi	19
2.2 Bluetooth Teknolojisi	21
2.3 Düşük Güçlü Geniş Alan Şebeke (Lorawan) Çözümleri.....	22
2.4 Hücresel Ağ Teknolojileri	24
2.5 Yapay Zekâ.....	25
2.6 Büyük Veri.....	26
2.7 Bulut Bilişim.....	28
2.8 Nesnelerin İnterneti (IoT)	29
2.9 Tarım ve 5G	30
3. HASSAS TARIM UYGULAMALARI	34
3.1 Tarımda Dijital Dönüşüm	34
3.3 Akıllı Tarım Uygulamaları	39
3.4 Sürücüsüz Traktörler ve Otonom Tarım Araçları.....	39
3.5 Drone ve İHA Kullanımı	42
3.6 Akıllı Sulama Sistemleri.....	42
3.7 Akıllı Gübreleme	43
3.8 Çiftlik Yönetim Sistemi	45
3.9 Akıllı Seralar.....	45
3.10 Hayvancılık Uygulamaları	46
3.10.1 Kümes/Kanatlı Takip Sistemi.....	47
3.10.2 Balık Çiftlikleri.....	48

4. TARIMDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI.....	49
4.1 Ürün Desen Haritalama	50
4.2 Üst Gübre Haritalama	50
4.3 Taban Gübre Haritalama.....	50
4.4 Ürün Verim Haritalama ve Rekolte Tespiti.....	50
4.5 Anomali Tespiti	51
4.6 Yabancı Ot Tespiti	51
5. AKILLI TARIM UYGULAMALARI.....	52
5.1 Dünya’da Akıllı Tarım Uygulamaları	52
5.1.1 İngiltere’de Akıllı Tarım	55
5.1.2 Hollanda’da Akıllı Tarım.....	56
5.1.3 Amerika Birleşik Devletleri’nde Akıllı Tarım.....	57
5.1.4 İsrail’de Akıllı Tarım	58
5.1.5 Japonya’da Akıllı Tarım	59
5.2 Türkiye’de Akıllı Tarım Uygulamaları	61
5.3 Uzay’da Tarım	70
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	72
KAYNAKÇALAR.....	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: İletişim Şekillerine Göre Mesafe Kapsamı	19
Şekil 2: Tarımın Gelişim Aşamaları	36
Şekil 3: Otonom Traktörlerle Tarla Sürümü	40
Şekil 4: Arazide Kullanılan Tarım Sensörleri	63
Şekil 5: Tarım Sensöründen Alınan Verilerin Aktarılma ve Yapay Zekâ Desteği ile Ayrıştırılma Süreci	64
Şekil 6: Veri Platformu	68

ÖNSÖZ

Değerli okuyucular, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu olarak görev ve sorumluluklarımız dâhilinde dijital toplumun vazgeçilmezi olan bilişim sektöründeki gelişmeleri yakından takip etmekteyiz. Okumakta olduğunuz “Akıllı Tarım” raporu da bu kapsamda hazırladığımız raporlardan bir tanesidir. Dünya nüfusunun hızla artması, insanlığın en temel ihtiyaçlarından olan beslenme sorununa sürdürülebilir bir çözüm arayışını gündeme getirmiştir. 2050 yılında 9,7 milyar kişiye ulaşacağı tahmin edilen dünya nüfusunun beslenme ihtiyacının karşılanması için tarımsal üretimin %70 artması gerektiği öngörülmektedir. Ancak, değişen iklim koşullarında bu tarımsal üretim artışının nasıl sağlanacağı ve nasıl sürdürülebilir kılınacağı günümüzde önemli bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte günümüzde tarım sektörü gelişen teknolojinin etkisiyle büyük bir dönüşüm içindedir ve artık tarım sektörünün geleceği teknolojik uygulamalar ile şekillenmektedir. Günümüzde kullanılan uygulamaların daha net ortaya konulabilmesi için tarımın teknolojik dönüşüm sürecini incelemek oldukça önemlidir. Bu rapor genel hatları ile “Tarımda Dijitalleşme” dönemini önemli başlıklar altında ele almaktadır. Rapor toplamda altı bölümden ibaret olup, ilk bölümde tarım sektörü genel bir bakış açısıyla incelenirken, Türkiye’de tarım ekonomisi ve tarım politikaları da geçmişten günümüze kronolojik olarak işlenmiştir. Raporun ikinci bölümünde dijital çağın gerekliliği haline gelmiş iletişim teknolojilerinin akıllı tarımda kullanımı ve 5G hayata geçtiğinde tarım üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Üçüncü bölümde gelişen teknolojilerin tarımsal üretimle bütünleştirilerek kullanılması anlamına gelen “Hassas Tarım Teknolojileri” akıllı tarım uygulamalarının aktif olarak kullanıldığı sektörel bazdaki tüm tarımsal faaliyetler detaylı olarak ele alınmıştır. Dördüncü bölümde, “Tarımda Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı” konusu işlenmiştir. Tarımsal alanların yönetiminde ürünlerin rekolte tahminleri, ürün deseni belirleme, hastalık tespiti, arazi yapısı analizi gibi çalışmaların yanında hayvancılık sektörü için de bu sistemlerden faydalanılmaktadır. Beşinci bölümde ise, Dünya’da ve Türkiye’deki Akıllı Tarım uygulamalarına yer verilirken, uzay’da yapılan topraksız tarım denemelerine de yer verilmiştir. Altıncı bölüm, sonuç ve değerlendirmelerin yer aldığı son bölümdür. Okuyucular için faydalı olması temennisiyle çalışmamızı kamuoyunun bilgilerine sunuyor, tüm sektör paydaşlarımıza başarılar diliyorum.

Ömer Abdullah KARAGÖZOĞLU
Kurul Başkanı

YÖNETİCİ ÖZETİ

Tarım, pek çok kişinin düşündüğü üzere sadece bitkisel üretimi ifade etmez. Bitkisel üretimin yanında, hayvancılık, ormancılık, balıkçılık gibi alanları da kapsamaktadır. Tarımı en iyi ifade edebilecek söz belki de Lamartine'nin "Buğday değildir yalnızca, tüm bir uygarlıktır topraktan yükselen" sözüdür. Bu bağlamda tarım, eski çağlardan günümüze kadar insanların en temel uğraşı alanı ve geçim kaynağı olmuştur. Sanayi devrimi ile birlikte tarım alanında da modernizasyon süreci başlamış, ekstantif (ilkel) tarımdan, enstantif (yoğun) tarıma geçilmiştir. Tarım kesimi üretimden tüketime kadar iktisadi hayatı etkiler. Tarımsal üretimde sermaye birikimi bollaştıkça ekonomide sanayileşmenin gerçekleşeceği ve iktisadi gelişmenin hem tarım dışı kesimlerin hem de tarımın gelişmesi ile bir arada görüleceği ifade edilmektedir. Tarım sektörünün ekonomik kalkınmaya katkısı, gelişimin ilk evrelerinde devlet tarafından da desteklenmelidir. Tarımsal bağımsızlığın sağlanamaması diğer sektörlerin de gelişimini yavaşlatacak, hammadde imkânlarının azalmasına yol açacaktır. ¹

Tarım sektörü, Osmanlı döneminden, Cumhuriyetin kuruluşuna kadar, ülkemizin ekonomik ve sosyal gelişiminde çok önemli görevler üstlenmiş ve bu görevini günümüze kadar sürdürmüştür. Tarımsal üretim doğa koşullarına bağlı olduğu için risk ve belirsizlik yüksektir. Bu nedenle tarımsal ürünlerin arz ve talep esneklikleri düşüktür. Bu ürünlerin arzında ya da talebinde artış ya da azalış şeklindeki küçük bir değişiklik, fiyatlarında büyük dalgalanmalara neden olmaktadır. Tarımsal üretim dönemleri diğer sektörlerle kıyasla daha uzundur ve belirli zamanlarda yoğunlaşmaktadır. Fakat tarım toplumun beslenmesi için stratejik öneme sahiptir. Ülke nüfusunun beslenmesini sağlamanın yanı sıra, milli gelire ve istihdama katkı sağlaması, sanayi sektörünün hammadde ihtiyacını karşılaması, sanayiye sermaye aktarması, ihracata doğrudan ve dolaylı katkıda bulunması gibi nedenlerden dolayı, tarım ekonomimizde vazgeçilmez bir sektördür. Gelişmiş ülkeler tarım sektörlerini geliştirmekte olan ülkelere karşı her zaman daha fazla oranda korumuştur. Bunun nedeni, tarımsal nüfusa diğer sektörlerdekine yakın bir tutarda gelir sağlayarak, tarımsal nüfustaki düşüşü engellemek olarak açıklanmaktadır.

Öte yandan Endüstri 4.0 süreci ile başlayan büyük değişim ve teknolojik gelişmelerle artık günlük yaşamımızın bir parçası haline gelen internet, bilgisayarlar ve sensörler ile birlikte nano

¹ Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, Karabağ, Hacer (2017). "Osmanlı'nın Tarımsal Mirası ve Erken Cumhuriyet Döneminde Kırsal Kesimin Kalkınmasına Yönelik Çalışmalar (<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/299273>)

teknolojideki ilerlemelerin gerçekleşmesiyle oluşan devrimsel değişiklikler tüm dünyayı dijital bir dönüşüme zorlamıştır. Kablosuz iletişim teknolojileri, yapay zekâ, makinalar arası iletişim, (M2M) bulut sistemleri, nesnelerin interneti (IoT) gibi kavramlarında hayatımıza girmesiyle mobil cihazların kullanım artışı tarım sektöründe de kendini göstermiş ve bu sürecin tarımsal üretime yansımaları ise tarımda dijital dönüşümü zorunlu kılmıştır. Tarımsal alana insan girmeden tamamen makineyle ekilen ve yetiştirilen dünyanın ilk mahsulü 2017 yılında hasat edilmiştir.

Tarım 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm ile birlikte, tarım sektöründe yeni bir süreç ortaya çıkmış ve bu kapsamda bilgisayar destekli kontrol sistemleri, çeşitli yazılım ve donanım araçları, dijital sensörlerle donatılmış tarım makineleri ve tarım ekipmanları ile bunların birbiriyle iletişimi, görüntü işleme teknolojileri, coğrafi bilgi sistemleri, insansız hava araçlarının kullanımı gibi akıllı sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması önem kazanmıştır. 20. yüzyılın başlarında, tarımda makinelere geçişle birlikte başlayan teknoloji dönemi, 2. Dünya savaşından sonra üretim artışını hedefleyen politikalarla birlikte bir seviye atlamış ve Tarım 2.0'a yükselmiştir. 1990'lara kadar devam eden bu süreçte üretimde ciddi artışlar yaşanmış ve Tarım 3.0 ile teknoloji bir üst kademeye çıkmıştır. Tarım 3.0 döneminde üreticiler, hassas tarım teknikleri ve GPS uygulamalarıyla tanışmış, çevreyi koruyarak verimi artıran bu uygulamalar, tarımı yeni bir teknoloji seviyesine taşımıştır. 2010 ve sonrasında ise Tarımda 4.0 ile birlikte bilgi teknolojilerinin tarımın bir parçası halini almasıyla "Akıllı Tarım " dönemi başlamış bulunmaktadır.

Akıllı tarım, tarımsal verimliliği artırmak için toprak ve ürün yönetimini ve kaynakların daha ekonomik kullanımı ile çevreye verilen zararın en aza indirilmesini sağlayan tekniktir. Akıllı tarım uygulamaları ile geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemlerinin kullanımıyla kaynak israfının önüne geçmeyi, ürünün brüt getirisini artırmayı ve üretimden kaynaklanan çevresel kirliliği en aza indirmek amaçlanmaktadır. Akıllı tarım teknikleri, toprak işlemeden hasada kadar üretimin hemen her aşamasında kullanılabilir. Tarımdaki dijital dönüşüm bizlere birçok fırsatlar sunmakta, tarımın katma değerinde önemli faydalar getirmektedir.

Kablosuz iletişim tekniklerinin oldukça geliştiği günümüzde 5G ile birlikte artık makinaların birbiriyle konuşabildiği yeni bir dönem hayata geçecektir. Elbette ki tarım sektörünün de bu gelişimden etkilenmesi kaçınılmazdır. Örnek olarak karbon salınımının ölçülmesi ve takip edilmesi ile geliştirilen yeni gübre tiplerinin kullanılması sonucu daha az karbon salınımı

sağlanabilmektedir. Karbon ölçüm sensörlü basit IoT cihazları ve 5G ağ ile sağlanacak yakınsama, bu ve benzeri ölçümlere ve analizlere imkân verecektir. Son 50 yılda toprak bozulmasının etkisinin tarım verimliliğinde %13'lük bir kayba yol açtığı saptanmıştır. Topraksız tarımın minimum su ve minimum gübre ile sera alanlarında yönetimi sağlanmalı, nem ve ısı ayarları en yüksek verim alacak şekilde yönetilmelidir.

Çiftlik Yönetim Bilgi ve Karar Destek Sistemleri, Hassas Tarım Çözümleri, Tarım Otomasyonu, Tarım Drone ve Robotikleri, Veri Analiz Teknolojileri, tarım için özelleştirilmiş yapay zekâ uygulamaları, bulut sistemleri, 5G teknolojileri ile birlikte su yönetimi ve tarım uygulamalarında efektif kullanılacak çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

1. TARIM NEDİR?

Dünya üzerindeki en büyük dönüşümlerden biri olan tarım, en genel anlamıyla insanların kullanımını için gerekli tüm bitkisel ürünleri yetiştirmek amacıyla toprak üzerinde yapılan faaliyetlerdir. Tarım; bitkisel ve hayvansal üretimle birlikte (ormancılık ve balıkçılık faaliyetleri de dâhil), tarımsal ürünlerin üreticiler tarafından işlenmesi, bu ürünlerin taşınması ve muhafazası, üreticiler tarafından satışı ile tarım alet ve makinelerinin diğer üreticilere üretimle ilgili olarak kiralanmasını da kapsamaktadır². Bir başka ifadeyle tarım; “Arazide ekim, dikim, bakım ve yetiştirme yoluyla bitki, hayvan ve hayvansal ürünler elde edilmesi veya bunların üreticileri tarafından işlenip değerlendirilmesi” faaliyetleridir.

Tarımsal faaliyetler insanların en temel ihtiyacı olan beslenme ve giyinmeye yönelik ihtiyaçlarını karşılamaktadır. İnsanlık besin teminini sağlamak ve korunmak amacıyla daha iyi koşullarda yaşamını sürdürebilmek için bireysel veya toplu olarak doğaya karşı verdiği savaşta ilk olarak avcılık ve toplayıcılık olarak devam ettiği süreçte hayatını mağaralar ya da kaya sığınağında devam ettirmiş ve uygarlığın başlangıç izlerini oluşturmuştur. Gıda konusunda tamamen tüketici bir pozisyonda olan insanlar, gıda temini konusundaki güçlükler nedeniyle nüfusunu arttıramamıştır. Tarım faaliyetlerinin başlaması, insanlık tarihi bakımından eşine az rastlanır düzeyde bir değişimi beraberinde getirmiştir. Tarım ile birlikte avcı-toplayıcı, göçebe hayat tarzını yavaş yavaş terk etmeye başlayan insanlar ilk toplu yerleşim merkezleri olan köyleri kurmuşlardır. Böylece günümüz medeniyetlerinin ilk tohumları atılmıştır.

Tarım ilk yıllarda oldukça ilkel şartlar altında yapılmaktaydı. Herhangi bir teknik olmayıp ekim-dikim işlemleri tamamen deneme yanılma usulü ile yapılıyordu. Haliyle ilk dönemlerde yeterince verim alınmamakta ve tarım insanlar için tam anlamıyla yeterli besini sağlayamamaktaydı.

Düzenli tarıma ilk geçilen yerler toprak açısından verimli ve sulama açısından zengin nehir yatakları olan Mezopotamya ve Nil Havzası gibi yerlerde olmuştur. Yine var olan bilgiler ışığında, ilk tarım faaliyetlerinin başladığı ve geliştiği bölgeler göz önüne alındığında, en eski çağlardan itibaren yaşayan coğrafi mekânlardan birinin de Anadolu yarımadası olduğu görülmektedir. Coğrafi konumu, iklim ve bitki örtüsü, verimli toprak ve su kaynakları, insanların Anadolu yarımadasını tarihsel sürecin her döneminde neredeyse kesintisiz bir şekilde

² Rıdvan Karluk, Avrupa Birliği ve Türkiye, Beta Yayınevi, İstanbul 1999, s.157.

yerleşim alanı olarak seçmesine vesile olmuştur.³ Yerleşik hayata geçmek insanların güven içinde yaşamaya başlamaları gıda ve mal biriktirme olanağı sağlamıştır. İlk dikilen bitkiler arasında ise yumrulu bitkiler, daha sonra ise buğdaygiller ve ağaç dikimine geçilmiştir.⁴

Bu süreçte bazı bitki ve hayvanları evcilleştirmeyi başaran insanlar tarımın ilerleyişine ivme kazandırmıştır. Özellikle atların evcilleştirilmesi ve sabanın kullanımı ile ekilebilir alanlar ve verim artmıştır.

İnsanların yerleşik düzene geçmesinde tarımsal faaliyetlerin rolü oldukça önemlidir. Yerleşik hayatla birlikte tarımsal metotlarda da değişiklik olmuş ve zaman içinde yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Toprağın bol, emeğin sınırlı olmasıyla toprak ve tarım araçları ortak mal olarak kullanılmış ve mülkiyet düşüncesi oluşmamıştır. Zamanla toprağın belli insanlar tarafından işlenmesi, çit ile çevrenmesi ve miras yoluyla devredilmesi mülkiyet olgusunu oluşturmuştur.

Tarım, sanayi devrimine kadar en önemli geçim kaynağı olmuştur. Tarımdaki sermaye birikimi sanayi devrimine de katkı yapmış ve bugünkü sosyo-ekonomik gelişmenin temellerini atmıştır. Bu nedenle insanlığın ilerlemesinde tarımın katkısı oldukça önemlidir.⁵

1.1 Tarım Faaliyetlerinin Özellikleri

Tarımsal üretim doğa koşullarına bağlı olduğu için risk ve belirsizlik yüksektir. Bu nedenle tarımsal ürünlerin arz ve talep esneklikleri düşüktür. Bu ürünlerin arzında ya da talebinde artış ya da azalış şeklindeki küçük bir değişiklik, fiyatlarında büyük dalgalanmalara neden olmaktadır. Tarımsal üretim dönemleri diğer sektörlerle kıyasla daha uzundur ve belirli zamanlarda yoğunlaşmaktadır. Fakat tarım toplumun beslenmesi için stratejik öneme sahiptir. Ülke nüfusunun beslenmesini sağlamanın yanı sıra, milli gelire ve istihdama katkı sağlaması, sanayi sektörünün hammadde ihtiyacını karşılaması, sanayiye sermaye aktarması, ihracata doğrudan ve dolaylı katkıda bulunması, gibi nedenlerden dolayı, tarım ekonomimizde vazgeçilmez bir sektördür. Gelişmiş ülkeler tarım sektörlerini geliştirmekte olan ülkelere karşı her zaman daha fazla oranda korumuştur. Bunun nedeni, tarımsal nüfusa diğer sektörlerdeki yakın bir tutarda gelir sağlayarak, tarımsal nüfustaki düşüşü engellemek olarak

³ Muzaffer Bakırcı, İstanbul Üniversitesi Türkiye Tarım Coğrafyası Ders Notu

http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/cografya_lisans_ao/turkiye_tarim_cografyasi.pdf

⁴ Tarım ve Tarımın Tarihi

http://www.organiktarimantalya.com/Tarim_menu/tarimintarihi.htm

⁵Türkoğlu, E. (2015). Küreselleşme Ve Tarım Sektörü: Türkiye Örneği, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Uluslararası İktisat Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

<http://katalog.marmara.edu.tr/veriler/yordambt/cokluortam/DA5E7D1C-74B0-5B4F-979C-7D8D61D4B80A/CBFE1EAC-0CA6-F441-9D33-E1769792A374.pdf>

açıklanmaktadır. Bu doğrultuda gelişmiş ülkelerdeki desteklemeler, Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) tarım anlaşmasıyla, tarımsal ürünler üzerindeki ticareti bozucu etkisi olan doğrudan desteklemelerin kaldırılmasına kadar, ürün fiyatlarına müdahaleler yoluyla sağlanmıştır.

Tarımın en önemli işlevi hiç şüphe yok ki insanoğlunun karnının doymasını sağlayan besinleri üretmesidir⁶.

Tarım sektörünün genel özelliklerine bakacak olursak;

- Tarımsal üretim doğal kaynaklara ve teknolojik gelişmelere bağımlıdır. Özellikle sınırlı olan doğal kaynaklar üretimi zorlaştırırken, bazı üretim teknikleri ile (makineleşme, gübreleme, ilaçlama vs.) bu sınırlılıklar belli bir dereceye kadar aşılabilir. Ancak yine de üretim sınırlıdır. Tarımsal ürünler beslenme için birincil derecede önemli ürünler olması nedeniyle devam eden bir talepleri vardır. Bu avantajlarının yanı sıra, talebin gelir esnekliğinin düşük olması, tüketicilerin gelirleri arttıkça sanayi mallarına olan eğilimlerinin birincil tarım ürünlerinden daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretim alanların dağınık olması, tarım kesiminde üretim alanlarının dağınıklığı işletmelerin birleşmesini zorlandırmaktadır. Sanayi kesiminde birleşme ya da birlikte hareket etme daha kolay ve fazladır. Tarımda azalan verimler kanunu son derece önemlidir. Tarım sektöründe üretim büyük ölçekte doğal kaynaklara (toprak, su, biyoçeşitlilik vs.) ve koşullara (iklim, sıcaklık, yağış, vs.) bağlıdır. Kısa dönemde üretim artışı için sabit faktör olan tarım alanları dışında değişken faktörler (emek, sermaye, gübre, su, tarım ilaçları vs.) artırılarak üretim artırılır ancak değişken üretim faktörünün artışı üretimde giderek daha az verim artışına neden olur. Bu nedenle kısa dönemde azalan verimler kanunu geçerlidir.
- Tarım ürünlerinin fiyatlarının istikrarsız olması da iklim değişiklikleri, doğal afetler, arz ve talepte meydana gelen değişimler, girdi fiyatları vb. gibi durumlarda ürünlerin fiyatlarında dalgalanmaya neden olmaktadır.
- Tarımın ekonomik gelişme sürecine olan katkısı önemli derecede yüksektir. Az gelişmiş ülkelerde tarım sektörü öncü konumdadır. Ekonomik kalkınmanın sağlanabilmesi için bölgesel piyasaların ulusal piyasalara sonrada uluslararası piyasalara açılması gereklidir. Kalkınmanın sağlanması için gerekli finansal desteğin tarım sektörü olması nedeniyle

⁶Yaşarlar, Y. (2011). AB Ortak Tarım Politikasına Uyum Sürecinde Türkiye’de Uygulanan Tarım Politikalarının Ekonomiye Etkisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Sayfa 134.
<http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/TEZ/47876.pdf>

tarım ekonominin gelişmesinde önemli bir itici güçtür, ancak tarımsal üretimin artmasından sonra tarımsal işgücü ve ekonomi içindeki payı giderek azalacaktır⁷.

Tarımın ekonomiye olan başlıca katkıları:

- Sanayi ve hizmet sektörüne işgücü temin etmesi,
- Gıda arzında bulunması,
- Sanayi kesimine girdi sağlaması,
- İhracat yapılarak döviz kazandırılması,
- İthalatı ve dolayısı ile dışa bağımlılığı önlemesi ve
- Reel büyümeye katkı sağlamasıdır.⁸

Kalkınma ve büyüme sürecinde tarım ve sanayi arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu sebeple iki sektör arasında tercih yapılarak oluşturulacak politikalar anlamlı olmayacaktır. Tarım ve sanayi birbirinin karşısı değil tamamlayıcısıdır. Gelişmiş ülkelerde geçmişte tarım sektöründe gelişmeler sağlayarak biriken sermaye, işgücü ve ham madde ile sanayileşme sürecine de katkı sağlamıştır⁹.

1.2 Türkiye’de Tarım Ekonomisi ve Tarım Politikaları

1.2.1 Osmanlı Dönemi Tarım Politikaları

Osmanlı İmparatorluğu’nda, ekonomik düzen daha çok toprağa ve tarımsal üretime dayalı olmuştur. Tarım faaliyetleri yalnızca ekonomik değil aynı zamanda askeri ve sosyal bir düzeni de temsil etmekteydi. Tarım, genellikle öz tüketim için veya küçük yerel pazarlar için yapılmış, sanayi küçük atölyelerde kol gücü ile faaliyet göstermiştir. Ekonomik sektörlerin tümü, özellikle tarımsal faaliyetler çok ilkel ve yıllardır değişmemiş yöntemler kullanılarak yürütülmüştür. Temel üretim birimi, birkaç büyükbaş hayvan ile aile iş gücünün ekebileceği büyüklükte araziyi kullanan aile işletmeleriydi. Gereken miktarda toprağa sahip olmayan köylü aileleri, ortakçı olarak büyük toprak sahiplerinin topraklarında çalışıyorlardı. Toprak gelirlerine ve büyüklüklerine göre has, zeamet ve tımar gibi sınıflara ayrılmış ve bu topraklar kişilerin

⁷ Ovalı, S. (2009). Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası ve Tarım İşletmeleri Muhasebe Veriağı (Fadn) Sistemi’ne Türkiye’nin Uyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Trabzon.

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/zfdergi/article/386633>

⁸ Kılavuz, E., Erdem, İ. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları Ve Türk Tarımının Dönüşümü, 133-157.

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.4.3C0189>

⁹ Demircioğlu Karabıyık, E. (2012). Avrupa Birliği’nin Ortak Tarım Politikası Kapsamında Türkiye’nin Uyumu ve Ortak Tarım Politikasının Türk Tarım Sektörünün Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Doktora tezi, İstanbul, Sayfa 15

<http://dspace.marmara.edu.tr/handle/11424/20729>

statüsüne göre tahsis edilmişti. Ayrıca büyük miktarda toprağın tek kişinin elinde toplanmasına karşı önlemler alınmış, büyük toprak sahipliklerine izin verilmemiş ve gerekli görülen durumlarda müsadere uygulanmıştır.

Osmanlı Devleti'nin klasik çağı olarak nitelendirilen 1300-1600 yılları arasında toprak mülkiyeti devlet tekelinde tutulmuştur. Bu dönemde tarım faaliyetlerinde bulunan köylüler, ürünlerinin bir kısmını kendi ihtiyaçları için ayırırken bir kısmını da vergi olarak vermekteydiler. Osmanlı Devleti, vergi gelirlerinin azalmasını önlemek, üretim düzeyini korumak gibi nedenlerden ötürü toprakların boş bırakılmasına yönelik tedbirler almıştır. Bu kapsamda toprağını üç yıl ekmeyen çiftçinin toprakları bir başka çiftçiye tahsis edilmekteydi. Ayrıca tımar adı verilen topraklar Osmanlı Devleti için bir asker kaynağı oluşturmakta olup, tarımsal üretimin devamlılığı ordu için de hayati öneme sahipti.

16. Yüzyılın sonlarında artan savaş harcamaları nedeniyle toprak düzeninde bozulmalar meydana gelmiştir. Gerek artan vergiler gerekse de asayiş sorunları köylüleri topraklarını terk etmeye zorlamıştır. Bu durum kaçınılmaz olarak tarımsal üretimi ve vergi gelirlerini azaltarak krizlere neden olmuştur. Toprak mülkiyetine ilişkin düzen de bozulmuş, iltizam sistemi olarak adlandırılan bir düzen yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu sistemde, toprağın işletme hakkına sahip olmak isteyen kişiler, devlete peşin vergi ödeyerek, söz konusu topraklarda vergi toplama hakkına sahip olmaktadır.

19. Yüzyıla gelindiğinde ise, bozulan ekonominin faturası tarım sektörüne kesilmiş ve uygulanan vergiler gittikçe ağırlaşmaya başlamıştır. Yabancı ülkelerle yapılan ticaret anlaşmaları ile Osmanlı Tarımı, sanayileşmiş Avrupa ülkelerine yönelik ham madde üreten bir konuma gelmiştir. Bu kapsamda 1800'lü yıllarda pamuk üretimi artış göstermiştir. Ayrıca yine yapılan anlaşmalar neticesinde, yabancılar tarım arazileri satın alabilme hakkına sahip olmuştur. Alınan dış borçların ödenememesi nedeniyle tütün gibi önemli bir tarım ürünü diğer devletlerin kontrolüne geçmiştir.

1.2.2 Cumhuriyet Dönemi Tarım Politikaları

1920'lerin başında Türkiye'nin birçok bölgesinde üretim, hala tarih öncesinden kalma teknikler, araç ve gereçlerle yapılmaktaydı. İç bölgelerde kullanılan saban, neolitik çağdaki gibi, ucuna çakmak taşı cinsinden sert bir sivri taş takılmış kanca biçimli bir odun parçasıydı. Yapay gübre kullanımı bilinmiyordu. Bir tarlaya birbirini izleyen yıllarda farklı ürünler ekerek

verimliliği arttıran ürün rotasyonu başlamamıştı. Tohum ekme işi ve hasat elle yapılıyor, altı taşlı ilkel bir döven kullanılıyor, tanenin sapından ayrılması için, binlerce yıl öncesinde olduğu gibi rüzgârdan yararlanılıyordu. Yeni araç ve gereçler ve üretim yöntemleri kıyı şeritlerinde ve demiryolu bölgelerinde biraz daha yayılmıştı. Cumhuriyetin ilk yıllarında Adana, İzmir, Bursa, Konya ve Trakya bölgelerinde 1000 kadar traktör ve bazı diğer tarım araçları vardı.¹⁰

Bu yıllarda hükümet, savaş koşulları nedeniyle oldukça zor durumda kalan çiftçileri desteklemek amacıyla ilk etapta vergi reformları yaparak çiftçinin üzerindeki vergi yükünü azaltmış ve ardından toprak mülkiyeti ile ilgili haklar tanımıştır. Çiftçilerin yeni tarım ekipmanlarına sahip olması amacıyla tarımda makineleşme politikaları uygulanmıştır. Bu politikalar neticesinde 1924 yılında yaklaşık 500 olan traktör sayısı, 1930'lara gelindiğinde 2000'i aşmıştır. Tarımda makineleşme profesyonel kurumları da beraberinde getirmiştir. Çiftçilerin ekipman ihtiyacının karşılanması, tarım ilacı ve tarımda kullanılacak makineleri üretmek amacıyla Türkiye Ziraat Kurumu kurulmuştur.

1929 yılına gelindiğinde tüm dünyayı etkisi altına alan ve "Büyük Buhran" adı verilen ekonomik kriz tarım ürünlerinin fiyatlarında büyük düşüslere yol açmıştır. Fiyatların düşmesine bağlı olarak zarar gören çiftçilerin desteklenmesi amacıyla 1932 yılında Buğday Koruma Kanunu çıkarılmış ve taban fiyat uygulaması ile çiftçiden ürün alımı yapılmıştır.

1950'li yıllarda ise, tarım ürünlerinin ihracatı desteklenmiş, öte yandan tüketiciyi de yüksek fiyatlardan korumak amacıyla sürekli bir fiyat müdahalesi uygulaması benimsenmiştir. Ayrıca hayvancılığa yönelik olarak Et ve Balık Kurumu ve Yem Sanayii Genel Müdürlüğü (YEMSAN) kurulmuştur.

1960-1980 yılları arasında Türkiye'de planlı ekonomi dönemine geçmiş ve 5 yıllık kalkınma planları hazırlanmıştır. Bu kapsamda;

Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967) ile tarım ürünlerinin fiyatlarına müdahale etmek yerine üretim girdilerinin desteklenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda tarımsal destekleme için tarım kooperatiflerinin geliştirilmesi gündeme gelmiştir.¹¹

¹⁰ Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, Karabağ, Hacer (2017). "Osmanlı'nın Tarımsal Mirası ve Erken Cumhuriyet Döneminde Kırsal Kesimin Kalkınmasına Yönelik Çalışmalar (<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/299273>)

¹¹ Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1963-1967)

İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (1968-1972), tarım sektörünün fiyat politikalarıyla sürekli desteklenmesinin, fiyatların yükselmesine, yapısal bozuklukların meydana gelmesine ve kaynakların tahsisinde israflara neden olduğu belirtilmiştir.¹²

Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (1973-1977), tarımsal destekleme kapsamındaki ürünlere yönelik uygulanan yüksek fiyat politikasının, fiyat dengesini bozduğuna atıf yapılmıştır.¹³

Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (1979-1983), tarımsal üretim hedeflerine ulaşmak için dar ve orta gelirli üreticilerin destekleneceği, fiyat ve müdahale alımları yanında tarımsal eğitim, örgütlenme ve ucuz girdi teminine de önem verileceği belirtilmiştir.¹⁴

1980'li yıllarda Türkiye planlı ekonomiyi yavaş yavaş terk ederek daha serbest piyasa sistemini benimsemeye başlamıştır. Bu tarihten sonra genel itibari ile tarım üretiminde piyasa koşullarına ağırlık verilmeye başlanmıştır. Bu durum hazırlanan kalkınma planlarına da yansımıştır.

Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (1984-1989), tarımsal fiyat ve gelirlerde istikrarı sağlamak, pazarlamayı kolaylaştırmak, mevcut arazinin özelliklerine, iç ve dış talebe uygun bir üretim yapısıyla verimliliği artırmaya yardımcı olmak esas olarak kabul edilmiştir.¹⁵

Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1994), istikrarın sağlanması, pazarlamanın kolaylaştırılması ve ekilen araziye, iç ve dış talebe uygun bir üretim yapısıyla, verimliliğin artırılmasını esas almıştır.¹⁶

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Birinci-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1963-1967%E2%80%8B.pdf>

¹² İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1968-1972)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/%C4%B0kinci-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1968-1972%E2%80%8B.pdf>

¹³ Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973-1977)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/%C3%9C%C3%A7%C3%BCnc%C3%BC-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1973-1977%E2%80%8B.pdf>

¹⁴ Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1983)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/D%C3%B6rd%C3%BCnc%C3%BC-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1979-1983%E2%80%8B.pdf>

¹⁵ Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1984-1989)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Be%C5%9Finci-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1984-1989.pdf>

¹⁶ Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1994)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Alt%C4%B1nc%C4%B1-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1990-1994%E2%80%8B.pdf>

Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (1996-2000), Tarımsal Politikalar ile İlgili Yapısal Değişim Projesi'ne yer verilmiştir.¹⁷

2000'li yıllara gelindiğinde tarım politikalarında da yeni uygulamalara ve desteklere yer verilmiştir. Dünya Bankası'nın da desteği ile Türkiye'de tarım sektörüne yönelik reform çalışmaları başlatılmıştır. Bu kapsamda; Doğrudan Gelir Desteği, Dolaylı Gelir Desteği, Fark Ödemesi, Telafi Edici Ödemeler, Hayvancılık Destekleri, Tarım Sigortası Ödemeleri, Pazar Fiyatı Desteği, Kırsal Kalkınma Destekleri, Çevre Amaçlı Tarım Arazilerini Koruma Programı Destekleri gibi yeni uygulamalar hayata geçirilmiştir. Tarım ile ilgili söz konusu dönüşüm hazırlanan kalkınma planlarına da yansımıştır.

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005) kapsamında Genel Tarım Politikaları başlığı altında tarım sektörü ile ilgili ilkeler ve politikalar yer almıştır. Bu ilkeler ve politikalarda AB'ye uyum ve DTÖ (Dünya Ticaret Örgütü) antlaşmalarının getirdiği yükümlülükler vurgulanarak 2000 sonrası tarım reformunun işaretleri verilmiştir. Rekabetçi bir tarım sektörü meydana getirme, çiftçi kayıt ve tarım bilgi sistemlerinin oluşturulması, tarım sigortası kanununun çıkarılması, kırsal kalkınma, tarım sanayi entegrasyonu, tarım satış kooperatifleri ve birliklerinin özzerleştirilmesi, Tarım Çerçeve Kanununun çıkarılması ve Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının ve ilgili Kamu İktisadi Teşebbüslerinin yeniden yapılandırılması gibi hedeflere yer verilmiştir.¹⁸

Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), çerçevesinde, yüksek verimli tarım alanlarının tarımsal üretim amacıyla kullanılacağı, tarım topraklarından, tahlillerle belirlenecek kabiliyetleri doğrultusunda ve doğru tarım teknikleri ile faydalanılacağı; ayrıca, arazi kullanım planlaması ve yaygın erozyonun önlenmesi suretiyle toprak kaynaklarının etkin kullanımının esas alınacağı belirtilmiştir.¹⁹ Tarımsal üretimin rekabet gücüne doğrudan katkıda bulunacak şekilde; yüksek üretim değeri bulunan tarım ürünleri üretiminin artırılması amacıyla maliyet etkin bir biçimde sulama yatırımları ve tarım işletmelerinde gözlenen arazi parçalılığı

¹⁷ Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Yedinci-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-1996-2000%E2%80%8B.pdf>

¹⁸ Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Sekizinci-Be%C5%9F-Y%C4%B1ll%C4%B1k-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-2001-2005.pdf>

¹⁹ Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Dokuzuncu-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-2007-2013%E2%80%8B.pdf>

sorununun hafifletilmesine yönelik olarak toplulaştırma yatırımlarının artırılması hedeflenmiştir.

Onuncu Kalkınma Planında (2014-2018), tarımda sosyal yapı gözetilerek üretim türüne göre yeter gelirli işletme büyüklüğü temelinde tarımsal işletmelerin etkinliklerinin artırılması, çok sayıda ve dağınık yapıdaki parsellerden oluşan tarım işletmelerinde bütünlüğün sağlanması, arazi parçalanmasının önüne geçilmesi ve iyi işleyen bir tarım arazisi piyasasının tesis edilmesine yönelik hukuki ve kurumsal düzenlemeler yapılması hedeflenmiştir. Ayrıca plan kapsamında, katma değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesine, gen kaynaklarının korunmasına, ıslah çalışmalarına, nanoteknoloji ve biyoteknolojiye yönelik araştırmalara öncelik verilmiş ve tarım ve gıda odaklı teknoparklar ile sektörel teknoloji platformlarının tesis edilmesine olan gereklilik vurgulanmıştır.²⁰

On Birinci Kalkınma Planı'nda (2019-2023), tarım sektörüne yönelik amaçlar arasında uluslararası rekabet gücünü artırmış, ileri teknolojiye dayalı, altyapı sorunlarını çözmüş, örgütlülüğü ve verimliliği yüksek, etkin bir tarım sektörünün oluşturulması hedeflenmektedir. Dijitalleşme, yapay zekâ ve veriye dayalı iş modelleri oluşturulması, tarım desteklerinin etkinliğinin artırılması ve etki analizinin yapılması, modern seraların kurulmasının yanında mevcut seraların modernize edilmesi, İşletme Odaklı Koruyucu Veteriner Hekimlik Sistemi ile insan ve hayvan sağlığına yönelik tek sağlık politikasının oluşturulması, akıllı tarım teknolojileri başta olmak üzere yenilikçi ve çevreci üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve desteklenmesi, tarımsal araştırma faaliyetlerinde kamu, üniversite, özel sektör ve sanayi kesimi arasındaki koordinasyon ve işbirliği ile tarımsal Ar-Ge çalışmalarının etkinliği ve niteliğinin artırılması gibi politikalara yer verilmiştir.²¹

1.2.3 Tarım ve Orman Bakanlığının Akıllı Tarım Çalışmaları

Ulusal E-Tarım Stratejisinin Geliştirilmesinin Desteklenmesi Projesi: Dünya günden güne dijital bir çağa doğru ilerlerken birçok sektörde olduğu gibi tarım sektöründe de bir dijital dönüşüm yaşanmaktadır. Bu dönüşüme ayak uydurabilmek ve dijital teknolojilerin tarıma entegrasyonunu sağlamak gelişmiş birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'nin de önemli öncelikleri arasında yer almaktadır. Nitekim 2020 yılı "Tarımda Dijitalleşme Yılı" olarak belirlenmiş olup

²⁰ Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Onuncu-Kalk%C4%B1nma-Plan%C4%B1-2014-2018.pdf>

²¹ On birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2019-2023)

<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/On-Birinci-Kalkinma-Plani.pdf>

bu kapsamda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, yapay zekânın tarımda kullanım alanlarının artması, nesnelerin interneti, GPS, görüntü işleme teknolojilerinin tarıma entegrasyonu ile birlikte gelişen hassas tarım teknolojileri ve endüstri 4.0 ile hayatımıza giren akıllı tarım uygulamalarındaki gelişmeler ülkeleri bu alanlarda politika geliştirmeye ve aksiyon almaya itmektedir. Avrupa'nın en büyük dünyanın ise yedinci büyük tarımsal üretimine sahip bir ülke olarak Türkiye'de çağın gereklerinden hareketle bu alanda politika oluşturma sürecine girmiştir.

Bu kapsamda Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığınca Ulusal E-Tarım Stratejisi hazırlanmasına yönelik olarak bir proje fikri geliştirilmiş ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) iş birliği ile 9 Haziran 2020 tarihinde sonuçlanmak üzere başlatılmıştır. Projenin temelde iki çıktısı vardır. Birincisi bütün sektör paydaşlarını sürece dâhil ederek çalıştaylar vasıtasıyla E-Tarım konusunda Türkiye'nin atması gereken kısa, orta ve uzun vadeli adımların neler olması gerektiğini ortaya koymak, ikincisi ise çiftçinin E-tarım hakkındaki algı ve beklentilerinin tespit edilmesidir. Proje kapsamında 4-6 Kasım 2019 tarihinde bütün sektör paydaşlarının katılım sağladığı bir başlangıç çalıştayı gerçekleştirilmiştir. Çalıştayı ilk gününde panelist ve katılımcı olarak kamu sektörü, özel sektör, sivil toplum kuruluşları üniversitelerden toplam 104 kişi katılım sağlamış ve Türkiye'de mevcut durumun ortaya konulmasına yönelik olarak üç başlık altında panel düzeni oluşturulmuştur. İkinci ve üçüncü gününde ise oluşturulan çalışma grubu ile projenin atölye çalışması yapılmış ve yol haritası oluşturulmuştur.

E-Tarım Stratejisi Projesi: Türkiye'nin Ulusal E-tarım Stratejisinin şekillendirilmesi, tarımda bilgi ve iletişim teknolojilerinin mevcut kullanımının belirlenmesi ve Türkiye'nin E-tarıma ilişkin farkındalık ve kapasitesinin artırılması konusunda destek sağlamayı amaçlamaktadır. Burada amaç, geçimini tarımla sağlayan kişilerin mümkün olan en iyi kararları almasına ve mevcut kaynakları en verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanmasına yardımcı olacak değerli bilgilere erişimini artırarak, tarımsal ve kırsal kalkınmayı desteklemeye yönelik çalışmalardır.

Çalıştay Programı Kapsamında Düzenlenen Paneller: Kamusal Alanda E-Tarım, bu kapsamda kamu kurumlarının çiftçi ile olan ilişkilerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı ele alınmıştır. Başta E-devlet uygulamaları olmak üzere tarım bilgi sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri ve sayısallaştırma faaliyetleri yanında araştırmacı-yayımcı-çiftçi bağının güçlendirilmesinde e-tarım uygulamaları ve meteorolojik erken uyarı sistemi konularında bilgi ve iletişim teknolojilerinin rolü değerlendirilmiştir.

Özel Sektör ve Kooperatiflerde E-Tarım Uygulamaları: Panel kapsamında öncelikle tarımda bilgi iletişim teknolojileri ve GSM operatörlerinin rolü konuları değerlendirilmiştir. Bir diğer konu başlığı ise tarımsal pazarlamada yeni bir yaklaşım olarak E-ticaret uygulamalarıdır. Türkiye’de kooperatiflerin üyeleri ile ilişkilerinde dijital teknolojilerin kullanımı da bu panel gündemi içinde değerlendirilmiştir. Son olarak Türkiye’de akıllı tarım uygulamalarının kullanımı ve bu alandaki yerli ve milli girişimler ele alınmıştır.

Ar-ge ve E-tarım: E- tarım konusunda Ar-ge ve inovasyonun ele alındığı panelde hayvansal üretim alanında, bitkisel üretim ve balıkçılık ve su ürünleri alanlarında yapılan araştırmalar ve bu araştırmaların uygulamaya aktarılma süreçleri değerlendirilmiştir.

Çalıştay kapsamında çeşitli ölçekler büyüklüğünde çiftçiler, tarımsal alanda hizmet veren kamu kurumları temsilcileri, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığında temsilciler, Cumhurbaşkanlığı Dijitalleşme Ofisi temsilcileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü temsilcisi, Ziraat Odaları temsilcisi, Kalkınma Ajanslarından temsilciler, üniversite ve araştırma kurumlarından temsilcilerin yer aldığı 35 kişilik bir grupta atölye çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalıştay da Türkiye’nin tarımsal alandaki mevcut durumu, politikalar ve planları Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı temsilcileri tarafından katılımcılarla paylaşılmıştır. Bu kapsamda ülkesel kalkınma planları ve stratejik planlar doğrultusunda ana öncelikler aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

- Kırsal alanda refahı yükseltmek, tarımsal üretimde verim ve kaliteyi artırarak istikrarlı gıda arzını sağlamak
- Üretimden tüketime kadar gıda, yem güvenliğini sağlamak, bitki, hayvan sağlığı ve refahına yönelik tedbirler almak
- Balıkçılık ve su ürünleri kaynaklarını korumak, sürdürülebilir işletimi sağlamak
- Toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlamak
- İklim değişikliği, çölleşme ve erozyonla etkin mücadele etmek
- Biyolojik çeşitliliği korumak ve sürdürülebilir yönetimi sağlamak
- Kurumsal kapasitenin geliştirilmesi²²

²² Ulusal E-Tarım Stratejisinin Geliştirilmesinin Desteklenmesi Çalıştay Raporu (https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/T%C3%9CRK%C3%87E_ULUSAL%20E-TARIM%20STRATEJ%C4%B0S%C4%B0%20HAZIRLIK%20%C3%87ALI%C5%9ETAYI_RAPORU.pdf)

Bu önemli çalıştayın yanı sıra Tarım ve Orman Bakanlığı, ülkemizdeki ve Dünyadaki akıllı tarım uygulamalarını yakından takip ederek ilgili daire başkanlıkları ve bağlı enstitüler tarafından bu çalışmaların ülkemize uyarlanması için gerekli çalışmalar yapıldığını, teknoloji seviyesinin artırılmasına yönelik hedeflerin amaçlandığını ve bu sayede tarımsal girdilerin optimize edilerek karlılık oranının artırılmasının hedeflendiğini belirtmektedir.

Bu kapsamda Gebze Teknik Üniversitesi ile Akıllı Tarım Uygulamalarının Geliştirilmesi amacıyla hazırlanan işbirliği protokolü, 5 Ekim 2020 tarihinde imzalanmıştır.²³ Protokol kapsamında iş ve işlemlerin yürütülmesine yönelik olarak Gebze Teknik Üniversitesi ve Tarım ve Orman Bakanlığı Çayırova Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü'nün birlikte bulunduğu yerleşke seçilmiş olup söz konusu yerleşkenin akıllı tarım teknikleri kullanılarak hem uygulama yapan hem de eğitim veren bir merkeze doğru evrilmesi hedeflenmektedir.

TÜBİTAK Uzay ve GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı'nın yürüttüğü GAP Bölgesi'nde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi (GAP Hassas Tarım Projesi) kapsamında, tarıma uzay teknolojileriyle destek verilerek, gübre kullanımında yüzde 25 tasarruf sağlanması hedeflenmiştir. Uzay teknolojilerindeki Ar-Ge çalışmalarını yoğunlaştırarak geliştirilen teknolojileri tarımsal üretimde kullanarak bu alandaki verimliliğin artırılmasına katkı sunulmaktadır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından desteklenen, GAP Hassas Tarım Projesi kapsamında öncelikle gübre olmak üzere doğru miktarda tarımsal girdiyi, doğru zamanda ve doğru oranda uygulayarak en iyi verim oranlarına ulaşabilmek için hassas tarım çalışmaları yürütmektedir.

GAP Hassas Tarım Projesi'nin ilk aşamasında TÜBİTAK Uzay ve HAVELSAN iş birliğinde, başta Göktürk 2 olmak üzere çok sayıda Avrupa Birliği ve NASA'ya ait elektro-optik ve Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) uydularından bölgenin görüntüleri sağlanmıştır. Ayrıca Savunma Sanayii Başkanlığına ait uçaklara takılı hiperspektral kamerayla Harran Ovası'nda belirlenen pilot alanın farklı tarihlerde hava fotoğrafları çekilerek havadan veri toplama ile eş zamanlı yerden veri toplama faaliyetleri de yürütülerek buğday, mısır ve pamuk ürünlerinin farklı evrelerine ait izgesel yansımaları ölçülerek yapılmıştır. Proje kapsamında, ilk "Milli Hassas Tarım Uygulama Yazılımı" geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Harran Ovası'nda ekili buğday, mısır ve pamuk ürün desenlerinin uydu görüntüleri ile yüzde 99, hava

²³ Eğitim ve İşbirliği Protokolü

(<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Haber/579/Akilli-Tarim-Egitimi-Ve-Isbirligi-Protokolu-Imzalandi>)

görüntüleriyle yüzde 95 doğrulukta tespit edilebildiği yazılımla, hava ve uydu görüntülerinden anomali tespiti, ürün sınıflandırması, bitki sağlığı, bitki gelişimi gibi analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerin tarım danışmanları aracılığıyla çiftçilere ulaştırılması için çiftçi ve danışman arayüzü oluşturularak, toprak etüt ve verimlilik haritalarının sisteme entegre edilmesi sağlanmıştır. Projenin ikinci aşamasında gübreleme uygulamaları yapılarak en yüksek maliyetli girdi olan gübre kullanımında yüzde 25 tasarruf sağlanması hedeflenmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GAPTAEM) arazilerinde yapılan çalışmalarda toprak haritaları, ürün verim haritaları ve insansız hava aracı (İHA) görüntüleri analiz edilerek sahada otomatik değişken oranlı gübreleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Proje kapsamında, uydu ve İHA görüntüleri kullanılarak değişken oranlı taban ve üst gübreleme, ürün deseni haritası, ürün rekolte tahmini, yabancı ot tespiti, ürün verim haritası, toprak besin haritaları gibi konularda analiz ve araştırma faaliyetleri sürdürülmektedir. Elde edilen sonuçların gerek bölgede gerekse ülke genelinde hassas tarım yapabilecek aletlerle ekipmanların Ar-Ge ve üretim süreçlerine önemli katkı sunması beklenmektedir. Yapılan çalışmalarla Türkiye'nin ulusal gıda güvenliğinin sağlanmasına katkı sunması da beklenmektedir.

Bunların yanı sıra, Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde “Buğday Hasadında Dane Kayıplarının İzlenmesi ve Takibine Yönelik Sistemin Geliştirilmesi” adıyla biçerdövere monte edilen sensörler ve GPS sistemi ile bir ana modüle bağlı GSM²⁴/GPRS²⁵ sistemi üzerinden uzaktan izleme merkezine veri aktarımı gerçekleştirilebilecek bir sistem geliştirilmiştir. Sistem internet tabanlı ve entegre olarak veri iletişimi ve veri tabanı uygulamasını bir merkezden yürütecek şekilde hazırlanarak tamamlanmıştır. Bu projenin ardından devamı niteliğinde olan “Bulut Tabanlı Verim Görüntüleme, Haritalama ve Takip Sisteminin (Ülkemizde kullanılan biçerdöverler için) Geliştirilmesi Projesi” de hayata geçirilmiştir.²⁶ Bakanlığın Akıllı Tarım Çalışmaları kapsamında konsorsiyumuna dâhil olunan ICT AGRI Projesi: (Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Tarımda Uygulanması) adlı AB 7. Çerçeve Programı ERA-NET Projesi de devam etmektedir.

²⁴ Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)

²⁵ General Packet Radio Service (Cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlamalı olarak veri iletimi sağlayan teknoloji)

²⁶ Tarım ve Orman Bakanlığı 2018 Faaliyet Raporu

https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1k_Faaliyet_Raporlar%C4%B1/2018%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU.pdf

Dijital Tarım Pazarı (DİTAP) uygulaması, sözleşmeli üretim, fiyat istikrarı, aracılarn kaldırılması, maliyetlerin düşürülmesi gibi çok sayıda unsuru içeren önemli bir proje olarak hayata geçecektir. Ayrıca, Dijital Tarım-Orman Akademisi’de çiftçi ve tarım ile ilgilenen herkesin hizmetine açık olan bir uygulama olup, bu kapsamda oluşturulan Dijital Tarım Kütüphanesi'yle binlerce kitap ulaşılabilir hale gelmiştir. E-Tarım portalının hayata geçmesiyle de toplam 138 hizmet bu portaldan online olarak hizmet verecektir.

2. AKILLI TARIMDA KULLANILAN KABLOSUZ İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ

İnsanoğlu iletişim kurmak için çağlar boyu farklı yöntemler geliştirmiştir. Dumanla, posta güvercinleriyle, işaret ve resim çizerek, davulla, ulak yardımıyla haberleşme için hep farklı metotlar uygulanmıştır. Bu durum hem zaman almakta hem de ilkel kalmaktaydı. Daha sonra teknolojinin, bilimin ve bilgi birikiminin artmasıyla birlikte yaşanan bazı ilerlemelerle birlikte 19. yüzyılda elektrikli telgraf icat edildi ve iletişim çağı da başlamış oldu. Telgraf gibi kablolu iletişim sağlayan araçların en önemli dezavantajı ise iki ve daha fazla sistem arasındaki iletişimin kablo bağlantısıyla yapılmasıydı. Daha sonraları radyo frekansları ya da kızılötesi gibi teknolojilerin geliştirilmesiyle kablo gereksinimi ortadan kalkmış ve iki veya daha fazla nokta arasındaki bağlantı kablosuz olarak sağlanmıştır.²⁷

Kablosuz ağa geçmek, lisans gerektirmeyen frekanslarda çalışılması, mobilite, verimlilik, kurulum kolaylığı, ölçeklenebilirlik, güvenlik ve maliyet açısından faydalar sunmaktadır.²⁸ Kablosuz teknolojiler birçok alanda kullanılmaktadır. Dünya üzerinde uydu ile kablosuz haberleşme yapılırken, okul, ofis, fabrikalar, tarım, işyerleri gibi lokal ortamlarda da Bluetooth, Wi-Fi, GSM vb. gibi kablosuz iletişim araçları kullanılmaktadır.

İletişim Şekli	İletişim Mesafe Kapsamı
Bluetooth	30-100m
Wi-Fi	100-300m
LoRaWAN	2-15Km
Hücreyel Ağ	Ağ Taşıyıcı Kapsamı (km)

Şekil 1: İletişim Şekillerine Göre Mesafe Kapsamı

2.1. Wireless LAN Teknolojisi

Wi-Fi, Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı) kelimelerinin kısaltılmış halidir. Verinin kablosuz bir ağ üzerinden transferi için yapılmış bir standarttır. Bilgisayarlar, oyun konsolları, dijital ses oyuncuları ve akıllı telefonlar gibi cihazların kablosuz olarak internete bağlanmasını sağlayan

²⁷ Kablosuz Ağ Teknolojileri – WLAN Nedir?

<https://www.teknologweb.com/kablosuz-ag-teknolojileri-wlan-nedir>

²⁸ Kablosuz Ağ Teknolojisi

<https://gamzenayir.wordpress.com/>

teknolojidir. Wi-Fi'nin çalışma prensibi basit olarak vericinin, veriyi bir radyo frekansı ile şifreleyerek göndermesi ve alıcı tarafından da şifresi çözülerek diğer tarafa ulaşmasıdır.²⁹

WLAN (Wireless Local Area Network) kablosuz yerel alan ağı anlamına gelmektedir. Standart yerel alan ağının LAN (Local Area Network) kablosuz özellikte olanı WLAN olarak tanımlanmaktadır. WLAN oluşturmak için iki cihaza ihtiyaç vardır. İlki kablosuz verici (access point) diğeri ise kablosuz alıcıdır. WLAN, ad-hoc (iki veya daha fazla aygıt arasında iletişim ve veri aktarımının sağlandığı, herhangi bir kablosuz erişim noktasına ihtiyaç duyulmayan ağ bağlantı türü) ve infrastructure (altyapı) olmak üzere ikiye ayrılır. Ad-hoc bağlantıda her cihaz diğeri cihazlarla bağlantı kurmada hem verici hem de alıcı özelliğe sahiptir. Infrastructure (altyapı) ise merkezdeki bir kablosuz dağıtıcı sayesinde alıcı cihazlar dağıtıcı ile haberleşmektedir.³⁰

Kablosuz ağ standardı 1997 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers) tarafından geliştirilmiştir. Bu standardın genel adı IEEE 802.11'dir. 802.11 standardı kablosuz yerel ağı WLAN üzerinden iletişim kurulurken kullanılan kuralları temsil etmektedir. İlk başlarda 2,4 GHz frekansında çalışan, maksimum 75 metreyi kapsayan, 1-2 Mbps aralığında veri iletimi hızı sunan bu standardın teknolojik gelişmeler sonucunda yetersiz hale gelmesiyle, 802.11x olarak yeni standartlar gündeme gelmiştir.³¹

IEEE 802.11 standardı WLAN teknolojisini yönetmektedir. IEEE 802.11 standardında kablosuz iletişimlerin farklı özelliklerini açıklayan dört ek düzeltme vardır. Geçerli olarak kullanılan ek düzeltmeler 802.11a, 802.11b, 802.11g ve 802.11n'dir. Aralarında farklar olmasına rağmen temel olarak aynı iletişim kurallarını kullanmaktadırlar.³²

Wireless günümüzde en çok kullanımı olan kablosuz ağ çeşididir. Birçok cihazı internet ortamına ve birbirine bağlayarak aklımıza gelebilecek her sektör ve çalışma alanında aktif olarak kullanılmaktadır. Tarım alanında kullanımında ise, sensörler aracılığı ile elde edilen sıcaklık nem, basınç, karbondioksit gazları, hastalık oluşumu, toprağın nemi vs. gibi birçok

²⁹ Wi-Fi Teknolojisi

<https://teknoforum.com/wi-fi-teknolojisi-3448>

³⁰ Kablosuz Ağ Teknolojileri – WLAN Nedir?

<https://www.teknologweb.com/kablosuz-ag-teknolojileri-wlan-nedir>

³¹ Kablosuz Ağ Teknolojileri

<https://gamzenayir.wordpress.com/>

³² Acaroğlu, B. Kablosuz Teknolojiler

<https://mbacaroglu.wordpress.com/2011/11/13/kablosuz-teknolojiler/>

durumu ölçer ve izlenmesini sağlar. Mobil cihazlar veya bilgisayarlar aracılığı ile de tarımsal üretim yapılan alanın verilerine ulaşır, daha az beşeri etki sağlanarak mahsuller için yüksek verim ve düşük maliyet sağlanır.

2.2 Bluetooth Teknolojisi

İlk olarak 1994 yılında Ericsson firması tarafından kullanılan Bluetooth kablosuz ağ üzerinden cihazların iletişim kurarak veri aktarımı yapılmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu teknolojiden önce bilgisayarlar, telefonlar ve eğlence sistemlerinden oluşan birden fazla unsur birbiriyle radyo sinyalleri, infrared³³ ışınları veya kablolar aracılığıyla iletişim kurabilmekteydi. Ancak Bluetooth sayesinde söz konusu hantal sistemin kullanılması terk edilmiştir. Bluetooth kısa mesafeli radyo frekansı sayesinde iletişim sağlar. İletişim hızı 2.4 Ghz³⁴ düzeyindedir. Kablosuz iletişim kurulurken fiziki ve protokol olmak üzere iki ayrı aşamadan geçilir. Fiziksel katmanda bağlantı kurulur. Protokol aşamasında ise iletilen mesajların kontrolleri, kaç bit hızında veri aktarımının tamamlanacağı ve bit aktarımının iletilme zamanları ile ilgili süreçler tamamlanmaktadır.

Bluetooth sayesinde birbirinden ayrı iki elektronik cihazın hızlı bir şekilde etkileşime girmesi sağlanır. Kablosuz ağ üzerinden video, görüntü ve ses dosyaları kolayca iletilir. Bluetooth her akıllı cihazda bulunur, oldukça yaygın olarak kullanılır.

Bluetooth teknolojisi hızlı ve pratiktir. Etkileşime girecek olan cihazların kapasitesine ve çekim gücüne göre veri aktarım hızı değişiklik gösterir. Açık alanlarda 10 metrelik bir mesafeye kadar kolayca veri aktarımı sağlanır. Veri aktarımının hızı gönderilecek olan dosyanın boyutuna ve cihazlar arası yakınlığa göre çeşitlenir. Ortalama 721 Kbps³⁵ ve 1 Mbps³⁶ aralığında veri transferi yerine getirilir. Bluetooth kablo bağlantısı olmadan cihazlar arasında iletişim kurulmasını sağlayan bir kablosuz teknolojidir. 1994 yılında Ericsson firması kısa menzilli kablosuz haberleşme için Bluetooth projesini geliştirmeye başlamıştır. Daha sonraki yıllarda

³³ Kızılötesi ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun, fakat terahertz ışınımından ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımıdır. Kırmızı görünür ışığın en uzun dalga boyuna sahip rengidir. Kızılötesi ışınımın dalga boyu 750 nanometre ile 1 mikrometre arasındadır.

³⁴ Bir işlemcinin saniyede gerçekleştirebileceği maksimum işlem sayısını belirtmek için kullanılır. Bir işlemcinin yaptığı her bir hesaplama işlemi 1 Hertz olarak kabul edilir.

³⁵ (Kilobit per Second) veya Türkçesiyle Saniye Başına Kilobit, veri aktarımının hızını ölçmek için kullanılan veri hızı ölçüsüdür. Kbps değeri karşımıza çoğunlukla modem ve internet hızı gibi konularda veri hızımızı öğrenmemiz için sunulan değerdir.

³⁶ (Mega Bits Per Second) olan Mbps, saniyede aktarılan veri sayısının megabit cinsinden ifade edilmiştir. İnternetin standart hız birimidir. 1 saniye içinde kaç mbps veri aktarıldığını gösterir.

projeye IBM, Nokia, Microsoft gibi firmalarda dâhil olmuş ve 1999 yılında IEEE 802.15.1 referansıyla standartlaştırılarak bluetooth kullanıma sunulmuştur.³⁷

Bluetooth teknolojisi ağır trafik yüklerini taşımak için tasarlanmamıştır. Bluetooth teknolojisi daha çok kısa menzil haberleşmenin sağlanması amacıyla telefonlar, modemler, LAN (Local Area Network) erişim aygıtları, kulaklıklar, dizüstü bilgisayarları, yazıcılar, klavyeler gibi birçok cihazlarda kullanıma sunulmuştur.³⁸ Bluetooth 2.4 GHz bandında çalışır ve açık alanda 10 m kadar kapsama alanıyla 721 Kbps ile 1 Mbps arasında veri aktarma hızına sahiptir³⁹. Ancak son teknolojik gelişme olan Bluetooth 5 ile birlikte daha az enerji tüketimi sağlanmakta, bağlantı mesafesi 300 m'ye kadar kapsamakta ve gönderim hızı da 2 Mbps'a kadar çıkmaktadır.

40

Bu sistem makine-makine, makine-mobil ya da mobil-makine arasındaki haberleşmeyi desteklemektedir. Bluetooth teknolojisi ile birlikte sera izleme ve kontrol sistemi geliştirilmiştir. Sistem ile sensörler sayesinde sera içindeki her türlü veriler toplanıp merkezi kontrol sistemine iletilmekte ve böylece çiftçilerin daha sağlıklı aksiyon almasına yardımcı olunmaktadır.⁴¹

2.3 Düşük Güçlü Geniş Alan Şebeke (Lorawan) Çözümleri

Nesnelerin interneti uygulamaları son yıllarda tüm dünyada büyük hızla yayılmakta olup bu hızlı yayılımın doğal bir sonucu olarak daha uzak mesafelere daha az güç tüketimiyle veri aktarabilmek en önemli konulardan biri haline gelmiştir. Bir modülasyon tekniği olan LoRa da, küçük verilerin uzun mesafelere düşük güç tüketimiyle aktarımını sağlayan kablosuz haberleşme tekniklerinden biridir. LoRa kısaltması Long Range (Uzun Mesafe) kelimelerinin ilk hecelerinden oluşturulmuş olup, söz konusu teknik radyo frekanslarını kullanılarak iletişim sağlamaktadır. LoRaWAN ise LoRa tekniğini kullanarak, düşük güç tüketimi ile uzak

³⁷ Yazar, S. (2019). Konteyner Tabanlı Sanallaştırma Yöntemiyle Hassas Tarım Uygulamalarında Ipv6 Adreslemeli Ve Düşük Enerjili Kablosuz Sensör Ağı Geliştirilmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Sayfa 7

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ZGFwe45ywVmo1VfDMOg-1w&no=dtev5HF2zEaa snul7p2gUA>

³⁸ Bluetooth Nedir? <https://docplayer.biz.tr/3571016-Bluetooth-nedir-bluetooth-un-amaci-bluetooth-nerelerde-kullanilabilir-bluetooth-uygulama-ornekleri.html>

³⁹ Bluetooth Nedir? Ne İşe Yarar? Nerelerde Kullanılır?

<https://teknolojiProjeleri.com/teknik/bluetooth>

⁴⁰ Bluetooth 5 Teknolojisi

<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/bluetooth-5-teknolojisi/21935#ad-image-0>

⁴¹ Tekin, B. A. Demirel, Ç., Örün, Ç., Tarımda Kablosuz Ağlar

<https://layer.biz.tr/8503083-Tarimda-kablosuz-aglar.html>

mesafelere veri aktarımı sağlayan kablosuz iletişim teknolojisine verilen addır. Bir başka deyişle “Kitlese Nesnelere İnterneti Teknolojisi” olarak da tanımlanabilir.

LoRaWAN LPWAN (Düşük Güçlü Geniş Alan Şebekesi - Low Power Wide Area Network) temelli bir teknolojidir. LPWAN teknolojileri uzun pil ömrü ve geniş iletişim mesafesinin gerekli olduğu nesnelere interneti uygulamaları için ideal bir iletişim alt yapısı sunmaktadır. LoRaWAN teknolojisinin geliştirilmesi ve standartlarının belirlenmesi LoRa Alliance adlı uluslararası bir organizasyonunun sorumluluğu altındadır.

LoRaWAN teknolojisinin dünyada birçok ülkede kullanımı hızla artmaktadır. Hâlihazırda Avrupa’da birçok şehir LoRaWAN Teknolojisi ile kapsama alanlarını genişletmektedir. Örneğin Amsterdam LoRaWAN teknolojisi kullanarak nesnelere interneti veri şebekesi oluşturan ilk şehirdir.

LoRaWAN teknolojisinin günümüzde pek çok farklı alanda kullanımı mümkündür. Fakat dezavantajlarından biri olan veri aktarım oranının düşük hızda olması, hayati önem taşıyan altyapılarda kullanımını azaltmaktadır. Bu nedenle daha çok akıllı tarım ve akıllı şehir uygulamalarında yani veri aktarımının düşüklüğünün sorun yaratmayacağı, güç tüketiminin avantaja dönüştüğü fakat sistematik iletimin tercih edildiği durumlarda kullanımı yaygındır. Örneğin akıllı tarım uygulamalarındaki kullanımlarda periyodik veri aktarımı ile hava durumu, toprak analizi, nem, ışık, yağış, bitki ve hayvan sağlığı, ürün ve üretim kalitesinin artırımına yönelik bilgiler üreticilerin ve işletmelerin takip ve analizi için kolaylıkla sağlamaktadır. Akıllı tarım uygulamalarının yanı sıra akıllı şehir uygulamalarında da öne çıkan LoRaWAN teknolojisi ile su, elektrik ve gaz sayaçlarındaki takip sistemi ile kayıp ve kaçak tespiti başta olmak üzere atık yönetimi, trafik yönetimi, akıllı binalar, şehir aydınlatma ve çevresel temizleme sistemleri gibi düşük veri iletiminin kullanıldığı yerlerde de karşımıza çıkmaktadır. Nesnelere interneti açısından değerlendirildiğinde LoRaWAN diğer kablosuz haberleşme teknolojilerine göre daha ucuz ve kolay yönetilebilir seçenekler sunmaktadır çünkü bu amaç için kullanılacak bir diğer teknoloji olan Wi-Fi teknolojisinin altyapı masrafları düşük olsa da erişim alanı kısıtlı ve enerji tüketimi yüksektir. Bir diğer alternatif olan hücrese haberleşme teknolojilerinde ise erişim alanı daha geniştir ancak altyapı masrafları ve enerji tüketimi de buna eşlenik olarak daha yüksektir. LoRaWAN ise sadece nesnelere interneti için tasarlanmış olup altyapı masrafları da enerji tüketimi de bu iki teknolojiye göre çok düşüktür. Bir örnek vermek gerekirse LoRaWAN teknolojisi kapalı alanda 3 kilometreye, açık alanda 15 kilometreye kadar

varan erişim imkânını bir veya iki adet kalem pil ile 10 yıla kadar sorunsuz bir şekilde sunabilmektedir.

LoRaWAN teknolojisinin en büyük dezavantajları veri aktarım oranının düşük olması ile verinin gerçek zamanlı ve kayıpsız iletilebilmesi için özel bir protokole sahip olmamasıdır. Bir başka deyişle erişim alanı ve enerji tüketiminden elde edilen avantaj düşük miktarda veri iletimi ve olası veri gecikmeleri/kayıpları ile dengelenmektedir. Bu özelliği ile LoRaWAN büyük verilerin hızlı, hatasız ve gecikmesiz iletilmesi gereken sağlık takibi ya da borsa uygulamaları gibi hizmetler için ideal değildir. Buna ek olarak LoRaWAN teknolojisi lisanssız frekanslar kullanmaktadır bu nedenle de mevcut frekanslar ile enterferans yaratma potansiyeline sahiptir.⁴²

2.4 Hücresel Ağ Teknolojileri

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin varlığı ile iletişimin sağlanması için ilk olarak kablolu ortamlarda ses iletimi yapılmıştır. Günümüzde artık teknolojinin gelişmesiyle birlikte verilerin birçoğunun iletimini radyo frekanslarından yararlanarak kablosuz iletişim ile sağlamaktayız.⁴³ Kablosuz teknoloji ile birlikte yüzlerce kilometre mesafe arasındaki iletişimi sağlayan bu ağlara Kablosuz Geniş Alan Ağ (WWAN, Wireless Wide Area Network) denilmektedir. Bir hücresel ağ, radyo hücresinden oluşur ve her hücreye baz istasyonu konularak iletişim hizmeti verilebilmektedir.

Mobil telefon evrimlerine baktığımızda:

- **1. Nesil Teknoloji (1G):** İlk nesil kablosuz ağıdır. 1980 yıllarında kullanılan bu teknoloji, geniş kapsama alanı ve yüksek kapasite olanağı tanımaktaydı ancak çevresel etmenlere karşı duyarlı olduğundan bağlantının kesilmesine ve analog veri bağlantısı kullanıldığından herkes tarafından dinlenebilme gibi dezavantajları da barındırmaktaydı.
- **2. Nesil Teknoloji (2G):** Analog yayından sayısal yayına geçilmesiyle daha yüksek ses kalitesi, güvenli iletişim ve kısmen veri akışı söz konusu olmuştur. Bu teknolojiye GPRS⁴⁴,

⁴² <https://skysens.io/lora-lorawan-nedir>

⁴³ Ağ Teknolojileri Tarihçesi

<http://networkcet.blogspot.com/2017/04/ag-teknolojileri-tarihcesi.html>

⁴⁴ General Packet Radio Service (mevcut 2G cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlamalı olarak veri iletimi sağlayan teknoloji. Genellikle cep telefonları ve internet arasında, küçük veri paketlerinin alışverişi amacıyla kullanılır.)

EDGE⁴⁵ ve MMS⁴⁶ teknolojilerinin de dâhil edilmesiyle ismi 2,5G ve 2,75G olarak adlandırılmıştır.

- **3. Nesil Teknoloji (3G):** 3G ilk olarak 1998 yılında Japonya’da ortaya çıkmış ve 2002 yılında ABD’de 2003 yılında da AB’de kullanıma sunulmuştur. 3G ses değil sayısal veri ileterek hücreye daha az yük bindirmektedir. Böylece daha hızlı veri sağladığından görüntülü konuşma ve internet olanaklarından yararlanma fırsatı vermektedir.
- **4. Nesil Teknoloji (4G):** Hizmet sağlayıcıları ile bağlantı kurabilen her cihaz bir IP adresine sahip olmaktadır. Böylece mobil cihazlar bu sayede birbirleriyle iletişim kurmaktadırlar. 3G’de sadece mobil veri IP protokolü ile taşınıyorken, ses te artık IP üzerinden gönderilmektedir. Ayrıca indirme ve yüklemenin farklı frekanslar aracılığıyla yapılması mobil veri hızında artış sağlamaktadır.⁴⁷ Kullanıcı kapasitesinin artması, sorunsuz ve hızlı bağlantı, yüksek çözünürlüklü medyaya erişim 4G’nin ayırt edici özelliği olarak ön plana çıkmaktadır⁴⁸.
- **5. Nesil Teknoloji (5G):** Diğer nesil teknolojilere göre çok ciddi farklılıkları olan 5G’nin birçok sektöre etki etmesi beklenmektedir. 10 Gbps’a varan yüksek hızlar, ultra güvenilir ve düşük gecikme, yüksek hız yüksek kapasite, real-time fırsatı, masif nesnelerin interneti gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Günümüz 5G teknolojisiyle gerçek şebekelerde 4.7 Gbit/sn hızına, laboratuvar ortamlarında ise 7.5 Gbit/sn hızlarına ulaşılmış olup, 2025 yılına kadar ise 5.5G çalışmalarıyla hızın 20 Gbit/sn’ye kadar indirme (download) ve 10 Gbit/sn’ye kadar yükleme (upload) olmak üzere baz istasyonu başına toplam (agrega) 30 Gbit/sn’ye yükseltilmesi hedeflenmiştir. Akıllı tarım üzerine Finlandiya’da yapılan bir çalışmada 5G teknolojisinden yararlanarak ve 360°’ye sahip kameralar ve 4K görüntüler sayesinde traktörler uzaktan gerçek zamanlı olarak kontrol edilip demo bir tarımsal çalışma yapılmıştır.

2.5 Yapay Zekâ

Yapay zekâ insana özgü bazı yetenekler olan düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarım yapma, algılama, öğrenme gibi bilişsel fonksiyonları sergilemesi beklenen bir

⁴⁵ Enhanced Data rates for GSM (Global System for Mobile Communications) Evolution gsm alt yapısında ve frekanslarında (850/900/1800/1900) çalışan, mobil iletişimde üçüncü neslin başlangıcı olarak sayılabilecek, yüksek hızda veri iletişimi sağlayan teknolojidir.

⁴⁶ (Multimedia Messaging Service) Mobil Çoklu Ortam Mesajlaşma Hizmeti anlamına gelmektedir. Cep telefonu ile fotoğraflı, sesli, animasyonlu ve videolu mesajların yollanmasına olanak tanır.

⁴⁷ 4G Nedir, Ne İşe Yarar?

<https://www.muhandisbeyinler.net/4g-nedir-4g-ne-ise-yarar/>

⁴⁸ T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, (Ankara, 2011), Bilişim Teknolojileri Kablosuz Ağlar <https://docplayer.biz.tr/831400-Bilisim-teknolojileri.html>

yapay işletim sistemidir. Yapay zekânın fikir babası ‘Makineler düşünebilir mi?’ sorusunu ortaya atarak tartışmalara yol açan Alan Mathison Turing’dir. Daha sonraları 1956 yılında IBM tarafından yapılan bir konferansta Mc Carthy tarafından ilk defa ‘yapay zekâ’ kavramı kullanılmıştır.

Yapay zekâ çalışmalarının amacı insan zekâsını örnek alarak insan zekâsı gerektiren işlerin makineler tarafından yapılmasını sağlamaktır. Oyunda, matematikte, çeviri işlemlerinde, görüntünün işlenmesinde, bilgi tabanlı sistemlerde, makinelerin öğrenmesinde, veri madenciliğinde ve robotik gibi farklı alanlarda geliştirilerek kullanılmaktadır.⁴⁹ Okul, iş, ev gibi hayatımızın her alanında kullandığımız birçok elektronik üründe hali hazırda yapay zekâ kullanılmaktadır. Apple’ın Siri asistanı, Google’ın kamerayla fotoğraftaki metni çevirme özelliği, mobil telefonlardaki konuşmaları metne çevirme özelliği, alışveriş sitelerindeki aradığımız ürünlere yönelik alakalı sonuçlar çıkarılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır.⁵⁰ İnsan nüfusunun artmasıyla geleneksel tarımdan robotik tarıma geçerek gıda sorununda önemli problemlerin aşılması beklenmektedir. Drone, 2-D webcam teknolojileri ve yapay zekâ sayesinde bitkilerin gelişim durumu, kullanılacak ilaç miktarı, sulanması, hasat zamanı gibi analize dayalı durumları yapay zekâ sayesinde sensörlerin verilerini kullanarak bir analiz ortaya çıkartarak çiftçinin aksiyon almasına yardımcı olmaktadır.⁵¹

2.6 Büyük Veri

Veri işlenmemiş bilgi parçacığdır ve tek başına anlam ifade etmemektedir. Veriler analiz edilip işlenince bilgiye dönüşür. Veriler ölçüm, sayım, deney, gözlem ya da araştırma yolu ile elde edilmektedir.

Günümüzde elde edilen veriler elektronik ortamda saklanmakta ve ayrıca bu ortamda işlenmektedir. Elektronik ortamlar geliştikçe verilerin boyutu artmakta ve farklı verilerin beraber işlenmesine zemin hazırlamaktadır. Verilerin yönetimi, saklanması, işlenmesi, aktarılması gibi durumlardan değer elde edilmesiyle ekonomiye dönüştürülmesi ‘Veri Bilimi’ olarak ifade edilebilir.

⁴⁹ Yrd.Doç. Reis,Z. Yapay Zeka

<https://www.elektrik.gen.tr/wp-content/uploads/2018/01/1.-Yapay-Zeka.pdf>

⁵⁰ Yapay Zeka Nedir ve Uygulamaları Nelerdir?

<http://www.yeniisfikirleri.net/yapay-zeka-nedir-ve-uygulamaları-nelerdir/>

⁵¹ Yapay Zekâ ile Tarımın Geleceği

<https://www.forfarming.co/tr/yapay-zeka-ile-tarimin-gelecegi/>

Büyük veri konusu ise ‘farklı formatlarda, hızlı bir şekilde ve büyük hacimde üretilen veriler’ olarak tanımlanabilir. Elektronik ortamlardan yapılan işlemler, uygulamalar, belgeler, videolar, sesler, fotoğraflar, sosyal ağ etkileşimleri, devlet ve özel sektör kayıtları gibi her türlü kayıtların oluşturduğu verilerden oluşmaktadır. Bu nedenle cep telefonları, bilgisayarlar, tabletler, M2M⁵² cihazları gibi elektronik veri oluşturan her türlü aygıtların milyarlarca adet olduğu düşünüldüğünde, verinin boyutu da katlanarak artmaktadır.

Büyük Veri oluşumunda 5 bileşen mevcuttur. Bunlar genelde 5v olarak adlandırılan variety, velocity, volume, veracity ve value’dır:

Variety (Çeşitlilik): Farklı kaynaklardan ve biçimlerden elde edilen her türlü veri çeşitliliğini kapsamaktadır. Ses, video, e-mail, finansal veriler, e-ticaret gibi her türlü verilerden oluşmaktadır.

Velocity (Hız): Verilerin saniyeler içinde üretilme durumu verinin hızını oluşturmaktadır. Çeşitli sensörler, tabletler, bilgisayarlar ve her türlü IoT gibi cihazlar çok hızlı bir şekilde veri üretmektedir. Verinin hızlı bir şekilde büyümesi analiz için işlem sayısının ve çeşitliliğinin artmasıyla sonuçlanmaktadır ki bu da hem yazılımsal hem de donanımsal olarak yoğun bir çaba gerektirmektedir.

Volume (Veri Büyüklüğü): Yapılan her türlü işlemin (gigabayte, terabayt, petabayt)⁵³ gibi boyutlara ulaşması verinin hacmini oluşturmaktadır. Veri analizinin mümkün olmadığı durumlarda veri hacminin büyüklüğü bir problem teşkil etmektedir.

Veracity (Geçerlik): Verinin oluşumunda güvenilirliği, doğruluğu ve tutarlılığı önem arz etmektedir. Büyük veri analizinde bu gibi faktörler olmadığı sürece verinin anlaşılması zor olmaktadır.

Değer (Value): Veri analizinden anlamlı bir sonuç çıkartılması işlemidir. Değer üretilemeyen veri herhangi bir anlam ifade etmemektedir. Çıkarılan sonucun alınan aksiyonlara artı değer katması da önemlidir.

⁵² M2M kısaltmasıyla bilinen Makineler Arası İletişim (Machine to Machine Communication) İki ya da daha fazla makinenin önceden belirlenmiş kurallar ve protokoller ışığında kablolu ya da kablosuz iletişimi olarak adlandırılmaktadır.

⁵³ 1 GB = 210 MB = 1024 MB (Megabayt)
210 GB = 1024 GB = 1 TB (Terabayt)
1024 TB = 1 PB (Petabayt)

Büyük veri uygulamaları sağlıktan tarıma endüstriyel pazarlamadan bankacılığa kadar birçok sektörde kullanılmaktadır.⁵⁴

2.7 Bulut Bilişim

Bulut bilişim teknolojisiyle amaçlanan büyük verinin depolanması ve istenildiği zaman erişilebilmesidir. Yapılan tüm işlemler ve depolamalar bulut üzerinden yapılmaktadır. İnternet üzerinde yer alan bütün programların, uygulamaların ve verilerin bulutta depolanmasıyla internete bağlı bulunan her cihazdan ve her yerden bu bilgilere kolaylıkla ulaşmak mümkündür.⁵⁵ Her noktada erişim sağlanarak işin daha esnek ve hızlı yapılması, kaynakların izlenebilmesi, kontrolü ve raporlanabilmesi söz konusu olmaktadır.

Bulut bilişimde üç farklı hizmet modeli yer almaktadır:

- **Yazılım Hizmeti (SaaS):** Web tabanlı olan ve son kullanıcıya hitap eden tüm yazılımların hizmet olarak sunulmasıdır. İhtiyaç duyulan yazılımlar bu hizmeti veren kurumların sunucularında tutularak herhangi bir yazılım kurmaya ihtiyaç duymadan sunuculardan çalıştırılarak işin yapılmasıdır.
- **Platform Hizmeti (PaaS):** Yazılım dilleri ve araçları kullanarak bulut altyapısı üzerinden kendinize ait yazılım oluşturma ve bu yazılımın bulut üzerinden diğer kullanıcılara hizmet verilebilme durumudur. Microsoft Azure, Google Apps Engine, Engine Yard gibi platformlar örnek verilebilir.
- **Altyapı Hizmeti (IaaS):** Bulut bilişimin en temel hizmetidir. Altyapı hizmeti ile sanal bir sunucu oluşturarak kullanıcılara bulut sunucu hizmeti sunulmasıdır. Sunucular, saklama sistemleri, anahtarlar, yönlendiriciler, ağ ve işletim sistemleri gibi teknolojiler sanallaştırılabilir. Kullanıcılar sanal bir veri merkezi oluşturabilir ve fiziki bakım veya yönetimine kaynak harcamadan geleneksel bir veri merkeziyle aynı imkânlara sahip olmaktadır.⁵⁶

⁵⁴ Terzi, R. & Sağıroğlu, Ş. & Demirezen, U., Büyük Veri Ve Açık Veri: Temel Kavramlar. Ş. Sağıroğlu & O. Koç (Der.), Büyük Veri Ve Açık Veri Analitiği: Yöntemler Ve Uygulamalar (sayfa 14-21)

<https://docplayer.biz.tr/120602301-Buyuk-veri-ve-acik-veri-temel-kavramlar.html>

⁵⁵ Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?

<https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>

⁵⁶ Yıldız, Ö. R., (2009) Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (CloudComputing) Ve Denetim. Sayıştay Dergisi.

<https://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423911533.pdf>

Bulut bilişim sayesinde sunucu donanımları, güç kaynağı, soğutma sistemleri, personel giderleri gibi maliyetlerden tasarruf sağlanarak uygun çözümlerle veri depolama avantajı sağlanmaktadır. Birçok alanda maliyet avantajı sağlanmasıyla çoğu firma bulut bilişime yönelik yatırım yapmaktadır. Buna örnek olarak Microsoft'un ABD'de 46.000 metre kare alanda kurduğu bir veri çiftliğinde 500 milyon ABD doları maliyetinde 400.000 sunucu bulunmaktadır. ABD dışında birçok devlette kendi veri çiftliğini kurmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır.

Bulut bilişim önümüzdeki günlerde daha da gündemimize girerek bütün iş ve süreçleri derinden etkileyecektir. Büyük verinin oluşturduğu devasa boyutta veriler, sürekli veriye erişim ve maliyetlerde azalma her sektörün bulut bilişimle bağlantılı olmasına yol açacaktır.⁵⁷

Bulut Veri, birçok sektörde olduğu gibi akıllı tarımda da aktif rol oynamaktadır. Özellikle araziden hassas sensörlü cihazlar aracılığı ile alınan veriler bulut sisteminde saklanıp yapay zekâ ile işlenmektedir.

2.8 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti (IoT, Internet of Things) kavramı 1999 yılında Kevin Ashton tarafından tedarik zinciri yönetimine yönelik yapılan bir sunumda ilk kez kullanılmıştır. Nesnelerin interneti teknolojisi, sensörler, makineler, mobil cihazlar, bilgisayarlar gibi aygıtlar sayesinde veri üretmesi, haberleşme ağıyla birbirleri ile iletişim kurması ve insanlarla iletişime geçmeden insanların ihtiyaçlarını karşılamasıdır.⁵⁸

Nesnelerin interneti bireysel, sanayi, hizmet, tarım gibi birçok alanda etkisini gösterecektir. Akıllı şehirler, akıllı evler, akıllı giyilebilir cihazlarda, akıllı ofislerde akıllı olan her ortamda yerini alacaktır. Bir nesnenin akıllı olabilmesi için sensöre sahip olması, internet aracılığıyla iletişime geçmesi ve bir IP adresine sahip olması gerekir. Bu sayede akıllı nesne, sensörler aracılığıyla veri üreterek büyük veriyi oluşturmakta ve bulut bilişimde de depolanmaktadır.

⁵⁷ Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (Cloud Computing) ve Denetim

⁵⁸ Tavukcuoğlu, İ. C., (2019). Endüstri 4.0 Kapsamında IoT (Nesnelerin İnterneti) Uygulamalarının Müşteri Memnuniyetine Etkisi Ve Bir Araştırma, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Pazarlama Bilim Dalı, YL Tezi, Sayfa 27

https://www.academia.edu/44036861/END%C3%9CSTR%C4%B0_4_0_KAPSAMINDA_IOT_NESNELER%C4%B0N_%C4%B0NTERNET%C4%B0_UYGULAMALARININ_M%C3%9C%C5%9ETER%C4%B0_ME_MNUN%C4%B0YET%C4%B0NE_ETK%C4%B0S%C4%B0_VE_B%C4%B0R_ARA%C5%9ETIRMA

Her nesnenin kendisine ait bir IP⁵⁹ adresi olmasıyla nesnelerin interneti aracılığıyla birbirleriyle iletişime geçmektedirler. Telefon, araba, buzdolabı, kahve makinesi, elektrikli ısıtıcılar, sensörler gibi internete bağlı olacak her cihazın bir internet protokol adresi olması gerekir. IPv4⁶⁰ isimli internet protokolü artık doygunluğa geldiğinden IPv6 protokolü ile bu problem çözülmüştür. IPv6⁶¹ protokolü ile 340 trilyon kez farklı IP adresi üretilmekte böylece her aygıtın bir adresi bulunmaktadır.⁶²

M2M kısaltmasıyla Makineler Arası İletişim kablolu ya da kablosuz olarak makinelerin birbirleri arasında iletişim halinde olduğu bir sistemdir. İstatistiki veriler yayımlayan Statista' 2025 yılında toplamda 75 milyar cihazın birbiriyle iletişime geçeceğini tahmin etmektedir.⁶³ Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun hazırlamış olduğu Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü Üç Aylık Pazar Verileri Raporu'nda yer alan makineler arası iletişime yönelik istatistiki bilgilere göre 2019 yılının son çeyreğinde ülkemizde 5,9 milyon M2M abonesi bulunmaktadır.⁶⁴ Büyük veri, bulut bilişim, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi her alanda inovasyonun hız kazanmasıyla dijital teknolojiler olgunlaşacak ve kamu, özel sektör ve bireysel bazda her türlü beşeri işte verimde artış sağlanacaktır.

2.9 Tarım ve 5G

5G ekosistemi, dünya çapında birçok araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), standardizasyon, akademi, forum vb. ile birlikte, geniş bir yelpazede yeni teknolojiler ve yetenekler geliştirilmek üzere talepleri yerine getirmeyi hedeflemektedir. 5G planlaması, mevcut 4G'den daha yüksek kapasiteye sahip olmaya, daha yüksek mobil genişbant kullanıcısı yoğunluğuna, güvenilir ve masif makine haberleşmesine destek sağlamaktadır. 5G, 4G teknolojisinden daha düşük bir gecikmeyi ve daha düşük pil tüketimini, nesnelerin internetinin daha iyi uygulanmasını hedeflemektedir.

⁵⁹ İnterneti ya da TCP/IP protokolünü kullanan diğer paket anahtarlamalı ağlara bağlı cihazların, ağ üzerinden birbirleri ile veri alışverişi yapmak için kullandıkları adres.

⁶⁰ (Internet Protocol Version 4) IPv4, cihazların internete bağlanmasına olanak sağlayan en temel teknolojidir. halen kullanılmakta olan standart internet protokolüdür

⁶¹ (Internet Protokol Version 6) , IPv4 ile yaratılan 32 bitlik adresleme sisteminin yetersiz kalması ve sıkıntılar yatması üzerinden IETF tarafından getirilen bir İnternet Protokolü adres standardıdır.)

⁶² Sedefçi, K., (2018). Endüstri 4.0 Kapsamında IoT (Nesnelerin İnterneti) Uygulamalarının Müşteri Memnuniyetine Etkisi Ve Bir Araştırma. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, YL Tezi, Sayfa 24-27

https://www.researchgate.net/publication/344188785_ENDUSTRI_40_KAPSAMINDA_IOT_NESNELERIN_I_NTERNETI_UYGULAMALARININ_MUSTERI_MEMNUNİYETINE_ETKISI_VE_BIR_ARASTIRMA

⁶³ Internet of Things (IoT) Connected Devices Installed Base Worldwide From 2015 to 2025

<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

⁶⁴ Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Üç Aylık Pazar Verileri Raporu, 2019-4

<https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/pazar-verileri/4-ceyrekraporu-2019-final.pdf>

5G, Makineden Makineye (Machine to Machine-M2M) ve Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) cihazlarını yönetecek akıllı bir iletişim ağı haline gelecektir. 5G, uygulamada olan teknolojilerin bir arada, verimli ve uyumlu bir şekilde tüm nesil bantları tamamlayıcı olarak kullanabilecek teknolojik ilerlemeyi ifade edecektir. Çok yüksek frekanstan düşük frekansa, çok büyük hücreden (macro cell) çok küçük hücrelere (pico cell, body cell vb.) pek çok farklı yapıların bir arada kullanılacağı Heterojen Ağlar (Heterogeneous Network - HetNet) ile mevcut (3G, 4G, Wi-Fi) altyapıların tamamlayıcısı niteliğinde olacaktır.

Tarım ve çevre alanında, 5G ve mobil NB-IoT kullanımına dayalı önemli bir ekonomik büyüme ve gıda tedarik güvenliği bakımından da sürdürülebilirlik hedefi ve zorunluluğu bulunmaktadır. Bu konuda, bilişim sektörümüzde yeterli farkındalığı oluşturamadığımızdan diğer ülkeler bu çalışmalara başlamışlardır. Tarımda IoT, M2M, hassas tarım ve iyi tarım için otonom araç uygulamaları tüm dünyada yoğun ilgi gören bir gelişim alanıdır. Otonom biçerdöverler ile hasat kayıplarının azaltılması, gübreleme ve ilaçlamada ihtiyacı olan yerlere ihtiyacına göre orantılanmış miktarda uygulama yapılması, suyun bitkinin bulunduğu fenolojik evre ve toprağın nem durumuna göre sulama ajandasının optimal kontrolü, hastalıkların koşul tahmin ve oluşum erken teşhisi gibi yüzler seviyesinde tarımda kayıp azaltıcı ve verim arttırıcı bilişim ve iletişim uygulama örnekleri bulunmaktadır. 2050 yılına kadar tarım alanında yapılacak IoT çalışmalarının gıda üretimini %70 oranında artıracığı öngörülmektedir. Yeni teknolojiler sayesinde, küresel ısınma ve iklim değişikliklerine ek olarak yoğun/hatalı tarım uygulamalarından kaynaklanan çevresel etkiler de azaltılabilecektir. Dünyada endüstriyel çiftlikler dışında 500 milyon çiftçi ve aileleri ile birlikte 2 milyara yakın çiftçi ailesi geleneksel yöntemler ile çiftçilik yapmaktadır. Endüstriyel çiftlikler, tarımsal otomasyonlardan gelen bilgileri ve bu otomasyonların yönlendirmelerini uzmanlar ile yapabilirken, aile çiftçiliği yapanların böyle bir imkânı olmadığını ve bu teknolojilerin yüksek fiyatlı olması nedeniyle teknolojinin imkânlarından yararlanma konusunda geri kalmaktadırlar. Aile çiftçiliğine yönelik olarak geliştirilen teknolojilerin ürettiği verilerin uzman gereksinimi olmadan, tarımsal bilgi sahibi uzmanlar tarafından algoritmalar ile hazır mesaj ve yönlendirmelerle yapılabiliyor olması, endüstriyel çiftliklerle küçük çiftlikler arasındaki nitelikli bilgiye erişim farkını ortadan kaldıracaktır.

Tarımın Dünya ve Türkiye'deki problemleri göz önüne alınarak 5G ile ilişkilendirilmesi gereklidir. Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde yapılan çalışmalar sonucu tarım

faaliyetlerinde kullanılan toplam 1200 iş süreci tanımlanmıştır. Bu iş süreçlerinin 5G üzerinden hizmetlerle uygulamaya dönüştürülmesi ve bir uyum içerisinde yürütülmesi mutlaka değerlendirilmelidir. 5G teknolojilerinin kullanılabilmesi çok fazla fırsat yer almaktadır.

Su Yönetimi: Kullanım suyu kalite ölçümleri, planlaması, su kullanımını azaltmaya yönelik uygulamalar geliştirilmelidir. Çiftçilerin ürünleri sulama safhasında bilinçsizce tüketimin (ki bu oran %90'ı bulmaktadır) önüne geçilebilmesi amacıyla 5G teknolojisi su yönetimi kontrolü imkânı sunacaktır.

Toprak Koruma Yönetimi: Toprak verimliliğini, zararlardan korunmasını ve erozyon etkilerini en aza indirmeyi hedefleyen uygulamalar gereklidir. Örnek olarak karbon salınımının ölçülmesi ve takip edilmesi ile geliştirilen yeni gübre tiplerinin kullanılması sonucu daha az karbon salınımı sağlanabilmektedir. Karbon ölçüm sensörlü basit IoT cihazları ve 5G ağ ile sağlanacak yakınsama, bu ve benzeri ölçümlere ve analizlere imkân verecektir. Son 50 yılda toprak bozulmasının etkisinin tarım verimliliğinde %13'lük bir kayba yol açtığı saptanmıştır. Topraksız tarımın minimum su ve minimum gübre ile sera alanlarında yönetimi sağlanmalı, nem ve ısı ayarları en yüksek verim alacak şekilde yapılmalıdır.

Tarım ve çevre uygulamalarında 5G açısından en önemli nokta uygulama alanı ile orantılı olarak çok fazla cihaz kullanılması olacaktır. Cihaz sayısı artacağı için geniş bant aralığı gereklidir. Yine uygulama alanı ile orantılı olarak bu sayede mevcut üretim 2,8 katına çıkarılırsa diğer hizmet gruplarından çok daha fazla ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır.⁶⁵

5G teknolojisi hayvanların hasta veya hamile olup olmadıklarını tespit ederken, beslenmelerini ve sağlıklı olmalarını sağlamak için de kullanılabilir olacaktır. 5G teknolojisi çiftlik hayvanlarını izleyen IoT cihazları ile tarım endüstrisini de dönüştürecektir. Sensörler ve dronelar, toprak kalitesi, nem ve sıcaklıklar da dâhil olmak üzere ürün büyümesini etkileyen çeşitli faktörler hakkında gerçek zamanlı veriler toplayarak mahsul üretimini izleyebilir. 5G cihazların hızını ve bağlantılarını büyük ölçüde artırarak daha fazla bilgi toplanmasını ve bilginin daha doğru olmasını sağlayacaktır. Gıda talebi artmaya devam ettikçe 5G, çiftçilere mümkün olan en yüksek mahsul verimini üretme ve topraklarından en iyi şekilde yararlanma

⁶⁵ Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 5G ve Ötesi Beyaz Kitap (2018)
<https://www.btk.gov.tr/uploads/announcements/5g-ve-otesi-beyaz-kitap/beyaz-kitap-son.pdf>

konusunda yardımcı olacak. Çiftçiler, ekinlerini daha az su, böcek ilacı ve gübre kullanarak büyütmek için çok fazla veriye sahip olacaklardır.⁶⁶

Boğaziçi Üniversitesi Yenilikçi Tarım ve Gıda İşletmeciliği Platformu ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından Boğaziçi Üniversitesi'nde düzenlenen "5G ve Ötesi Teknolojiler ve Türkiye Tarım Sektörünün Rekabet Gücü Çalıştayı"nda 5G'nin, tarımın rekabet gücüne olan etkisi konuşulmuştur. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin tarımdaki kullanımının önemi vurgulanmıştır.

5G ile birlikte "Sulama ve Su Kaynakları Yönetimi, Ekipman Yönetimi, Sera Yönetimi, Ürün Hayat Döngüsü Yönetimi, Drone ile İlaçlama, Drone ile Hasar Tespit Yönetimi, Gübreleme / İlaçlama Yönetimi, Mahsul ve Verim İzleme, Meteorolojik Şartlara Göre Anlık AI⁶⁷, Çiftlik Yönetimi, Sera Yönetimi, Sürü Yönetimi" konularında gelişmeler olacaktır.

Türkiye'de tarım alanında 2011 yılında ilk Tarım Zirai-Meteorolojik Gözlem İstasyonları kurulmuştur. Türkiye Çapında 440 adet Tarımsal Gözlem ve Erken Uyarı İstasyonu ve 11.872 adet duyarga yönetimi ile tek merkezden yapılan en büyük tarım duyarga ağı (IoT) burada yönetilmektedir ve 39 farklı sensörden 204 zirai parametre elde edilmektedir. Robotik Zirai Meteorolojik İstasyon Sistemi Hassas Tarımın en önemli modülü olması yanında, tarım bilişim sistemlerinin en önemli yapı taşıdır. İstasyondan toplanan veriler ile "Afet Olay Zarar Tespit Sistemi, Konum Bazlı Veri Yayma, Zirai Uyarı Sistemi, Sulama Yönetimi, Kuraklık ve Tahmin Analizi, Verim-Rekolte⁶⁸ Tahmin ve Takibi, Bitki Fenotik Evre Tahmin ve Takibi" sistemleri kullanılabilir.

⁶⁶ 5G Teknolojisi ile Hayatımız Nasıl Değişecek?

(<https://blog.aegon.com.tr/5g-teknolojisi-ile-neler-degisecek/>)

⁶⁷ Yapay zekâ, bir bilgisayarın veya bilgisayar kontrolündeki bir robotun çeşitli faaliyetleri zeki canlılara benzer şekilde yerine getirme kabiliyeti. İngilizce "artificial intelligence" kavramının akronimi olan AI sözcüğü de bilişimde sıklıkla kullanılır.

⁶⁸ Tarımda bir yılda elde edilen herhangi bir ürünün toplam miktarı.

3. HASSAS TARIM UYGULAMALARI

3.1 Tarımda Dijital Dönüşüm

Ekonomi tarihi, toplumların yaşamını köklü değişime uğratan ve ekonomik performansını artırarak büyümeyi sağlayan iki önemli değişimden bahsetmektedir. İlk değişim tarım, ikinci değişim ise sanayi devrimidir.⁶⁹ Bu bağlamda, değişen Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 9,7⁷⁰ milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Bununla beraber, iklim değişiklikleri, toprak erozyonları, dengesiz gübre uygulamaları, aşırı sulama gibi yanlış tarım uygulamaları, tarımda verim ve üretimin azalmasına neden olmakta ve artan gıda talebinin karşılanmasını da zorlaştırmaktadır. Dünya’da hektar başına ortalama 3,75 ton olan tahıl üretiminin 6,25 ton/ha’ a ulaşması gerekmektedir ki, bu da Dünya halkının beslenme ihtiyacı için mevcut tahıl üretiminin %70 artırılması gerektiği sonucunu doğurmaktadır.⁷¹ Tüm bunlara azalan su kaynaklarını da eklediğimizde ilerleyen yıllarda gıda ve su savaşlarının olabileceği senaryoları da artık konunun önemini daha da çok ortaya koymaktadır. Tarım sektörü, ülkemizde ve dünyada uzun yıllardır bilişim sektörünün ilgi alanına uzak kalmış olsa da, bu durum tarımda dijitalleşmeyi mecbur kılmaktadır.

Hassas tarım, (precision farming) gelişen teknolojilerin tarımsal üretimle bütünleştirilerek kullanılması çerçevesinde düşük maliyet, değişken girdi kullanımı, azami gelir hedefleyen ve çevre koruma ilkelerini göz önünde tutan tarımsal uygulamalar bütünüdür.⁷² Sensörler ile donatılmış tarım aletleri ve alanlarıyla, çiftçilere hangi alanda ve ne tür gübre kullanmaları gerektiği, hava koşulları, bitkinin ihtiyacı olan mineral ve sulama miktarı, toprağın durumu, tahmini hasat zamanı, hastalık ve zararlı tespiti ve bu tespit doğrultusunda hangi ilacın hangi dozlarda ve en uygun hava koşullarında uygulanması gibi konularda detaylı bilgi vererek verimin en üst düzeye çıkartılabilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede üreticiler, akıllı teknoloji cihazlarıyla tüm ekim alanını yönetme ve gözlemlene imkânına sahip olmakta, emek gücünü ve üretim girdi maliyetlerini minimize edip kaliteli ve yüksek miktarda ürün elde etme imkânına

⁶⁹ Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi Cilt:21. Sayı:1. Haziran 2017 ss.41-64

<http://iibfdergi.cu.edu.tr/211.html>

⁷⁰ Birleşmiş Milletler Ekonomi ve Sosyal İşler Bakanlığı'nın Nüfus Bölümü,

(<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>)

⁷¹ Civelek, Ç. (2018) Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) ve Tarımda Kullanım Potansiyeli

(<http://apelasyon.com/Yazi/998-nesnelerin-interneti-internet-of-things-iot-ve-tarimda-kullanim-potansiyeli?bul=hassas%20tar%C4%B1m>)

⁷² Çakan, H (2017) Tarımda 'Hassas' Mıyız?

([http://apelasyon.com/Yazi/591-tarimda-hassas-miyiz#:~:text=Hassas%20tar%C4%B1m%2C%20geli%C5%9Fen%20teknolojilerin%20tar%C4%B1msal.%C3%B6n%C3%BCnde%20tutan%20tar%C4%B1msal%20uygulamalar%20b%C3%BCt%C3%BCn%C3%BCd%C3%BCr.\)](http://apelasyon.com/Yazi/591-tarimda-hassas-miyiz#:~:text=Hassas%20tar%C4%B1m%2C%20geli%C5%9Fen%20teknolojilerin%20tar%C4%B1msal.%C3%B6n%C3%BCnde%20tutan%20tar%C4%B1msal%20uygulamalar%20b%C3%BCt%C3%BCn%C3%BCd%C3%BCr.))

sahip olmaktadırlar. Toprak hazırlığı, ekim, ilaçlama ve hasat makinalarının konvansiyonel şeklinin değişerek, işlemi gerçekleştiren organların ve makine kontrolünün elektronik ve bilgisayar sistemleri ile birlikte Küresel Konumlandırma Sistemlerinin (GPS) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama, mobil uygulamalar verim izleme ve değişken oranlı uygulama teknolojilerinin bir arada kullanıldığı, daha az girdi miktarı ile daha fazla verimlilik elde etmeye yönelik akıllı tarımsal uygulamalar “Hassas Tarım” teknolojileridir. Akıllı Tarım, Hassas Tarım uygulamaları kapsamında ele alınır.

3.2 Akıllı Tarım ve Tarım 4.0

Endüstri 4.0 süreci ile başlayan büyük değişim ve teknolojik gelişmeler artık günlük yaşamımızın bir parçası haline gelen kablosuz iletişim teknolojileri, yapay zekâ, makinalar arası iletişim, bulut sistemleri, nesnelerin interneti gibi kavramlarla birlikte mobil cihazların da etkin ve yoğun olarak hayatımıza girmesiyle tarım sektöründe de kendini göstermiş ve bu sürecin tarımsal üretime yansımaları ise verimlilik, etkinlik, hız, sürdürülebilirlik, gıda güvenliği, rekabet gücü olarak şekillenmeye başlamıştır. Tarım 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm ile birlikte, tarım sektöründe yeni bir süreç tanımlanması gereği ortaya çıkmış ve bu kapsamda bilgisayar destekli kontrol sistemleri, çeşitli yazılım ve donanım araçları, dijital sensörlerle donatılmış tarım makineleri ve alanları ve bunların birbiriyle iletişimi, görüntü işleme teknolojileri gibi akıllı sistemlerin kurulması ve yaygınlaştırılması önem kazanmıştır. Bu sistemlerle, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için önemli olan tüm faktörler üreticilerin bilgisine hızlı ve eş zamanlı sunularak kaynakların etkin kullanımı sağlanmıştır.

Dünya nüfusunun hızla artması, insanlığın en temel ihtiyaçlarından olan beslenme sorununa sürdürülebilir bir çözüm arayışını gündeme getirmiştir. Değişen iklim koşullarında bu tarımsal üretim artışının nasıl sağlanacağı ve nasıl sürdürülebilir kılınacağı günümüzde önemli bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyadaki sera gazı emisyonunun %11 ile %15’inin endüstriyel tarım uygulamalarının sonucunda ortaya çıktığı göz önünde bulundurulduğunda, kontrolsüz üretim artışının iklim değişikliğini kötü etkileyeceği bir gerçektir. Nüfus artışının bir başka sonucu da dünyada kentleşmenin de hızlı bir şekilde artması ve buna bağlı olarak hem tarımsal arazilerin hem de tarımsal işgücünün azalmasıdır. Tüm bunlara, tarım sektöründe hem teknolojinin hem de girdi maliyetlerinin yüksek olması ve aynı zamanda enerji ihtiyacının her geçen gün artması eklenince 2050 yılına kadar tarımsal üretimi %70 arttırmak için bir yol haritasına ihtiyaç duyulduğu açıktır.

Bununla birlikte günümüzde tarım sektörü gelişen teknolojinin etkisiyle büyük bir dönüşüm içindedir ve artık tarım sektörünün geleceği teknolojik uygulamalar ile şekillenmektedir. Günümüzde kullanılan uygulamaların daha net ortaya konulabilmesi için tarımın teknolojik dönüşüm sürecini incelemek oldukça önemlidir. Aslında tarımın teknolojik anlamda dönüşümü 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. Tarım 1.0 olarak adlandırılan ilk dönüşümün yaşandığı dönemin en temel özelliği düşük verimliliğe sahip emek yoğun üretim şekline sahip olmasıdır. Bu süreçte toplumun üçte birinin çok sayıda küçük çiftliklerde aktif olarak çalışarak temel tarım ürünleri üretimi sürecine katılmasıyla, toplumun gıda ihtiyacı yeterli düzeyde karşılanmıştır.

1950'lerin sonlarına gelindiğinde, sentetik pestisitler, gübreler ve daha etkili makineler üretim maliyetlerini düşürmüştü ve bu sayede Yeşil Devrim adı verilen Tarım 2.0 dönemi içerisine girilmiştir. Ucuz girdiler ve yeni araçlar sayesinde verimlilik artışı yaşanmıştır.



Şekil 2: Tarımın Gelişim Aşamaları

GPS sinyallerinin herkesin kullanımına açılmasıyla 1990'lı yıllarda başlayan Tarım 3.0 süreci günümüzde daha çok "Hassas Tarım" olarak adlandırılmaktadır. GPS teknolojisi sayesinde manuel yönlendirme, hasat makinelerine uygulanan VRA⁷³ (Variable Rate Application) sistemleri ile özellikle gübreleme sürecinin takip edilmesi bu dönemde uygulanan belli başlı teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır. Hassas tarım yöntemleri ile arazinin her bir parseline özgü ya da sürüdeki her bir hayvana özgü takip ve çözümler sunulmakta ve üretim maliyetleri azaltılarak süreç daha etkin bir şekilde yönetilmektedir.

⁷³ Değişken Oranlı Uygulama (Belli bir alana otomatik olarak uygulanmasına odaklanan bir teknolojidir.)

2010'lu yıllara gelindiğinde ise, Endüstri 4.0 ile sanayide yaşanan devrimin benzeri paralel bir süreçte tarım sektöründe yaşanmaya başlanmıştır. Bu sürece “Tarım 4.0, Akıllı Tarım, Dijital Tarım”, E-Tarım gibi isimler verilmekte ve genel olarak sensörleri, algılayıcıları, mikro işlemcileri, otonom karar sistemlerini, bulut tabanlı bilgi ve iletişim teknolojilerini içeren akıllı teknolojilerin tarım sektöründe uygulanmasına işaret edilmektedir. İnternet tabanlı portallar ve çeşitli algoritmalar sayesinde büyük verilerin depolanması ve analiz edilerek tarladan sofraya tüm sürecin takip edilebilmesi, yönlendirilebilmesi ve gelecek projeksiyonlarının yapılabilmesi sağlanmaktadır. Tarım 4.0 beraberinde tarım ve gıda değer zincirindeki farklı aktörlerin işbirliğini dolayısıyla ekosistemin önemini de ortaya koymaktadır. Tarım sektörünün daha verimli, rekabetçi, çevreci ve sürdürülebilir hale getirilmesi için Tarım 4.0 uygulamaları önemli ve etkili araçlar yaratmaktadır. Tarım 4.0 da kullanılan teknolojiler; tedarikçilerin, üreticilerin, yetiştiricilerin, araçların ve teknoloji sağlayıcıların yani tarım sektöründe çalışan farklı aktörlerin faaliyetlerini kapsamaktadır. Nesnelerin interneti, büyük veri ve akıllı algoritmalar ile tüm bu aktörlerin aktiviteleri bir araya getirilebilmektedir.

Teknolojinin tarım sektörüne uyumlanması ile tarımsal araçlar ve tarımsal alanlar, sensörler ve algılayıcılar ile donatılmakta ve tarımsal araçların birbirleriyle iletişim halinde olmaları sağlanmaktadır. Sensörler sayesinde, nem, bitki örtüsü, sıcaklık, buhar ve hava koşulları ölçülebilmekte, uzaktan algılama ile bitki türleri ayırt edilebilmekte, stres koşulları, kuraklık, toprak ve bitki koşulları izlenmekte, veriler toplanmakta ve analiz edilmektedir. Uydulardan alınan görüntüler işlenerek sensörlerden alınan veriler ile birleştirilmektedir. Bulut bağlantılı insansız hava araçlarıyla tüm tarımsal araziler gözlemlenebilmekte ve elde edilen bilgiler akıllı cihazlarla takip edilebilmektedir.

Kullanıcıların konum bilgilerini doğru bir şekilde kaydetmelerini sağlayan navigasyon sistemi olan GPS teknolojisinin tarım sektöründe kullanılmaya başlanması ile çiftçiler toprak tipi, zararlı oluşumu, yabancı ot istilası, su delikleri, sınırlar ve engeller gibi alan özelliklerinin tam konumunu bulabilmektedirler. Bu konumların doğru tespiti ile de tohumlar, gübreler, zirai ilaçlar ve sulama için gerekli su alan özelliklerine göre ve daha etkin kullanılabilir. Bu teknolojiyle dijital bilgiyi farklı alanlarda kullanarak coğrafi bilgi sisteminin oluşturulması, tarlanın verim, toprak, kalite yönüyle haritalanması ve toprak türüne bağlı olarak tarımsal girdilerin teslim oranlarının da belirlenmesi mümkündür. Ayrıca robotlar ve yapay zekâ, diğer endüstrilerde olduğu gibi, tarım sektöründe de kullanılmakta ve daha çok ürün daha hızlı ve

sağlıklı bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Örneğin, püskürtme ve ot ilaçlamada kullanılan robotlar, tarımsal üretimdeki kimyasalları %90 oranında azaltmaktadır. Robotlar ürünün toplanmasında da kaybı azaltarak, hızı arttırarak maliyetleri de azaltmaktadır.

Akıllı sistemlerin temelini oluşturan bu teknolojilerin yanında, yine bilişim tabanlı çiftlik yönetim sistemleri ile tarımsal üretimin tüm aşamaları, kaynakların çiftliğe ulaşımından ürünün çıkışına kadar (tarladan sofraya) izlenebilmektedir. Ayrıca tüketicilerin aldığı malın, tarladan satın aldığı yere kadar olan süreci takip edebileceği bir izleme ve sensör sistemi de vardır (RFID sensor and tracking).⁷⁴ Bu sistem sayesinde üreticilerin güvenli gıda üretme sorumlulukları artmaktadır.

Sonuç olarak, nesnelerin interneti (IoT) olarak adlandırdığımız makinelerin birbirleriyle iletişim kurduğu sistemle, bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) tarım sektöründeki teknolojik uygulamaların temelini oluşturmakta ve bunlara bağlı olarak büyük veri analizi ve akıllı algoritmalar ile verimlilik ve kalite artışı sağlanabilmektedir. Bunun yanı sıra, gerçek zamanlı üretim performansı değerlendirilmesi yapılabilmekte, güvenilir ve sağlıklı gıdaya erişim kolaylaşmakta, ürün ve üretim süreçlerinin detaylı analizi gerçekleştirilebilmekte, etkin ve sürdürülebilir kaynak kullanımı sağlanabilmekte, maliyetler düşürülebilmekte ve çevre dostu tarımsal üretim yapılabilmektedir. Dolayısıyla, bu güçlü aracın doğru kullanılması pek çok fırsat ve rekabet avantajı yaratabilecektir.⁷⁵

Tarım endüstrisi, Endüstri 4.0 kapsamında değişen dünya şartlarına ayak uydurmakta ve “Akıllı Tarım” terimi ile adeta yeniden doğmaktadır. Dijital teknoloji, biyoteknoloji ve fiziksel teknoloji, tarım sektörünün kalite ve verimlilik artışında çok etkin olmaya başlamıştır. Forbes tarafından sunulan rapora göre, dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9.6 milyardan fazla olacak olması sonucu gıda tüketiminde %70' lik bir artışın olacağı öngörülmektedir. Özellikle iklim değişikliklerinin büyümeyi olumsuz etkilediği günümüzde, tarım sektörünün modern tekniklere sahip olması kaçınılmazdır. Tarım 4.0 ya da dijital tarım olarak adlandırılan akım, hassas çiftlik üretim sistemine dayalı Tarım Mühendisliği evrimidir ve temel amacı tarımda sürdürülebilir üretimin otomasyonunun sağlanmasıdır. Dijital tarımda gelinen nokta, bir anda gelişen bir süreç

⁷⁴ Radyo Frekanslı Tanımlama (Canlıları ya da nesneleri radyo dalgaları ile tanımlamak için kullanılan teknolojilere verilen genel isimdir.)

⁷⁵ Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ocak,2019, Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0

<https://docplayer.biz.tr/137326483-Turk-tariminin-global-entegrasyonu-ve-tarim-4-0.html>

sonucu değildir. Tıpkı sanayi devriminin aşamalarında olduğu gibi “Tarım 4.0” da yıllar itibariyle süregelen bir gelişim evresi yaşamıştır.

3.3 Akıllı Tarım Uygulamaları

Birbirleriyle konuşan ve senkronize çalışan tarım makineleri 1990’lı yıllardan bu yana tarımda kullanılmaktadır.⁷⁶ Traktörler, biçerdöverler ve diğer tarımsal mekanizasyon araçlarının bir kısmı, artık birer “akıllı makine” halini almıştır. Daha büyük, daha ağır, daha karmaşık ama daha akıllı tarım makinaları, çiftçinin üzerinden iş yükünü aldığı gibi, çevreyi korumakta ve verimi arttırmaktadır. Bu makineler sayesinde neredeyse “nokta atışı” yapılabilmektedir. Uydudan verileri alan tarımsal mekanizasyon araçları santimetre doğruluğunda tarlayı işlemektedir. Sensörlerin gözlemlemesiyle, zirai ilaçlar, sadece gerekli yerlere, gereken miktarlarda kullanılmaktadır. Üreticiler, bir tablet ya da akıllı telefonda tüm çiftliği yönetebilmektedir. Robot teknolojisi artık çiftliklere girmeye başlamıştır. Çiftliklerdeki büyükbaş hayvanlar, robotlar tarafından sağılırken hayvanların takibi, yediği yem, verdiği sütteki yağ ve protein oranı, hastalık ihtimalleri de dijital olarak yönetilebilmektedir.

Çalışmamızın bu bölümünde Akıllı Tarım uygulamalarının kullanıldığı sektör sahalarına bir göz atacağız.

3.4 Sürücüsüz Traktörler ve Otonom Tarım Araçları

İnsan desteği olmadan çevresini algılayan, navigasyon ve yönlendirme yeteneğine sahip bu araçlara “Otonom Araçlar” adı verilmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte birçok traktör ve tarımsal araç üreticileri de akıllı tarım uygulamalarına uyum sağlayabilecek sürücüye ihtiyaç duymadan kurallı bir şekilde sürüşünü sağlayabilen radar⁷⁷, lidar⁷⁸, GPS⁷⁹, odometri⁸⁰, sensör, bilgisayar görüşü gibi teknolojiler ve teknikleri kullanarak, algılama sistemine sahip olan başta traktör ve biçerdöver olmak üzere otonom araçların üretimine başlamışlardır.⁸¹

⁷⁶ Mekanizasyonda Teknolojinin Önemi (<https://www.moment-expo.com/tr/dergiler/146/kapak/turkiyenin-makineceleri-tarimsal-mekanizasyonu-onemiyor-guclu-tarim-icin-mekanizasyon-sart-x242>)

⁷⁷ Gönderdiği radyo dalgalarının bir engele çarpıp geri dönmesi yoluyla o engelini uzaklığını ve konumunu belirleyen aygıt.

⁷⁸ Lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan teknoloji.

⁷⁹ Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)

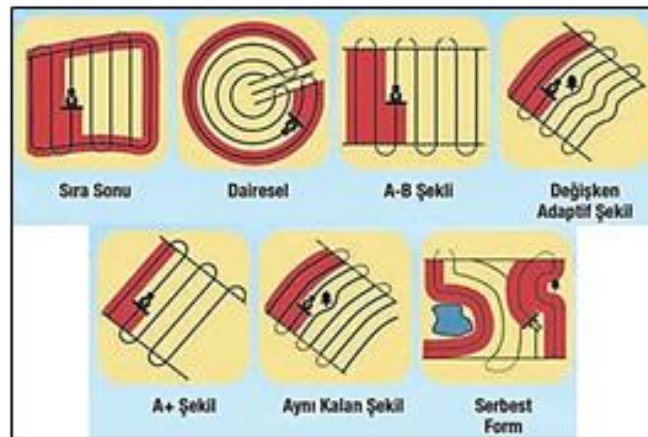
⁸⁰ Kilometre sayacı, zaman içindeki konum değişikliğini tahmin etmek için hareket sensörlerinden gelen verilerin kullanılmasıdır.

⁸¹ ÖZGÜVEN, Mehmet Metin, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Kavramları ve Farkları, International Erciyes Agriculture, Animal&FoodSciences Conference Nisan, 2019

https://www.researchgate.net/publication/338139444_Teknoloji_Kavramlari_ve_Farklari

Akıllı tarım kapsamında bilgisayar tarafından yönlendirilen araçlar, sürücüsüz çalışabilmektedir. Otomatik dümenleme sistemleri ile hava şartlarından etkilenmeden (gece bile), hiç aralık bırakmadan ya da üst üste bindirmeden daha hızlı ama hassas işleme yapabilen, daha az toprak sıkışması, neredeyse sıfıra inmiş operatör yorgunluğu, sıfır hata riski ve sonraki işlerde (hasat vs.) kolaylık ve yakıt, ilaç, tohum, gübre ve işçilikten tasarruf mümkün olmaktadır. Bu sistemler genel olarak tarımsal faaliyetlerde operatör hatalarının önüne geçmeyi sağlayan sistemlerdir. Otomatik dümenleme sistemleri uydudan aldığı farklı sinyal tipleri ve hassasiyet değerleri ile çalışmalar sırasında dümenleme (sürme fonksiyonu) işlemini kendisi yapmakta ve çalışmaların verimini arttırmaktadır. Özellikle mısır, pamuk ve ayçiçeği gibi belirli bir sıra arasına ihtiyaç duyan bitkilerde bu sistemlerin kullanılması tohum, ilaç ve gübre gibi girdilerin doğru kullanılmasına yardımcı olup, maliyetleri düşürmektedir. Yapılan bazı akademik çalışmalara göre otomatik dümenleme ile toplam maliyette % 10, yakıtta % 9 ve zamanda % 17 tasarrufa ulaşmak mümkündür. Ortak bir protokol üzerinden veri alışverişinde bulunan traktör ve bağlı ekipmanlar sayesinde sisteme girilmesinin ardından, sıfır hata ile (doğa şartlarından bağımsız olarak) maksimum verime ulaşmak akıllı tarım sistemleri ile artık mümkündür.

Otomatik dümenleme sistemi ile Şekil 1’de görüldüğü gibi farklı arazi yapılarına bağlı olarak aracın nereye yönlendirilmesi gerektiğini belirleyen yol planlamasının sisteme yüklenerek düz, dairesel ya da değişik hareket desenlerinde sürücüye gerek kalmadan otomatik olarak dümenleme imkânı sağlamaktadır. Sürücü sadece tarla sonu dönüşlerini manuel olarak yapmaktadır. Traktör, biçerdöver ve kendi yürür ilaçlama makinalarıyla yapılan her türlü tarımsal uygulamada kullanılabilir.



Şekil 3: Otonom Traktörlerle Tarla Sürümü

Tarım robotları, genel olarak açık alan ve kapalı alan robotları olarak ikiye ayrılmaktadır. Açık alan robotları; GPS destekli dümenleme sistemi, ilaçlama robotları, mera robotu, silaj robotu, ekim/dikim robotları, budama robotlarıdır. Kapalı alan robotları ise süt sağım robotları, hasat robotları ve ahır robotlarıdır. Yetiştiricilik işlemleri, tohum ekimi, gübreleme, ilaçlama ve hasat gibi gelecekte otonom tarım robotlarının filoları tarafından gerçekleştirilebilir. Akıllı tarım uygulamalarında kullanılan robotik sistemler bazı temel yeteneklere ve birden çok uygulamayı destekleme olanağına sahip olmalıdır. Bu yetenekler arasında güvenli ve otonom navigasyon için iyi bir navigasyon sistemi ön planda olmalıdır. Tarımda otonom araçların farklı uygulamaları geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında, ilk potansiyel pratik uygulamaların üç ana grupta birleştiklerini görüyoruz bunlar; bitki yetiştirme, bitki bakımı ve seçici hasattır. Otomasyon sistemin en önemli bölümüdür. Kontrol edilmek istenen koşullar için gerekli bilgiler sensörler aracılığıyla (ısı, nem, basınç, CO2 vb.) toplanmaktadır. Bilgisayarda işlenen veriler daha önce kendisine tanıtılan değerler ile karşılaştırılmakta ve yapılacak kontrol kararı kontrolöre aktarılmaktadır. Kontrolör ise bu kararları uygun bir biçimde yerine getirir. Kontrolör elektronik bir mikroişlemci, mikro denetleyici, bilgisayar veya programlanabilir lojik kontrolör (PLC)⁸² de olabilmektedir. Örneğin sera otomasyonunda, çevre faktörleri (sıcaklık, ışık, nem, karbondioksit vb.) algılanması istenen şekilde ısıtma, serinletme, havalandırma, aydınlatma, gölgeleme, sulama ve gübreleme işlemleri yapılabilmektedir.

Biçerdöver Verim/Rekolte İzleme Sisteminde biçerdöverlerin hasat esnasında ürünlerin % 40'ını biçemediği ya da dışarı döktüğü tespit edilmiştir. Bu durum ülkemize yıllık 2 Milyar ABD doları tutarında ekonomik zarar vermektedir. Biçerdöver sistemleri için 9 farklı sensör ve yerli geliştirilen yönetim kartı ile biçerdöverlerin hasat anındaki tarlanın verimi, ürün alanı, eğim, ürün, nem, sıcaklık, ön kesici tabla boyu, koordinat bilgisi anlık olarak merkez tarafından toplanmaktadır. Böylece 300 adet biçerdöver de başarılı olmuştur.

Biçerdöver Verim İzleme ve Ürün Rekoltesi Arttırma Sistemi (Anlık), biçerdöverlerden gelen verilerin yorumlanması ile parsel bazında, verim, hız, nem, sıcaklık, yükseklik, eğim ve haritalarının incelenmesi, tüm parametrelerin ilçe, il ve Türkiye bazında oranlanıp kıyaslanması hasat anının simüle edilmesi ve sunumu yapılarak gelecek yıllara referans veriler üreten bir sistemdir.

⁸² Fabrikalardaki imalat hatları veya makinelerin kontrolü gibi işlemlerin denetiminde kullanılan özel bir bilgisayar.

3.5 Drone ve İHA Kullanımı

Kullanım alanı genişleyen drone teknolojisi ile havadan görüntüleme, topraktaki nem oranının tespiti ve buna bağlı olarak sulama zamanı, ürün izleme, verim değerlendirme, hastalıkların teşhisi gibi işlemlerin tespitinin yanı sıra ilaçlama gibi tarımsal faaliyetler de hız kazanmıştır. Drone'lar sayesinde erken toprak analizi için haritalar oluşturulmakta, böylece ekim, sulama ve azot takviyesi için planlamalar da yapılabilmektedir.⁸³ Ürünleri haritalamak veya incelemek için drone kullanma süreci oldukça basittir. Birçok yeni tarımsal uçak modeli, kullanıcının kapsayacağı alanın etrafında çizilmesini sağlayan uçuş planlama yazılımı ile donatılmıştır. Ardından, yazılım otomatikleştirilmiş bir uçuş hattı yapar ve bazı durumlarda kamera çekimlerini hazırlar. Drone uçarken, otomatik olarak yerleşik kameralar ve dâhili kamera kullanarak fotoğraf çeker ve her çekimi ne zaman alacağını belirlemek için GPS kullanır. Fakat drone bu otomatik özelliklere sahip değilse, bir kişi drone'nu uçurmak zorundadır, bir diğeri ise çekilen fotoğrafların takibini yapmalıdır.

2015 yılında Federal Havacılık İdaresi⁸⁴ tarafından Yamaha RMAX deniz suyunu boşaltmak amacıyla gübre ve zehir ilaçlarını depolayan ilk araç olarak onaylandı. Bu gibi drone'lar, traktör ve pülvarizatörlere⁸⁵ göre çok daha hassas püskürtme yeteneğine sahiptirler. Bu teknoloji işçilik ve ilaç maliyetlerini, kullanılacak ilacın miktarını düşürmeyi amaçlar.

Küresel Pazar analizleri, tarımsal drone pazarında 2024 yılına kadar 1 milyar dolarlık satış olacağını öngörüyor ve 2024 yılına kadar olan zaman diliminde, çiftçilerin drone kullanımında drone yazılım ve mekanizasyonundaki teknolojik gelişimi arttıracığı yönünde tahmin yürütüyor.⁸⁶

3.6 Akıllı Sulama Sistemleri

Akıllı sulama, bitki kök bölgesini optimum nem seviyelerinde tutan ölçülü dozlarda, her bitkinin köklerine doğrudan ve gerektiği ölçüde su ve besin sağlanması prensibine dayalı olarak, bitkinin ihtiyacı olandan daha az ya da daha fazla değil gerekli düzeyde sağlayan uygulamalardır. Ek olarak zaten kıt kaynak olarak kabul edilen suyun aşırı kullanımının da önüne geçer. Toprağı değil bitkiyi besleyen akıllı otomatik sulama çözümleri, damla sulama ile

⁸³ Akıllı Tarım Uygulamaları

<http://www.akillitarim.org/tr/uyelerimiz/ak%C4%B1l%C4%B1-tar%C4%B1m-uygulamalar%C4%B1.html>

⁸⁴ Federal Aviation Administration; Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığına bağlı bir devlet kuruluşu

⁸⁵ Mekanik bitki ilaçlama makinası

⁸⁶ Handan Çakan, Tarımda İlaçlama Artık Drone İle Yapılacak, Nisan 2018

(<http://apelasyon.com/Yazi/799-tarimda-ilaclama-artik-drone-ile-yapilacak>)

otomasyon sistemlerini bir araya getirerek üründen alınan verimi ve sağlanan tasarrufu daha da artırmayı amaçlar.

Suyu doğrudan bitkinin köküne ulaştırarak damla sulama sistemlerinin otomasyon sistemleriyle buluşması, ölçülü dozlarda sulama imkanı tanıyarak kök bölgesinin optimum nem seviyelerinde kalmasını sağlamakta, toprak altı ve toprak üstü akıllı otomatik sulama sistemleriyle buharlaşma, yüzey akışı ve toprağın derinliğine sızma yoluyla kayıp olan su neredeyse ortadan kaldırılmaktadır.

Otomasyon üniteleriyle yapılan sulama işlemi, üreticinin tercihine bağlı olarak planlanan zamanda veya bitkinin su ihtiyacına bağlı olan toplam su miktarı baz alınarak hesaplanır. Açık arazi tarımında, topraklı-topraksız seralarda da kullanılabilen akıllı sulama otomasyon sistemleri sudan tasarruf sağlarken, bitki besleme ürünlerini ve yabancı ot ilaçlarını da eş zamanlı uygulama imkânı tanır. Bitkinin gelişim evresine göre ihtiyaç duyduğu su ve besin maddeleri gereken zamanda uygulanarak verimde artış yaşanırken, çiftliklerde kurulan meteoroloji istasyonları sayesinde güneş ve rüzgâra göre evapotranspirasyon⁸⁷ oranı tespit edilmekte ve sulama zamanları ayarlanabilmektedir. Akıllı sulama sistemlerinde akış hızları ılımlı olduğu için, yüzey akışını ve derin sızmayı önler. Drenaj⁸⁸ problemi yaşanmaz. Akıllı sulama sistemlerini tasarlamak suyun toprağa ve bitki tüketimine karşı kabiliyetine göre yapılır, suyun aktif kök bölgesinde kalmasını ve ürün tarafından kullanıldığını garanti eder. Sonuç olarak, her zamankinden daha yüksek ve iyi verim elde edilir. Tarımda dijital dönüşümle, artık toprak türü, yetiştirilen bitki çeşidi gibi girdiler göz önüne alınarak, Wi-Fi, Bluetooth, GSM, uzun menzilli telsiz aracılığı ile hassas sensörler tarladan topladıkları hassas ve gerçek verileri bir bulut sistemine aktarır. Ürün odaklı karar destek sistemi yani yapay zekâ ile işleyerek en az ve en doğru girdi ile en yüksek verimin elde edilmesine yönelik çiftçilerin sulama programı yönetme şeklini yönlendirir.⁸⁹

3.7 Akıllı Gübreleme

Güncel hava durumu ve toprak analizi parametreleri ile tarlanın önceki dönemlere ait verim haritası dikkate alınarak hazırlanan gübreleme ve ilaçlama hatta sulama reçeteleri ile tarlada heterojen bir uygulama yaparak (yani ihtiyacı olan bölgeye ihtiyacı kadar gübre veya ilaç

⁸⁷ Bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte barındırdığı su toplamıdır.

⁸⁸ Herhangi bir yerdeki suyun doğal veya yapay yollarla uzaklaştırılmasına yönelik yapılan çalışmalardır.

⁸⁹ Akıllı Otomatik Sulama Çözümleri,

(<https://www.netafim.com.tr/akademi/akilli-otomatik-sulama/>)

vererek) daha az girdi kullanmak, böylece daha verimli üretim yapmak ve dolayısıyla çevreye verilen zararı da minimuma indirmek mümkündür. Bir örnekle açıklamak gerekirse, gübre açısından besin elementi kullanım etkinliği (bitki tarafından kullanılan gübre/atılan gübre şeklinde hesaplandığı vakit) % 20-40 seviyesindedir. Yani, atılan her bir ton gübrenin ancak 200-400 kilosu bitki tarafından kullanabilmekte, geri kalan kısmı boşa gitmektedir. Bu durum hem toprağın yapısını bozmakta hem de girdi maliyetinin yüksek tutulmasına sebep olmaktadır. Bu oran akıllı tarımla % 46-65 seviyesine yükseltilebilmektedir. Fransa'da hububat ölçümlerinde basit bir sensörle yapılan analizlerin dikkate alınmasıyla üründe protein artışı, verimde artış ve daha az gübre kullanımı ile hektarda ortalama 70 avro kazanç sağlanmıştır. Benzer kazançlar tohum, ilaç, su, vb. girdiler içinde geçerlidir. Örneğin mısırda herbisit ilaçlamada hektarda 42 avro kazanç sağlandığı da ayrıca tespit edilmiştir.⁹⁰

Bitkiler toprağa bağlı canlılardır. Hayatlarını sürdürebilmeleri, buldukları toprakta yeteri kadar besini temin etmelerine bağlıdır. Bitkiler gelişmeleri için ihtiyaç duydukları bitki besin maddelerini topraktan kökleri aracılığıyla alırlar. Akıllı gübreleme, ürün geliştirme döngülerine göre, her bitkinin köklerine doğrudan doğruya su ve besin bileşimi sağlayan en uygun kök bölgesi yönetim aracı olarak karşımıza çıkar. Yağmur desenleriyle küçük ve iyi zamanlanmış dozları koruyan akıllı gübreleme üreticiyi yeraltı suyu kirliliğinden de korumuş olur. İşlemlerin otomatik gerçekleşmesi üreticinin sulama ve gübreleme için harcadığı zamanı azaltır. Bitkilere eşit miktarda su ve gübre dağılımı sağladığı gibi, gelişmiş alarm kontrolü sayesinde de ani gelişen durumlarda gerekli müdahaleyi yaparak bitkinin zarar görmesini engeller.

Akıllı gübreleme ile piyasadaki dalgalanmalar ve iklim değişiklikleri gibi olumsuzluklara yanıt olarak, istenen dozajı değiştirmeye izin vererek gübre yatırımını korumak mümkündür. Akıllı gübreleme uygulamasıyla, mobil cihazlar tarafından erişilebilen, üçüncü taraf veri entegrasyonuna, uzaktan erişime, desteğe ve güncellemelere izin veren, bulut tabanlı yazılımlar aracılığı ile ekim yapılan arazi bilgilerinin sisteme işlenmesi ve yapay zekâ aracılığıyla uygun dozda uygun zamanda ve miktarda gübrelemenin hesaplanıp toprağa uygulanmasının sağlanmasıdır. Tüm dijital tarım uygulamalarında olduğu gibi burada da amaç girdinin en az ama verimin en yüksek olmasıdır.⁹¹

⁹⁰ İleri, S. Akıllı Tarım Uygulamaları

<http://akillitarim.org/tr/uyelerimiz/ak%C4%B1l%C4%B1-tar%C4%B1m-uygulamalar%C4%B1.html>

⁹¹ Akıllı Gübreleme İmkânı

[\(https://www.netafim.com.tr/akademi/akilli-otomatik-sulama/\)](https://www.netafim.com.tr/akademi/akilli-otomatik-sulama/)

3.8 Çiftlik Yönetim Sistemi

Akıllı tarım uygulama sahaları sadece çiftliklerle de sınırlı değildir. Lojistikten servis hizmetine kadar kapsam oldukça genişlemiştir. Örneğin bir traktörün yakıt filtresi tıkanıldığında (veya bu süreç kritik bir seviyeye geldiğinde) traktör tarafından üretilen bir kısa mesaj yetkili servise gitmekte, tedarik edilen yedek parça ile servis kısa bir süre içinde tarlada çalışan traktörün yanına gidip arızalı parçayı değiştirebilmektedir.⁹² Böylece günler sürebilecek bir kayıp zaman (servis süresi) ihtimali ortadan kalkmış olmaktadır. Sadece hata kodları değil, operasyona dair tüm parametreler (gezinti haritası, ortalama yakıt tüketimi, boşta geçen zaman, yolda geçen zaman, sahada geçen zaman vb. gibi birçok teknik veri) sürücü tarafından, çiftlik yöneticileri tarafından, servis tarafından mobil cihazlardan izlenebilmektedir. İşin lojistik ayağında ise örneğin hasatta ürünün römorka yüklenmesi, karayolunda nakliyesi ve depoya tesliminde bu zincirin kopmaması, sürecin aralıksız devamı yine akıllı tarımın bir parçasıdır. Nakliye araçlarının nerede olduğu ve yük durumu sürekli olarak gözlenmektedir. Böylece, mesela biçerdöverin boş römork beklemesi önlenmektedir. Bu da iş verimini ve kazancı olumlu etkilemektedir.⁹³

Akıllı tarımın en ideal hali aslında her bir işletmenin komple çiftlik yönetim sistemine sahip olmasıdır. Yani toprak analizi, bir önceki sezonun verim haritası ve toprak analizine göre önerilen ilaç/gübre hesaplamaları (ilaç/gübre reçetesi), otomatik dümenleme ile ekim, gübreleme ve ilaçlama uygulamaları, sensörlerle ölçüm ve değerlendirme, çiftçi bilgilendirme sistemleri, iklim değişiklikleri (zira don, aşırı yağış, dolu, zararlı uyarısı, gübreleme takvimi, ilaçlama-sulama önerisi vs.), hasat (dane kaybının ölçümü) ve güncel verim haritasının çıkarılması, verim haritalarının karşılaştırılması (başarı ölçümü), takip sistemli lojistik, depolama ve satış sonrası hizmetlerinin bir bütün olarak uygulanması akıllı tarımda en ideal çözümlerdir.⁹⁴

3.9 Akıllı Seralar

Dış hava koşullarındaki değişime en az girdi sağlanmasını gözeterek şekilde uyum sağlayabilen, bitkinin kök bölgesine su tasarrufu yapacak şekilde karar verebilen, bitki gelişimini, sera iklimini, bitki besinini toplam otomasyon yönetim sistemi içerisinde stratejik

⁹² Tarım ve Makine Sanayii Etkileşim Raporu, Mayıs 2020

<http://www.makfed.org.tr/images/s/TarimveMakineSektoruEtkilesimRaporu-2020.pdf>

⁹³ Türkiye Tarım Makinaları Sektörü Raporu, 2019

⁹⁴ Akıllı Tarım Uygulamaları

<http://www.akillitarim.org/tr/uyelerimiz/ak%C4%B1ll%C4%B1-tar%C4%B1m-uygulamalar%C4%B1.html>

olarak yönetebilen sera türlerine “Akıllı Sera Sistemleri” diyoruz. Akıllı seraların avantajlarını sera koşullarında bitkilerin kendilerini "doğal ortamında" hissetmesinin sağlanması, anlık takipli iklim kontrolünü sağlamak ve düşen/yükselen sera içi sıcaklıkları dengelemek için doğru ve otomatik havalandırma yapılması, radyasyon ve CO₂ oranlarının bitki büyümesine zarar vermeyecek düzeylerde ayarlanması, pH dengesi, akıllı sulama, gübreleme ve drenaj sistemi yönetimi olarak özetleyebiliriz.⁹⁵ Seralarda akıllı otomasyon sistemi, sera içi durumu izleyip raporlayarak ürün performansını ve işletim maliyetlerinin optimize edilmesini sağlamaya yönelik olarak işlemektedir. Sistem, belirli aralıklarla performans verilerini ve GPS konumunu alır ve daha sonra bu verilerin bir GSM ağı veya uygun bir protokol aracılığıyla, dizüstü bilgisayarda veya mobil cihazlarda görüntülenmesini sağlar.

3.10 Hayvancılık Uygulamaları

Akıllı tarımda hayvancılık uygulamalarında ise, Büyükbaş Hayvan Adım ve Lokasyon Takibi, Süt Ölçüm Süt Sağım Sistemleri, Takip Çözümleri, Akıllı Ahır/Mera ve Sürü Yönetim Sistemleri, Kümes Takip Sistemi, Kovan Takip Sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Hayvan takip sistemi oluşturmak için kullanılan hayvan takibi cihazlarından, uygun düşük frekanslı (LF) RFID⁹⁶ barkod ve küpeleri sayesinde, büyükbaş ve küçükbaş hayvanların takibinin en verimli şekilde yapılmasına olanak sağlar. RFID Okuyucu Modülleri, RFID Antenler, RFID Tag (Etiketler) teknolojileri kullanarak hayvanların tanımlanması hızlı güvenli ve otomatik veri toplama için etkin bir yöntem sağlamaktadır. Bir RFID kulak küpesi içine kaydedilmiş bulunan hayvana ilişkin bilgiler, örneğin doğum tarihi, aşılar, kan ilişkisi, üreme özellikleri ve daha fazlası bu hayvanın bilgisayar ortamında takibini ve raporlamasını sağlamaktadır. Tüm hayvanlara ilişkin toplanan veriler veri tabanına aktarıldığından istatistiksel bilgiler elde edilmesi ve raporlaması yapılabilmektedir. Hayvanın derisi altına enjekte edilen mini tüp etiketler ve çeşitli boyda kulağa iliştirilen veya boyuna asılarak etiketleme yapılır. Çiftlik yönetimi bu elektronik etiketler sayesinde tamamen elektronik olarak beslenme, ağırlık ölçümü, hastalık yönetimi, üreme gibi işlemleri takip edebilecek, arşivleyebilecek ve raporlayabilecektir.⁹⁷

⁹⁵Üye, Durmuşoğlu, Sera Otomasyon Sistemi, Karabük Üniversitesi, Mekanik Mühendisliği, Bitirme Tezi <https://docplayer.biz.tr/25991608-T-c-karabuk-universitesi-muhendislik-fakultesi-mekatronik-muhendisligi-sera-otomasyon-sistemi-bitirme-tezi-hazirlayanlar-sait-uye.html>

⁹⁶ Radyo Frekansı ile Tanımlama teknolojisi, radyo frekansı kullanarak nesnelere tekil ve otomatik olarak tanıma yöntemidir. RFID, temel olarak bir etiket ve okuyucudan meydana gelir. RFID etiketleri Elektronik Ürün Kodu gibi nesne bilgilerini almak, saklamak ve göndermek için programlanabilirler.

⁹⁷ Elektronik Künye-Hayvan Takip Sistemi <http://teta.com.tr/elektronik-kunye-hayvan-takip-sistemi-1>

Hayvancılık uygulamalarında elektronik etiketleme sistemi kullanımı suni döllenme veri takibi, ağırlık, hamilelik testi gibi işlemlerin takibi ve yönetilmesi, yün yönetimi gibi birçok faktörün kontrol altında tutulmasını ve yaşanabilecek olumsuz durumlara önceden müdahale yapılmasını sağlar. Bunların yanı sıra, Büyükbaş Hayvan Adım ve Lokasyon Takibi; hayvanların adım, lokasyon, yem, ürün verimi ve kalitesi takibinin yapılmasına imkân sağlamaktadır. Örneğin, hastalanan bir hayvanın adım sayısının azalmakta olduğunun tespiti üzerine verdiği süt miktarının düşüşe geçmesi veya sütün kıvam ve kalitesinde değişikliklerin gözlenmesiyle gerekli müdahaleler kısa sürede yapılabilir. Bununla birlikte hayvanların vücut ısısı, nabız değerleri gibi biyomedikal verilerin izlenmesinin yanı sıra süt ölçüm analizi yaparak sütün içerisindeki iletkenlik değeri dikkate alınarak, tuz oranının değişmesiyle iletkenliğin artışının hayvanın hasta olma ihtimalini ortaya koyması gibi verilerle hastalık takip çözümleri sunulur. Sütün miktarı ve kalitesi, sütle ilgili besin değerlerin yakından izlenmesi üretim artışını oldukça etkilemektedir. Ayrıca, yem hazırlamada da geleneksel yöntemler yerine dengeli bir rasyonda⁹⁸ hazırlanması yine akıllı tarımın bir unsuru olarak karşımıza çıkar.

Akıllı sürü yönetim sistemlerine gelecek olursak, hayvanların doğum saatlerinin önceden bilinmesinden hastalıklara karşı erken müdahale sayesinde hastalıklara dayalı oluşabilecek kayıpların en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Tüm bunlar hayvanların ayaklarına bağlanan pedometreler (adımsayar) ile anlık verilerle toplanırken bu veriler sürü yönetim yazılımının özel algoritmaları tarafından değerlendirilerek, kullanıcılara hayvanların sağlık ve kırgınlık durumları hakkında yüksek doğrulukta bilgilendirmeler iletir.

3.10.1 Kümes/Kanatlı Takip Sistemi

“Kanatlı” deyimi ticari ya da hobi amaçlı olarak yetiştiriciliği yapılabilen tavuk, hindi, kaz, ördek, bildircin, keklik ve deve kuşu gibi çok çeşitli kanatlı türlerini kapsamaktadır. Son yıllarda devlet tarafından verilen hibe ve destekler ile bankaların sağladığı kredilerle birlikte sektöre duyulan ilgi artmıştır. Kümeslerde en önemli olan konuların başında sıcaklık ve nem kontrolü gelmektedir. Kanatlılar ekstrem sıcaklık derecelerindeki sıcaklıklarda, normal vücut fonksiyonlarını idame ettiremezler Bu nedenle akıllı kümes sistemlerinde hayvan sağlığını etkileyebilecek derecede önemli olan sıcaklık ve nem kontrolü takibi çok önemlidir.

⁹⁸ Bir hayvanın 24 saatlik bir periyot için besin maddeleri ve enerji gereksinimini sağlayan toplam yem miktarıdır.

Tavukların hissettiği sıcak değerini en iyi şekilde ölçebilmek için sensörlerden yararlanarak, çiftlik ortam koşullarına dayanıklı, doğru ölçümler ile "hissedilen sıcaklık" (vücuda temassız) ve "hissedilen rüzgâr" (vücuda temassız) değerleri tespiti sağlanmaktadır. Böylece kanatlıların ısı yalıtım, tüneklerin değişimi, mevcut yem ve su depolarının kapasitelerinin artırımı sağlanır.

Kümes iç ve dış sıcaklığının kontrolü ve izlenmesi, kümes havalandırma kontrolü ve izlenmesi, kümes yem ve su depolarının izlenerek boş bilgilerinin durumu, su deposunun sıcaklık kontrolü, kümes kapısı kapandı sesli uyarı sistemi, kullanıcının belirlediği saatler arasında çalışan, havanın aydınlık bilgisi ve dış ortam sıcaklığına göre çalışan otomatik açılır-kapanır kapılar gibi önemli uyarı sistemleri ile kanatlı barınma yerinin akıllı telefon ile uzaktan kontrolü ve izlenmesi yapılır. Böylece kümese gidilmeden kümesin durumu izlenebilir ve kümes ile ilgili kontroller sağlanabilir.⁹⁹

Kümes Takip Sistemi ile kümeslere ait tüm verilerin işlenmesi, analiz edilmesi ve her kümes için ayrı ayrı yem, viyol, personel, elektrik, ilaç-aşı ve diğer giderlerin ayrıca yumurta satış gelirlerinin de anlık olarak takip edilmesi sağlanır. Anlık yumurta maliyeti, kümes doluluk oranı, hayvan ölümleri takip sistemi içerisinde üretimin en efektif olacak şekilde planlanmasını sağlayarak yapılan üretimden en az girdi ile en yüksek verim alınması amaçlanır.

3.10.2 Balık Çiftlikleri

Balık çiftliklerine yerleştirilen algılayıcılar ve M2M cihazları ile izlenmesi ve kontrol edilmesi ile (su sıcaklığı, sudaki oksijen miktarı, tuzluluk vb. değerlerin takibi) balık ölüm oranları düşürülerek doğaya ve çevreye katkı sağlanabilmektedir.¹⁰⁰

⁹⁹ Nuri Furkan Koçak, 2018 Kanatlı Barınma Yerinin Akıllı Telefon ile Uzaktan Kontrolü ve İzlenmesi, Ankara Üniversitesi, Elektronik ve Otomasyon Bölümü

https://www.researchgate.net/publication/342387909_Kanatli_Barinma_Yerinin_Akilli_Telefon_ile_Uzaktan_Kontrolu_ve_Izlenmesi

¹⁰⁰ Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 5G ve Ötesi Beyaz Kitap, 2018

<https://www.btk.gov.tr/uploads/announcements/5g-ve-otesi-beyaz-kitap/beyaz-kitap-son.pdf>

4. TARIMDA COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yeryüzüne ait bilgileri belirli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, güncelleştirme, kontrol etme, analiz etme ve görüntüleme gibi işlemlere olanak sağlayan bir karar destek sistemidir.¹⁰¹

CBS alanında yapılmış uygulamaların ve CBS başlangıcının ilk olarak, 1832 yılında Charles Picquet'in Paris'in 48 ilçesinde kolera salgısını haritalaması, ardından 1854 yılında İngiliz Doktor John Snow'un Londra'da kolera nedeniyle artan ölümleri göstermek için aynı prensipte harita oluşturarak mekânsal olarak salgının kaynağını tespit edip sorunun önüne geçmesi şeklinde yer almaktadır. CBS kavramı ilk kez 1960'lı yılların başında tanıtılıp ilerleyen yıllarda yeni bir disiplin olarak araştırılmış ve geliştirilmiştir.¹⁰²

CBS teknolojisi ile tarım alanlarında ürünlerin rekolte tahminleri, ürün deseni belirleme, arazi yapısı tespiti ile ilgili çalışmaların yanında hayvancılık sektörü için de bu sistemden faydalanılmakta ve ekonomik kaynakların tespiti, hayvan hastalıklarının kontrolü gibi çalışmalar yapılabilmektedir. Tarımsal uygulamalarda parsellasyon durumu ve toprak haritası, arazi yetenek sınıfları, sulu tarıma uygunluk sınıfları, tarımsal kullanıma uygunluk durumları ve potansiyel kullanım grupları harita katmanları halinde CBS ortamına aktarılmakta, parsel bazında ideal arazi kullanımları belirlenebilmektedir. Bu şekilde her bir parsel için uygun olan yönetim sisteminin oluşturulması, potansiyel arazi kullanımına göre üretimi yapılacak ürünlerin ya da münavebe sistemine göre uygun ekim yapılabilmektedir.¹⁰³

Tarımsal üretim yapılan arazinin ve bitkinin büyüme ortamı olan toprağın ana özelliklerinin belirlenmesi ve belirlenen bu özelliklere göre uygulamaların yapılması, gübreleme ve sulama miktarları için oldukça önemlidir. Bu sebeple, arazi toprağının özelliklerini gösteren haritalar oluşturularak coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri tabanının meydana getirilmesi hassas tarım için önemli bir kaynak olmaktadır. Elde edilen bu bilgilerin, tarımsal uygulamalarda kullanılan ekipmanlardaki yazılımlara entegre edilmesiyle, toprağın özelliklerine göre gübreleme ve sulama yapılmaktadır. Böylece aynı arazinin farklı özelliklerindeki bölgelerine ihtiyaç duyulan kadar gübre verilerek hem gübre tasarrufu sağlanmakta hem de çevre kirliliğinin önlenmesi

¹⁰¹ What is GIS?

<https://www.geospatialworld.net/blogs/overview-of-gis-history/>

¹⁰² Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Nedir?

<https://www.basarsoft.com.tr/coGRAFI-bilgi-sistemleri-cbs-nedir/>

¹⁰³ Tarım Arazilerinin Değerlemede Coğrafi Bilgi Sisteminden Yararlanma Olanakları Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2011

sağlanmaktadır. Hassas tarım analizleri kapsamında yeterli bilgi birikimi elde etmek amacıyla çeşitli haritalamalar yapılmaktadır. Bu haritalamalar arasında; ürün desen haritalaması, üst gübre haritalama, taban gübre haritalama, ürün verim haritalama ve rekolte tespiti, anomali tespiti ve son olarak yabancı ot tespiti yer almaktadır.

4.1 Ürün Desen Haritalama

Bu haritalamada, buğday, mısır, pamuk ürünleri için geliştirilmiş ürün tespit sistemi iyileştirilerek, hiperspektral¹⁰⁴ görüntüleme yöntemi kullanılmıştır. Hiperspektral görüntüler, yüksek spektral bilgiye sahip oldukları için tarım sektöründe kullanım alanları oldukça geniştir.

4.2 Üst Gübre Haritalama

Bitkilerin sağlık durumu bilgisi, çekilen hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri üzerinden elde edilerek, üst gübre atılması sürecinde değişken oranlı uygulamaların gerçekleştirilmesi için gerekli reçete haritalarının üretilmesi amaçlanmaktadır. Üst gübreleme haritası, insansız hava aracı (İHA) ve uydu görüntüleri ile yapılan analizler ile klorofilmetre¹⁰⁵ ölçümleri ilişkilendirilerek uydu görüntülerinden oluşturulmaktadır.

4.3 Taban Gübre Haritalama

Bu yöntemde, ideal bitki gelişimi için gereken değişken oranlı taban gübrelemesinin uygulanabilmesi amacıyla, toprak örnekleri alındıktan sonra oluşturulan Toprak Etüt ve Verimlilik Haritaları incelenir.

4.4 Ürün Verim Haritalama ve Rekolte Tespiti

Sosyal, politik, ekonomik ve çevresel vb. birçok yönden büyük bir önem taşıyan tarımsal ürünlerin rekoltelelerinin yüksek hassasiyetle ve vakitlice kestirimi, tarımda ve ticarete karar verme mekanizmalarının oluşturulmasında büyük bir avantaj sağlayacaktır. Bu haritalama yönteminde, çekilen hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, meteorolojik ölçümler, toprak etüt haritası vb. bilgilerle en uygun şekilde birleştirilerek, pilot alandan biçerdöver ile toplanacak verimlilik bilgisi ilişkilendirilmiştir. Uzaktan algılama teknikleri ile toplam ürün kestirimi için kullanılan teknikler genel olarak üç gruba ayrılabilir. Bunlar; regresyon modelleri yöntemi,

¹⁰⁴ (Hyperspectral Imaging), diğer spektral görüntülemeler gibi bilgiyi toplar ve elektromanyetik tayfa işleminden geçirir. Ama insan gözünün 3 bantta (kırmızı, yeşil ve mavi) algılayabildiği görünür ışıktan başka, spektral (tayfsal) görüntüleme, tayfi birçok banda ayırır.

¹⁰⁵ Bitkilerin yapraklarındaki klorofil miktarını ölçen cihazlardır.

makine öğrenme/bilgisayarla görü temelli yöntem ve derin öğrenme yöntemleri ile toplam ürün kestirimidir. Rekolte kestirimi için kullanılan en basit yöntemlerden biri olan regresyon modelleri yöntemi, gerçekleşen yıllık ürün verileri ile hasattan önce toplanılmış uzaktan algılama verileri arasında bir ilişki kurmaktadır. Diğer bir yöntem olan makine öğrenme/bilgisayarla görü temelli yöntemi ise, sınıflandırıcının örnek veri ile beslenerek eğitilmesi ve yeni verilerin bu eğitilmiş modelle sınıflandırılmasıyla oluşturulur. Son olarak, derin öğrenme yöntemleri ile toplam ürün kestirim çalışmaları da gerçekleştirilmektedir.

4.5 Anomali Tespiti

Verilerin çoğunluğundan büyük bir farklılık gösteren az sayıdaki verilerin tanımlanmasına anomali tespiti denir. Anomalilerin tespiti ile arazi bitki örtüsü değişikliklerinin mekânsal-zamansal süreçleri de incelenebilir. Kuraklık, taban suyu yükselmesi veya hastalık gibi beklenmedik değişiklikleri yansıtan uydu görüntülerindeki anomali, arazi örtüsündeki değişim süreçlerini incelemek için büyük önem taşır. Ayrıca arazi örtüsü değişim tespitinde kullanmak için birçok zaman serisi analiz metodu geliştirilse de bu metotlar çoğunlukla belirli yıllar arasındaki ani değişiklikleri tespit etmek için kullanılır.

4.6 Yabancı Ot Tespiti

Bu yöntemde, doğal olarak bitkilerle birlikte ortaya çıkan, hem verimlilik açısından hem de ekonomik olarak zarara uğratan yabancı otlar, bitki gelişim süresince alınan insansız hava aracı (İHA) görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleriyle takip edilir. Bu görüntüler ışığında, yabancı ot ve bitki ayırımı yapılarak, yabancı otları mücadele haritaları oluşturulur. Son zamanlarda nesne tabanlı sınıflandırma, farklı indislerin kullanımı gibi yöntemlerle birlikte yapay zekâ kullanımının yabancı ot tespitinde yaygınlaşarak, çözümler otomatize edilmeye başlanmıştır.

Coğrafi bilgi sistemleri ve teknolojilerinin arazi şartlarına yapılan uygulama çalışmaları ile perçinlenmesi, modern tarım uygulamalarına zemin hazırlamıştır. Yapılan bu çalışmalardaki en önemli faktör, elde edilen bilgi ve birikimin yaygınlaştırılabilmesi ve çiftçi tarafından kullanılabilmesidir. Bu durum, makine ve çiftçilerin bilgisayarları arasında ayrıca diğer çiftlikler arasında da daha fazla bağlantı kurulmasını gerektirdiğinden, güvenilir internet bağlantıları, yeni yazılım eğitimi ve veri gizliliğine dikkat etmek oldukça önemli konular haline gelmiştir. Tarımda coğrafi bilgi sistemleri ve teknolojilerinin (CBS) kullanılması, coğrafi

kayıtlar tutmayı, coğrafi olarak yönetmeyi, verimdeki artışı, tarımsal girdileri ve maliyetin azalmasını sağlayacaktır.

5. AKILLI TARIM UYGULAMALARI

5.1 Dünya’da Akıllı Tarım Uygulamaları

Birleşmiş Milletlerin yayınladığı rapora göre şu an dünya üzerinde 7,6 milyar insan yaşamakta olup, 2030 yılında dünya nüfusunun 8,6 milyar olacağı ve 2100 yılında ise 11,2 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. TÜİK tahminlerine göre ise Türkiye nüfusunun 2040 yılında 100 milyonu geçeceği tahmin edilmektedir. 2050 yılında tahmin edilen nüfusun beslenmesi için gıda üretimini %70 oranında artırmamız gerekeceği öngörülmektedir. Bu nedenle geçmişte kullanılan geleneksel tarım yöntemleri ile bu artırımları yapmak pek mümkün görülmemektedir.¹⁰⁶

2050 yılında dünya nüfusunun yeterli beslenebilmesi için şimdiden çözülmesi gereken üç sorunla karşı karşıya bulunmaktayız. Bunlardan ilki tatlı su kaynaklarının etkin şekilde kullanılması, ikincisi tarıma elverişli arazilerin verimliliği ve üçüncüsü ise küresel ısınmadır.¹⁰⁷

Tarım bizim için önemli olduğu kadar tüm Dünya’da da göz ardı edilemez bir öneme sahiptir. Bu çerçevede, ülkeler 1945 yılında Roma’da Dünyadaki gıda ve tarımla ilgili çalışmaları organize edip geliştirerek gıda güvenliğini sağlamayı amaçlayan Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’yu kurmuşlardır. FAO çalışmaları Konferans, Konsey ve Komiteler aracılığıyla yürütülmektedir. FAO’nun en yüksek karar organı tüm üye ülkelerin katılımıyla iki yılda bir toplanan “FAO Konferansı”dır. Türkiye FAO’nun 6 Nisan 1948’den beri üyesi olup, son yıllarda ilişkilerimiz güçlü bir şekilde gelişmektedir. Ülkemiz, FAO’ya finansman ve işbirliği bakımından katkıda bulunmaktadır. FAO’nun genel yönetim işleri ise, 49 üye ülkeden oluşan FAO Konseyi tarafından yerine getirilmekte olup, Konsey üyeleri Konferans tarafından üçer yıllık dönemler için seçilmektedir. Türkiye 2013 yılında üç yıllık bir süre için Konsey üyeliğine seçilmiştir.

¹⁰⁶ De Clercq, Vats, Biel (2018) Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology
<https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2018/feb/agriculture-4-0--the-future-of-farming-technology.html>

¹⁰⁷Tarımda IoT ve Büyük Veri: Geleceğin Sorunlarına Bugünden Çözümler, Tanzer Bilgen, Doktor Tarım
<https://www.linkedin.com/pulse/tar%C4%B1mda-iot-ve-b%C3%BCy%C3%BCk-veri-gelece%C4%9Ffin-sorunlar%C4%B1na-bug%C3%BCnden-bilgen>

Ankara’da 2007 yılında açılan FAO Orta Asya Alt Bölge Ofisi ülkemizin kuruluşun çalışmalarına katkısı ve görünürlüğü açısından önem taşımaktadır. Söz konusu ofis FAO’nun Budapeşte’de bulunan Avrupa ve Orta Asya Bölge Ofisine bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Son yirmi yılda teknolojiadaki ciddi değişimler tarım sektörünü de etkilemiş ve sektörün stratejik bir öneme sahip olduğu tüm ülkeler açısından yeniden gündeme gelmiştir. Bitki, su, toprak ve hava bilişimle buluşturulmakta, tarımsal üretim yöntemlerine bilgi ve iletişim teknolojileri ve yapay zekanın katkısı ile beşeri hataları ve doğa koşullarını minimize ederek optimum verim alınmasını amaçlayacak politikalar geliştirilmektedir.¹⁰⁸

Oluşturulan bu dijital tarım politikaları, ülkeden ülkeye farklılık göstermekle birlikte, tarım alanında büyük yenilikler getireceği de öngörülmektedir. Birçok ülke dijital tarım alanında çalışmalara başlamış ve ulusal e-tarım stratejisinin geliştirilmesine yönelik sistematik yaklaşımla aşağıdaki politikaları belirlemişlerdir:

2019 yılında Arnavutluk, FAO Avrupa ve Orta Asya Bölge Ofisi'nin desteğiyle, ulusal e-tarım stratejilerinin ve vizyonlarının geliştirilmesi için çeşitli çalışmalara başlamıştır.

2018'in ikinci yarısında, Ermenistan hükümeti ulusal e-tarım stratejisi için bir vizyon geliştirmek amacıyla, FAO ile teknik işbirliği kurarak AB ENPARD projesini yürütmüştür.

Rusya’da, kilit paydaşlar tarafından dijital tarım projesi kurulmuş ve 2018’de Ulusal E-tarım Stratejisi vizyonunu taşıyan "Dijital Tarımın Bilimsel Ve Teknolojik Gelişimi" kavramı geliştirmiştir.

Kırgızistan, tarım sektörünün gelişimi ve BİT (Bilgi Ve İletişim Teknolojileri) uygulama politikasını içeren “Dijital Kırgızistan 2019-2023” uygulaması ile Dijital Yol Haritası oluşturmuştur.

Ülkemiz, Tarım ve Orman Bakanlığı, FAO'nun teknik desteği ile Başlangıç Çalıştayı Kasım 2019’da gerçekleşen “Ulusal E-Tarım Politikası”nı geliştirmektedir.

¹⁰⁸ Kılavuz, E., Erdem, İ. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları Ve Türk Tarımının Dönüşümü, (<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.4.3C0189>)

Ancak ülkeler bu politikaları geliştirirken birçok sorunla karşı karşıya kalmaktadır. FAO tarafından çıkarılan E-Tarım Strateji Kılavuzu'nda bu sorunlar ile başa çıkabilmek ve gerekli önlemlerin alınabilmesi amacıyla aşağıdaki öneriler verilmiştir:

- Mevcut bölgesel ağlar ve küresel platformlar dâhil olmak üzere çevrimiçi uygulama toplulukları aracılığıyla tanıtım, işbirliği ve bilgi paylaşımı yapılmalıdır
E-tarıma ilişkin sistemlerin geliştirilmesi için yatay koordinasyon ve birlikte çalışabilirlik gereklilikleri formüle edilmelidir.
Başlangıçtan itibaren uygulama, izleme ve değerlendirme aşamasına daha fazla önem verilmelidir.
- Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı tarım hizmetleri ve projeleri için bölgesel bir veri tabanı yayınlanmalıdır.

Şeklinde küresel kararlar alarak gıda ve tarım konusunda istikrarlı çalışmalarını sürdürmektedir.¹⁰⁹

Huawei şirketinin 2017 yılında yaptığı “Akıllı Tarım Piyasa Araştırması’na göre 2015 yılında 13.7 milyar dolar olan dünya akıllı tarım pazarının değerinin 2020 yılında 26.8 milyara yükselmesi beklenmektedir. Bu da pazarın 5 yıl içerisinde 2 kat değerlenmesi anlamına gelmektedir.

CEMA (Avrupa Tarım Makineleri Birliği) “Tarım 4.0: Tarımın Geleceği” raporunda Avrupa’da yıllık cirosu 26 milyar avro olan 450 farklı tarım makinesi üreten 4.500 üretici olduğu ve bu sektörde 135.000 kişinin istihdam edildiği belirtilmektedir. Aynı rapora göre, Avrupa’da satılan yeni tarım ekipmanlarının %70 ile %80’inde hassas tarım teknolojisi bileşeni yer almaktadır. Akıllı tarım uygulamalarının 2030 yılına kadar tarım sektörünü en fazla etkileyecek olan faktör olacağı ve AB tarımının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında itici rol oynayacağı raporda vurgulanan bir başka noktadır.

Tarım 4.0’ın sağladığı avantajları zamanında fark eden ülkeler hem ulusal hem de ortak politikalarında Tarım 4.0 uygulamalarına öncelik vererek bu alandaki destekleri, teşvikleri ve ar-ge çalışmalarını hızlandırmışlardır. Çalışmanın bu bölümünde, tarımsal araştırma ve teknolojilere yatırım yapmaya başlayan yani akıllı tarım uygulamalarına geçiş yapan başarılı ülke örnekleri sunulmaktadır.

¹⁰⁹ http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-gida-ve-tarim-orgutu-fao_tr.mfa

5.1.1 İngiltere’de Akıllı Tarım

İngiltere, akıllı tarım uygulamalarını üniversite, sanayi ve hükümet işbirliğiyle en başarılı şekilde gerçekleştiren ülkelerden biridir. Bu konuda genç bilim adamları yetiştirerek ve araştırma merkezleri kurarak süreci başlatmıştır. İngiltere’nin Tarım 4.0 da gösterdiği başarının en önemli kaynağı tarımsal araştırmalara ve bu alandaki eğitimlere verdiği destek olarak gösterilmektedir. Öyle ki, sadece 2011-2012 arasında tarım ve gıda sektöründeki araştırma geliştirme faaliyetlerine hükümet 450 milyon avro harcamıştır.

İngiltere’de tarım alanında çalışan pek çok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bu kurumların başlıcaları arasında hükümete bağlı olarak çalışan DEFRA (Çevre, Gıda ve Köyişleri Bakanlığı) gelmektedir. 2016 yılında DEFRA, Kuzey İrlanda Ekonomi, Çevre ve Köyişleri Bakanlığı, Galler Meclisi Hükümeti Köyişleri Bakanlığı ve İskoç Hükümeti birlikte Birleşik Krallıktaki tarım verilerini ve tarımın durumunu anlattıkları “Agriculture in the UK” raporunu yayınlamışlardır. Bu raporda oldukça çarpıcı veriler bulunmaktadır. Rapora göre, 2015 yılında tarım teknolojilerine 250 milyon pound harcanmıştır. Bu sayede hektar başına buğday üretimi 7 tondan 8 tona çıkarılabilmektedir. 2015 yılında tarım piyasasından elde edilen gelir 96 milyar pound olup GSYH’nın (Gayrisafi Yurt İçi Hasıla) %0,7’sine eşittir. Tarım ve gıda sektöründe 3.8 milyon kişi istihdam edilmektedir. Bu toplam işgücünün %1,2’sini oluşturmaktadır.

İngiltere’nin tarım alanında çalışan en önemli kurumlarından bir diğeri ise, Rothamsted Enstitüsüdür. Bu yıl 175. yılını kutlayan enstitünün temel çalışma alanı çevreye duyarlı tarım teknolojileridir. Enstitü 37 milyon pound bütçesi ve 450 araştırmacısıyla başarılı projelere imza atmaktadır. Yaptıkları çalışmaların İngiltere ekonomisine kümülatif katkısı yıllık 3000 milyon pound değerindedir. Kurumun araştırmacıları her yıl 300’e yakın yayın yaparak ve bunların %70 ini de ücretsiz sunarak dünya çapında bilgi yayılımına katkıda bulunmaktadır. Hâlihazırda gıda güvenliği, verimliliği arttırmak için genetik çalışmalar, geleceğin tarım ve gıda teknolojileri üzerine projeler yürütmektedirler. 2015 yılında dünyanın ilk tarla bitkileri analiz tesisini kurmuşlardır. 24 saat çalışan tesiste üzerindeki sensör ve kameralar ile 15 m x 120 m’lik alanı tarayabilen bir tarayıcı bulunmaktadır. Bu sayede tarla yüzeyi taranarak bitkinin gelişimi ve sağlığı analiz edilebilmektedir.

İngiltere’deki tarım ve gıda teknolojileri alanındaki en önemli işbirliklerinden biri ülkenin önde gelen sekiz üniversitesinin (Newcastle, Lancaster, Manchester, Durham, Liverpool, York,

Leeds ve Sheffield Üniversiteleri) oluşturduğu N8 Agrifood platformudur. Bu platformda 450'den fazla araştırmacı ve 150'den fazla doktora öğrencisi 269 milyon poundluk bir fon ile çalışmaktadır. Ayrıca, çalışmaları sayesinde 40'tan fazla işletmeye de destek sağlamaktadırlar. Temel çalışma alanları sürdürülebilir gıda üretimi, güvenli gıda tedarik zinciri ve bitki ve gıda sağlığıdır. Bu kapsamda hassas tarım ve Tarım 4.0 teknolojilerine ve gen çalışmalarına ağırlık vermektedirler.

İngiltere hem ulusal işbirliğini hem de uluslararası işbirliğini ön plana çıkararak, tarım teknolojileri araştırmalarına ve eğitimlerine büyük önem vererek Tarım 4.0 alanındaki öncü ve başarılı ülkelerden biri haline gelmiştir.

5.1.2 Hollanda'da Akıllı Tarım

Tarımsal teknolojiler alanında oldukça başarılı bir diğer ülke örneği Hollanda'dır. Topraklarının yarısı deniz seviyesinin en az 1 metre altında olduğu için ülkenin %60'a yakını deniz altında kalan toprakların doldurulmasıyla elde edilmiştir. Hollanda buna rağmen dünya tarım ürünleri ihracatında 2. sırada yer almaktadır. Avrupa Birliği tarım ihracat hacminin %77'sine, dünya meyve ticaretinin %6'sına ve dünya sebze ticaretinin %16'sına sahiptir. Lale ihracatında 8.1 milyar avro ile dünyada 1. sıradadır. Toplam tarım ihracatı 2016 yılında rekor kırarak 85 milyar avro 'ya ulaşmıştır. Ayrıca Hollanda 107 ülkeden 4,6 milyar avro değerinde tarımsal ürün ithal edip, ardından bu ürünleri paketleyip işleyerek 150'den fazla ülkeye ihraç etmek suretiyle 7,9 milyar avro kazanç elde etmektedir. Dünya'nın 25 büyük gıda ve içecek firmasından üçünün Hollanda'da bulunması ve tarımsal gıda üretimi sektöründe toplam 4150 firmaya sahip olması da bu süreci etkileyen önemli unsurlardan biridir. 4.0 teknolojileri alanında en ileri ülkelerden biri olan Hollanda'nın başarısı uzun vadeli ve teknolojiye dayalı tarım politikaları izlemesinden kaynaklanmaktadır. Hollanda hükümeti, tarımın sürdürülebilirliğini ve verimliliğini arttırmak için uydu verilerini satın almak üzere 1.4 milyon avro değerinde çalışma yapmıştır ve bu elde edilen verilerle çevrimiçi olarak çiftçilere toprak, atmosfer ve ekin gelişimi hakkında bilgiler sunmaktadır. Toplanan bu veriler, çiftçilerin bitkileri yakından izleyerek daha fazla verimlilik ve sürdürülebilirlik elde etmelerini sağlamaktadır.

Hollanda'nın sınırlı ekilebilir alanlarında verimlilik artışını sağlamasının ardında, tarımsal politikaların yanı sıra bilgi teknolojilerindeki başarısını tarımsal teknolojilere yansıtabilmiş olması da bulunmaktadır. Hollanda Yabancı Yatırım Ajansı (NFIA) verilerine göre, bilişim

hizmetleri sektöründe dünyanın 4. büyük ihracatçısı konumunda olan Hollanda'daki yeniliklerin %70'i bilişim teknolojileriyle ilgili gerçekleşmektedir. Bu sayede Hollanda hem tarımsal teknolojileri üretebilmekte hem de bu teknolojileri ihraç edebilmektedir. 2015 yılında tarım teknolojileri ihracatının değeri 9 milyar avro 'ya ulaşmıştır. Hollandalı üreticiler; yüksek verimli sulama sistemleri, ileri tohum teknolojileri, yenilenebilir enerji sistemleri, robotlar ve otomasyon sistemleri, büyük veri analizi ve akıllı çiftlik yazılımları ile üretimlerini ve verimliliklerini arttırmayı başarmışlardır. Ülkenin bir başka avantajı da 2014 yılında QS dünya üniversiteleri sıralamasında tarım ve ormancılık alanında Avrupa'nın 1. ve Dünyanın 2. üniversitesi olan Wageningen Üniversitesi'nin yaptığı çalışmalarıdır. Wageningen Üniversitesi'nin ekonomik araştırmaları, gıda güvenliği, tarım ve gıda politikaları, tarım ve gıda değer zincirinin geliştirilen yazılımlar ile izlenmesi ve tarım teknolojileri üretiminde yoğunlaşmaktadır. Tarım teknolojileri çalışma grubunun başlattığı ve dâhil olduğu projeler arasında yabancı otları otomatik olarak belirleyip haritalamak için drone geliştirmek, bahçe ve hasat robotu geliştirmek, dayanıklı ve hassas sensörler ve algılayıcılar üretmek bulunmaktadır.

Hollanda tarım sektörü, çok güçlü bir uluslararası itibara sahiptir ve hükümet yeniliklere yatırım yaparak bu lider konuma destek vermektedir. Ayrıca üniversiteler, araştırma kuruluşları, tarımsal gıda üreten firmalar ve teknoloji üreten firmaların tarımsal teknoloji alanında yaptığı çalışmalarda ülkenin tarım ve gıda sektörleri için önemli katkılar sağlamaktadır.

5.1.3 Amerika Birleşik Devletleri'nde Akıllı Tarım

Dünyanın en büyük tarım ihracatçısı olan Amerika Birleşik Devletleri'nin başarısının sırrı hem teknolojiye hem de teknoloji kullanımını öğretmeye yaptığı yatırımlardır. ABD'nin Federal Tarım Departmanı'na (USDA) bağlı pek çok enstitü ve alt kuruluş bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Ulusal Tarım ve Gıda Enstitüsünün amacı, tarımsal üretimde verimliliği arttırmak, su, gübre ve zirai ilaç kullanımını azaltarak gıda fiyatlarını düşürmek, tarımın çevreye verdiği zararları azaltmak ve güvenli gıdalar üretilmesini sağlamaktır. Bu kapsamda enstitü, fizik, mühendislik ve bilgisayar bilimlerindeki araştırmalara, tarım araçları, sensör ve yazılım üretimine ve çiftçilere teknolojiyi nasıl kullanacaklarına yönelik verilen eğitimlere destek olmaktadır.

2016 yılında ABD Ticaret Bakanlığı tarafından düzenlenen "Select USA" adlı zirvede, tarımsal üretim ve tarım teknolojilerinin önemi vurgulanmıştır. Üretim artışı için, arazi ıslahı ve örtü altı

yetiştiricilikle yetinmeyen çiftçiler, devletten destek alarak sıcaklık, nem ve zararlı madde kontrolünü çevrimiçi yapan entegre sistemleri tarlalarında kullanmaya başlamışlardır.

Ayrıca, NASA topraktaki nem miktarını ölçmek amacıyla gözlem uydusunu uzaya göndermiştir. Uydu her üç günde bir, bilim insanlarına kuraklık, sel ve iklim değişikliği konularında detaylı bilgiler iletmektedir.

ABD'nin tarım teknolojileri alanındaki ilerlemesinde tarım 4.0 çerçevesinde hem tarımsal ekipman ve makine hem de yazılım üreten özel şirketlerinde rolü oldukça büyüktür. 2001 yılında Dünya'nın en büyük tarım ekipmanı imalatçısı olan Amerikan firması John Deere traktörlerinde ve diğer mobil makinelerinde GPS sensörlerini eklemiş ve bu sayede gübreleme ve zirai ilaçlamada harcanan yakıt maliyeti yaklaşık %40 azalmıştır. Birçok çiftçi ürün iyileştirmesi ve verim haritasının çıkarılması için GPS kullanmaya başlamıştır. Yine Amerika'da geliştirilen Scoutpro isimli mobil uygulama ile üretici arazisini canlı olarak izleyebilmekte ve arazi koşullarının ayrıntılı bilgisine sahip olabilmektedir. Bunlara ek olarak, Chicago'da bulunan Green Sense Çiftliği, ABD'nin en büyük kapalı dikey çiftliğidir. Burada bulunan dikey raflarda bilgisayar sistemleriyle ısı, nem, yeterli miktarda ışık ve su sağlanarak yüksek kalitede bitkiler üretilmektedir. Bu bitkiler bilgisayar kontrollü LED'ler ile uygun ortam yaratılarak desteklendiği için haftada iki kez ürün alınabilmektedir.

ABD Federal Tarım Departmanı hem üretim için entegre teknolojilere teşvikler vermekte hem de çiftçilere tarımsal teknoloji kullanabilmeleri için çeşitli destek imkanları sunmaktadır. Bu teşvik ve destekler ile Amerika'da bugün yılda yaklaşık 300 milyar dolar değerinde tarımsal gıda ürünü üretilmektedir.

5.1.4 İsrail'de Akıllı Tarım

İsrail topraklarının yüksek tuz oranı nedeniyle sadece %20'sinin ekilebilir olması, doğal su kaynaklarının Birleşmiş Milletlerin su fakirliği sınırının altında olması ve tarımsal işgücünün oldukça az olmasına rağmen tarımsal teknolojiler alanında gösterdiği başarılar ile günümüzde kendi gıda ihtiyacının %95'ini kendi üretimiyle karşılıyor durumdadır. Bu bağlamda İsrail, başarılı ülke örnekleri arasında belki de en dikkat çekici olanıdır. Tüm bu dezavantajları geliştirdiği ve uyguladığı teknolojiler sayesinde avantaja çevirmeyi başarmıştır.

Dezavantajlı bir konumdan tarımsal üretimde kendine yeterlilik düzeyine gelebilmiş ve hatta başarılı bir ihracat performansı sergileyebilmiş İsrail’de öncelikle tarıma uygun arazilerin ıslahına önem verilmiştir. Arazisinin çöl olmasından dolayı toprağın sadece üst kısmındaki 30 santimetrelilik bölümde ekim yapmasına rağmen üretiminden yüksek verim almakta ve ürettiği ürünlerin %90’nını ihraç etmektedir. Bununla birlikte İsrail, sulama sorununu tuzlu suyu ve sanayideki atık suyu arıtıp yeniden kullanarak çözmüştür. Ülkede sulamada kullanılan suyun %86’sı yeniden kazanılan sudan sağlanmaktadır. Yerleştirilen her bir güneş enerjisi panelinde günlük üretilen elektrik enerjisi ile 3 bin litre tuzlu suyu arıtılabilmektedir. Toprak altına döşenen borular ile de sıcaklık 12 ay kontrol altında tutulabilmektedir. Başta dünyanın en büyük gübre şirketlerinden biri olan İsrail Kimya Şirketi olmak üzere çeşitli teknolojiler kullanarak gübre üreten pek çok şirket kurulmuştur.

İsrail’in önde gelen tohum firmalarından olan Evogene bitki genetiği ve biyo-teknoloji alanındaki araştırma geliştirme çalışmalarıyla ürün verimliliğini arttırmaya çalışmaktadır. Afimilk firması geliştirdiği teknoloji ile üreticilere gerçek zamanlı olarak hem hayvanların sağlık durumları hem de sütün kalitesi hakkında bilgiler vermektedir. Eshet Eilon şirketi ise ürettiği spektral görüntüleme makinesi ile X ışınlarını kullanarak meyvenin besin değeri, olgunluk, kalite bilgilerini ve hatta ne zaman olgunlaşacağı bilgisini vermektedir. Firma bu makine sayesinde Arap ülkelerine yapmış olduğu hurma ticaretine en büyük engel teşkil eden ve hurmada bulunan bir tür küf cinsi mantarını önceden belirlemekte ve müdahalede bulunup ihracatın önlenmesinin önüne geçilmesinde yardımcı olmaktadır.

İsrail Hükümeti tarımsal teknolojileri özellikle sulama sistemleri, biyo-teknoloji ve atık suyun yeniden kullanımına yönelik olan teknolojileri desteklemektedir. Öyle ki tarım teknolojileri alanında yapılan araştırma geliştirme harcamaları İsrail’in bütçesinin %17’sini oluşturmaktadır. İsrail’in tarım sektörünün zorlu koşullarının dönüşümünde tarım teknolojisi alanındaki yeni teknolojik girişim şirketlerinin etkisi büyüktür.

5.1.5 Japonya’da Akıllı Tarım

Japonya’da tarım sektörü GSYH’nin %1,5’ini oluşturmaktadır. Tarıma uygun arazileri topraklarının sadece %11’ini kapsayan, tarımda çalışan nüfusu giderek azalan, tarım sektöründe çalışanların yaş ortalamasının oldukça yüksek olduğu, yüksek vergilere sahip olan ve kırsal kesimde üretilen ürünlerin ancak büyük şehirlerde ve hatta bazen uluslararası pazarlarda ticarileştiği Japonya, tarım teknolojilerine yaptığı yatırımlar sayesinde tarım sektörünü yeniden

canlandırmaya başlamıştır. Tarımsal teknolojiler bir yandan üretimi, verimliliği ve kaliteyi arttırırken diğer yandan da tarımı cazip hale getirerek vatandaşların ilgisini tekrar tarıma yöneltmeye başlamıştır.

Ülkede tarım ile ilgili kararlarda sorumluluk Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Bakanlığındadır. Bakanlığın yayınladığı Gıda, Tarım ve Kırsal Alanlar Yıllık Raporuna (2016) göre tarım politikalarında girdi maliyetlerinin azaltılması, dağıtım ve işleme sürecinde yapısal reformlar uygulanması, stratejik ihracat sisteminin oluşturulması önemli yer tutmaktadır. Girdi maliyetlerinin azaltılmasında en önemli etken olarak tarımsal teknolojiler görülmektedir.

Tarımsal teknolojiler konusunda üniversiteler, teknoloji merkezleri ve özel sektör ön plana çıkmaktadır. Osaka Prefecture Üniversitesi'nde 2000 m²'lik bir sebze fabrikası kurulmuştur. Bu fabrikada hiç güneş ışığı kullanılmadan sadece yapay ışıklar kullanılarak hem iki kez daha hızlı ürün gelişimi sağlanmakta hem de yılda 20 kez hasat yapılabilmektedir. Steril olarak üretilen bu sebzeler yıkanmadan tüketilebilmektedir. Tokyo Tarım ve Teknoloji Üniversitesi ağırlıklı olarak robotik alanında çalışmalar yapmaktadır. Üniversitedeki bilim insanlarının tasarladığı giyilebilir mekanik iskelet, el ile toplanan ürünlerin hasatı sırasında çiftçilerin hayatını kolaylaştırmakta ve hasatın daha hızlı yapılmasını sağlamaktadır. Bu sayede çiftçilerin bacak yorgunluğu ve ağrıları %50, kol ve omuz yorgunluğu ve ağrıları %85 azaltılmıştır. Fukushima Tarımsal Teknoloji Merkezi ise, teknoloji üretiminin yanı sıra yerel çiftçilere teknik destek sağlamakta, tarımın önemi konusunda farkındalık çalışmaları yürütmekte ve çiftçilere teknoloji üretmeleri ve kullanmaları için ücretsiz laboratuvar olanakları sunmaktadır.

Spread firması, bir çiftlikte robotlarla yılda 10 milyon adet marul üretmektedir. Bu süreçte çiftlikte kullanılan suyun %98'i geri dönüşüme gönderilmektedir. Isı, nem, ışık ve karbondioksit seviyesi bilgisayarlar ile ayarlanmaktadır. Mebiol firması 0,06 milimetre inceliğinde tasarladığı hidrojel film sayesinde çok az miktarda su ile bitkisel üretimde yüksek verimlilik sağlamaktadır. Bu film sayesinde su, gerekli vitamin ve mineraller bitkiye verilir, zararlı maddeler süzülür. Patrus firması ürettiği piramit şeklindeki plastik paketler ile ürünlerin raf ömrünü uzatmayı başarmıştır. Topraksız tarım konusunda oldukça başarılı olan Japonya, robotlar sayesinde üretim ve hasadı hızlandırarak 8 saniyede bir meyve toplamayı başarmıştır. Oluşturulan bio-çiftliklerde üreticiler; sıcaklık, nem ve ışığı bilgisayarlar ile kontrol ederek üretim yapabilmektedir. Ayrıca, kameralar ve sensörler ile sıcaklığı, gün ışığı süresini ve toprağın su tutma kapasitesini takip ederek zararlılarla ve hastalıklarla mücadele

edip, doğru hasat zamanını da belirleyebilmektedirler. Japonya bir domates bitkisinden dönen lens sistemi ile zararlı güneş ışınlarını süzüp sadece yararlı ışınları vererek 10.000 adet domates üretebilmektedir. Tsukuba Bilim Exposu'nda 1 domates bitkisinden aynı yöntem ile 16.897 adet domates elde edilmiştir. Tüm bu teknolojik gelişmeler sayesinde Japonya'nın tarım ihracatı %24 artarak 2016 yılında 35 milyar dolarlık gelir sağlanmıştır. Japonya hükümeti çiftçileri desteklemek ve tarımı cazip hale getirmek için fiyat destekleme politikasını sürdürmektedir. Ayrıca kırsal üretimin ticarileşmesinin kolaylaşması için de çalışmalar yürütmektedir. Tarımsal teknolojiler sayesinde hem sektörün istihdamını hem de ülkenin rekabetçiliğini arttırmak için çalışmalarını sürdürmektedir.¹¹⁰

5.2 Türkiye'de Akıllı Tarım Uygulamaları

Türkiye yüzölçümü, nüfusu, tarım alanları ve ekilebilir alanlar açısından ABD'nin ardından ikinci sırada yer almaktadır. Toplam istihdam içerisinde tarımsal istihdamın payında ve tarımsal katma değer GSYH içerisindeki payında bu ülkeler arasında ilk sıradadır. Buna rağmen ülkelerin ihracat performanslarına baktığımızda Türkiye'nin kaynaklarını henüz etkin kullanmadığı görülmektedir. Başta Hollanda ve İsrail olmak üzere bu ülkelerin başarısının teknolojiye dayandığı ortadadır. Toplam ihracat ve ithalatlarında Bilgi ve İletişim Teknolojileri ürünlerinin payına bakıldığında Tarım 4.0 sürecine uyum sağlamış ülkelerin bu ürünlerin hem ihracatında hem de ithalatında yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu ülkeler teknoloji ile verimliliklerini arttırabilmişlerdir.

Tarım 4.0 alanında dünyada yaşanan gelişmeler ile Türkiye'de bu alanda çalışmalarını hızlandırmıştır. Tarımsal üretim potansiyeli oldukça yüksek olan Türkiye'de son yıllarda tarımsal teknoloji alanındaki araştırma geliştirme faaliyetleri hem devlet politikaları, hem üniversite ve araştırma merkezleri hem de özel sektör tarafından desteklenerek geliştirilmektedir. Başta Ege Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi, Ankara Üniversitesi ve Konya Gıda Tarım Üniversitesi olmak üzere bu alandaki çalışmalar ulusal ve uluslararası işbirlikleri ile artmaya başlamıştır. Ege Üniversitesi İİBF ve İzmir Ticaret Borsası ortaklığı ile yürütülen "Türk Tarımının Global Entegrasyonu: Tarım 4.0" projesi de bu alanda yapılan çalışmalardan biridir. Ayrıca başta GSM şirketleri olmak üzere; tarımsal ekipman, ar-ge ve yazılım üreten firmaların sayısı ve patent başvuruları her geçen gün artmaktadır. Bu alanda özel sektör

¹¹⁰ Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ocak,2019, Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0

<https://docplayer.biz.tr/137326483-Turk-tariminin-global-entegrasyonu-ve-tarim-4-0.html>

firmaları arasında da işbirliği örnekleri görülmeye başlanmıştır. Vodafone Türkiye ve TABİT ortaklığında kırsal kalkınmaya destek olma hedefiyle Aydın ilinde kurulan Vodafone Akıllı Köy, dünyanın ve Türkiye'nin uçtan uca dijital teknolojilerle donatılmış ilk akıllı köyü olma yolunda hızla ilerlemektedir. Geleneksel tarım yöntemlerinin ileri teknoloji ile birleştirildiği Vodafone Akıllı Köy'ün başlıca amaçları arasında tarımsal üretimdeki verimliliği bilgi ve teknolojiler ile arttırmak, tarımda genç istihdamını arttırmak, teknolojinin diğer köylere de yayılmasını sağlamak bulunmaktadır. Bitkisel üretim maliyetlerinde en az %20, hayvansal üretim maliyetlerinde en az %22 ve sulamada en az %20 tasarruf hedeflenmektedir. Bu çalışmanın izleyen bölümünde Türkiye'de tarımın mevcut durumu ortaya konulmuş ve özellikle 1990 sonrasında Türk tarım politikasında yaşanan gelişmeler ve yatırım teşvikleri konularında detaylı bilgiler sunulmuştur.¹¹¹

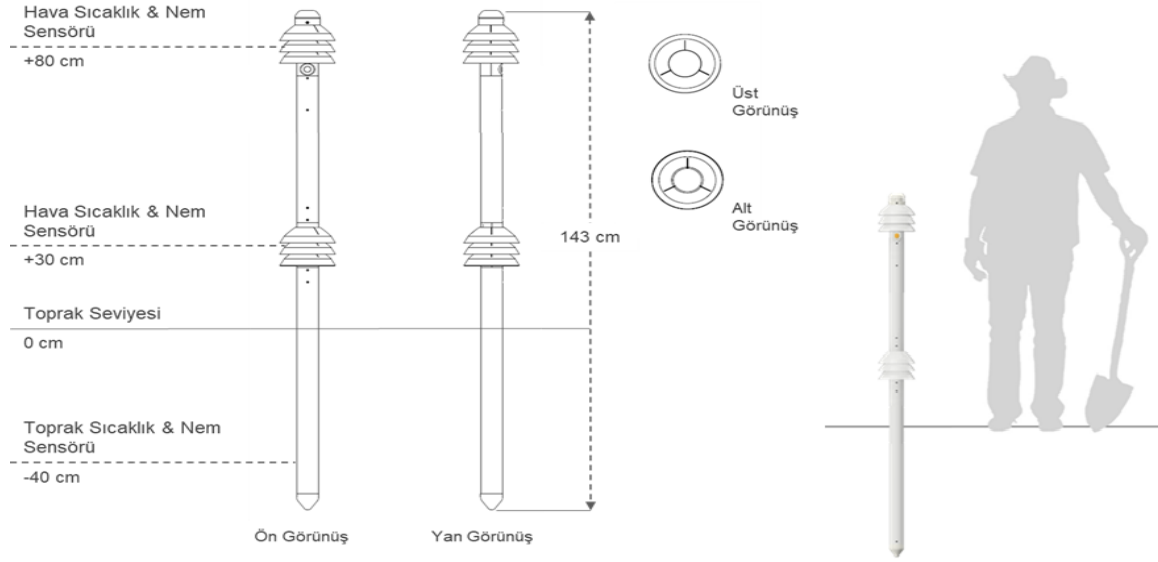
Genel olarak bakıldığında, telekomünikasyon şirketleri olarak akıllı tarım kapsamında verilen hizmetler tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yaygınlaşmaya başlamış ve bu kapsamda bilgi iletişim teknolojileri tarım sektöründe önemli role sahip olmuştur. Günümüzde birçok kurum ve kuruluş bu teknolojileri kullanarak tarımsal üretim yapan işletmelere hizmet sunmakta ve gelişmiş ağ sistemleri ile sektör ile ilgili veriler üretilmektedir. Türkiye olarak elde edilen verilerin depolanması ve güvenliği kapsamında büyük veri, bulut sistemi ve siber güvenlik sistemlerine verilen önem ve bu konudaki gelişmeler göz ardı edilmeyecek kadar ivme kazanmış ve bilgi iletişim teknolojileri kapsamında önemli farkındalıkların yaratılması yolunda önemli adımlar atılmaya başlanmıştır.

Hazırladığımız bu çalışmada, dijital çağın bir vazgeçilmezi olan mobil cihazların aktif kullanımını sağlayan operatörlerimizin çiftçi kullanıcılara sunduğu Akıllı Tarım uygulamalarından söz edeceğiz.

Turkcell Filiz, Kullanıcıya tarlası hakkında anlık veri sağlayan, toprak-hava istasyonu ve birlikte kullanılan bir mobil uygulamadır. Yetiştiricinin verimini arttırabilmesi için; sulama ve ilaçlama kararlarını toprak ve hava koşullarına göre vermesine yardımcı olur. Tarlaya yerleştirilen Turkcell Filiz Cihazı 2G ve NB-IoT (NB-IoT teknolojisi, LTE frekans bandlarında çalışma özelliği, geniş kapsama, düşük güç tüketimi ve bağlantı kalitesi sağlamaktadır.3GPP standartlarında geliştirilmiş bir teknoloji olan NB-IoT, LTE frekansları üzerinde çalışmakta

¹¹¹ Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ocak,2019, Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0 (<https://docplayer.biz.tr/137326483-Turk-tariminin-global-entegrasyonu-ve-tarim-4-0.html>)

olup, mevcut LTE şebekesi üzerinde, düşük veri hızı ve veri kullanımları için ama çok sayıda uç cihazı etkili-kesintisiz yönetebilmek için geliştirilmiş bir şebeke olarak öne çıkmaktadır. NB-IoT kullanacak hatlar için sim kartın LTE (4.5G) uyumu olmalıdır. Bunun haricinde özel bir sim ihtiyacı yoktur.)¹¹² teknolojisi sayesinde üreticilerin sadece mobil uygulama ve M2M sim kart kullanımıyla önemli tarımsal verilere anında ulaşabilmelerini sağlamaktadır.

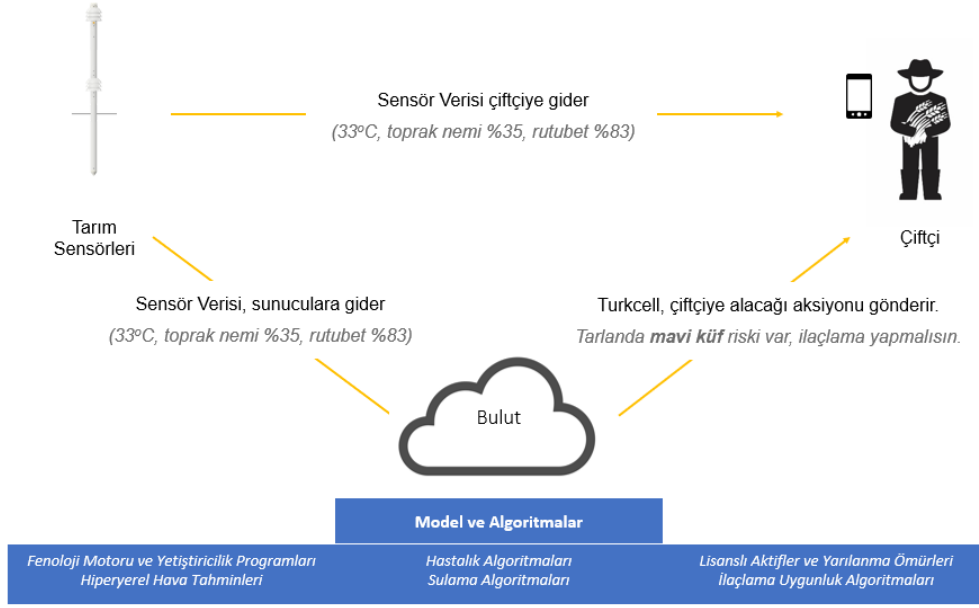


Şekil 4: Arazide Kullanılan Tarım Sensörleri

Şekil 2’de Tarladan verileri bulut sistemine aktarmak üzere konumlandırılmış bir tarım sensörü yer almaktadır. Aşağıda Şekil 3’te ise, sensörler aracılığı ile alınan veriler öncelikle bulut sistemine aktarılır. Sunucular aracılığı ile aktarılan veriler, fenoloji (doğal olayların tekrar etme zamanlarını inceleyen bilim dalı.) motoru ve yetiştiricilik programları sayesinde, yerel hava tahminlerini, hastalık ve sulama algoritmalarını, ilaçlama uygunluk algoritmalarını yapay zekâ desteği ile ayırdırdıktan sonra en sağlıklı sonuçları üreticiye aksiyon alması önerisi ile iletir.

¹¹² NB-IoT Nedir?

<https://www.turkcell.com.tr/kurumsal/kurumsal-cozumler/nb-iot>



Şekil 5: Tarım Sensöründen Alınan Verilerin Aktarılma ve Yapay Zekâ Desteği ile Ayrıştırılma Süreci

Bu öneri ve tavsiyeler; tarlası hakkında sulama, ilaçlama gibi yetiştiricilik bilgilerini anlık ulaştıran mobil uygulama içerisinde barındırılan 117 farklı bitki için yetiştiricilik bilgisiyle birlikte,

- Saatlik hava, toprak, nem ve sıcaklık ölçümü,
- Toprak tipi ve ürüne özel sulama önerileri,
- Mantari hastalık riski uyarısı ve ilaçlama saat önerileri,
- Ziraat mühendislerinden destek,
- Yerel hava durumu tahmini,
- Şiddetli yağış, don gibi ekstrem hava durumlarına karşı uyarı sistemidir.

Bu sayede, üreticilerin karşı karşıya kalabilecekleri sorunları önceden tespit edip, doğru sulama, uygun zaman ve miktarda ilaçlama, bağıl neme bağlı olarak oluşabilecek bitki hastalıklarının önlenmesi gibi birçok avantajı ziraat mühendislerine mobil uygulama üzerinden ulaşıp danışarak, daha efektif üreticilik yapmalarına olanak sağlamaktadır.

Vodafone Dijital Tarım Çözümleri; Elektrik, ilaç ve gübre miktarı gibi üretim maliyetlerini azaltmayı sağlayan ayrıca verimi en üst seviyelere çıkaran bir destek ve karar sistemidir. Sistem içinde bulunan sensör ve modüller aracılığı ile havadan ve topraktan kurulu olduğu alana özel

aldığı verileri analiz ederek tarımsal işlemler için en iyi zamanlama önerileri sunar ve erken uyarılar vererek ürün kaybı ve ekipman zararından kaçınmaya yardımcı olur. Vodafone Dijital Tarım Karar Destek Sistemleri, toprağın canlı nem takibi ve sulama planlaması, hastalığın erken teşhisi ve oluşmadan önce uyarı sistemi, zararlıların takibi ve uyarı sistemi, son olarak da meteorolojiden bağımsız iklim değerlerinin iş planına aktarılması olmak üzere 4 aşamadan oluşur.

Vodafone'un, Dijital Tarım kullanıcısına sağladığı imkânlar şu şekildedir;

- Kurulu olduğu arazinin meteorolojik değerlerini ölçer.
- Araziye özel 14 günlük hava tahmin raporu oluşturur ve araziye özel don, fırtına uyarısında bulunur.
- İklimle bağlı hastalık ve zararlılar için erken uyarı oluşturur. Böylece doğru ilaçlama ile %50 'ye yakın tasarruf sağlar.
- Arazideki buharlaşmayı hesaplayarak ve toprak nemini izleyerek sulama planlaması yapılabilmesine izin verir.
- Bölgeye özel tahminlenmiş olan meteorolojik veriler göndermek suretiyle ekim yapılacak ürün çeşidini daha doğru seçmeye yardımcı olur.
- Evapotranspirasyon hesaplaması ve kuraklık uyarısına göre bir sulama yönetimi sunar.
- Fenolojik gözlem modellemesi ile gübrelerin bitki üzerindeki gelişimini günlük raporlar.
- Mobil laboratuvar sayesinde topraktan anlık amonyum-nitrat-potasyum-sülfat değerlerinin ölçülmesine olanak sağlar.
- Gübre tanklarının PH-EC değerlerinin ve doluluk, sıcaklık, nem takibinin yapılması için imkân sunar.

Ayrıca uzay ve yer ile entegre solar enerjiyle çalışan erken uyarı ve iş istasyonları kurarak, hem web platform da hem de mobil uygulama da buharlaşma oranı, nem, yaprak ıslaklığı gibi birçok verinin yer almasını sağlar. Uydu görüntüleme sistemleri sayesinde sulama modülü, bitkinin gelişimi ve verimliliğinin takip edildiği gelişim izleme modülü ve son olarak yaprak alan indeksi, normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeks raporları, bitkilerin biyokütle gelişim süreciyle ilgili işlevsel olarak değişken anahtar bilgiler sunan NDVI ¹¹³ izleme modülü bulunmaktadır. Tüm bunlara ek olarak Vodafone, Dijital Tarım Çözümü kullanıcılarına PH-EC

¹¹³ (Normalized Difference Vegetation Index, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)

gübre tank ölçüm teknolojileri, mobil klorofil ölçüm cihazı, traktör takip sistemleri ve Fieldscan¹¹⁴ tarla haritalama sistemi hizmetleri de sunmaktadır.¹¹⁵

Türk Telekom, IoT ve M2M çözümlerini kullanarak akıllı tarım alanında da çalışmaları yürütmektedir. Yürütülen çalışmalarda kullanıcılara “Ekim Alanı/Sera Kontrol ve Yönetimi, Debi ve Derinlik Ölçümü, Akıllı Sulama, Hayvan Takip ve Kümes/çiftlik/barınak İzleme” konularında çözümler sunmaktadır.

Ekim Alanı Kontrol ve Yönetimi sayesinde, don habercisi, ısı takip, sulama yönetimi, hastalık önleme, kuraklık habercisi, uzaktan sulama, izinsiz giriş takibi ve ekili alanı izleme ve kayıt altına alma imkânı sunmaktadır.

Debi ve derinlik ölçüm uygulaması ile su kaynaklarının anlık ve sürekli olarak ölçülmesi ve takip edilmesine olanak sağlamaktadır. Verimliliği artırmakta ve kayıpları önlemektedir. Uzaktan ölçüm ve takibe olanak tanımaktadır.

Hayvan Takip Sistemleri hayvan kayıplarını önlemeye yardımcı olur. Kayıplarda hayvana ulaşmayı kolaylaştırır ve belirlenen alanların dışına çıkıldığında bilgi verme olanağı sağlamaktadır. Belirli durumlarda hayata geçirilecek alarmlar ile istenmeyen durumları önlemeye yardımcı olur.

Hayvan Barınağı Kontrol ve Yönetimi, ısı takip ve kontrol, yemleme yönetimi, hastalık önleme, uzaktan aydınlatma, izinsiz giriş takibi, ekili alanı izleme ve kayıt altına alma uygulamaları ile kullanıcıları bilgilendirmektedir. Ayrıca arı kovanları, balık havuzları ve kümeslere de uygulanabilme olanağı mümkündür.¹¹⁶

Doktar, ziraat mühendislerinden oluşan çağrı merkezi, mobil uygulamaları, fenoloji motoru, uydu takibi, IoT sensör istasyonları ve derin makine öğrenmesi gibi araçlarla yenilikçi hizmet modelleri sunarak, çiftçiye, girdi üreticilerine (tohum, tarım ilaçları vs.) ve gıda şirketlerine yardımcı olmaktadır.

¹¹⁴ Alan Taraması

¹¹⁵ Dijital Tarım

<https://www.vodafone.com.tr/VodafoneBusiness/dijital-tarim-cozumu.php>

¹¹⁶ Sektörel IoT Çözümleri

<https://kurumsal.turktelekom.com.tr/iot/iot-cozumleri/sayfalar/default.aspx?kampanya=9>

Doktar şirketinin akıllı tarım uygulamaları üretici ve gıda şirketleri için verdiği hizmetler;

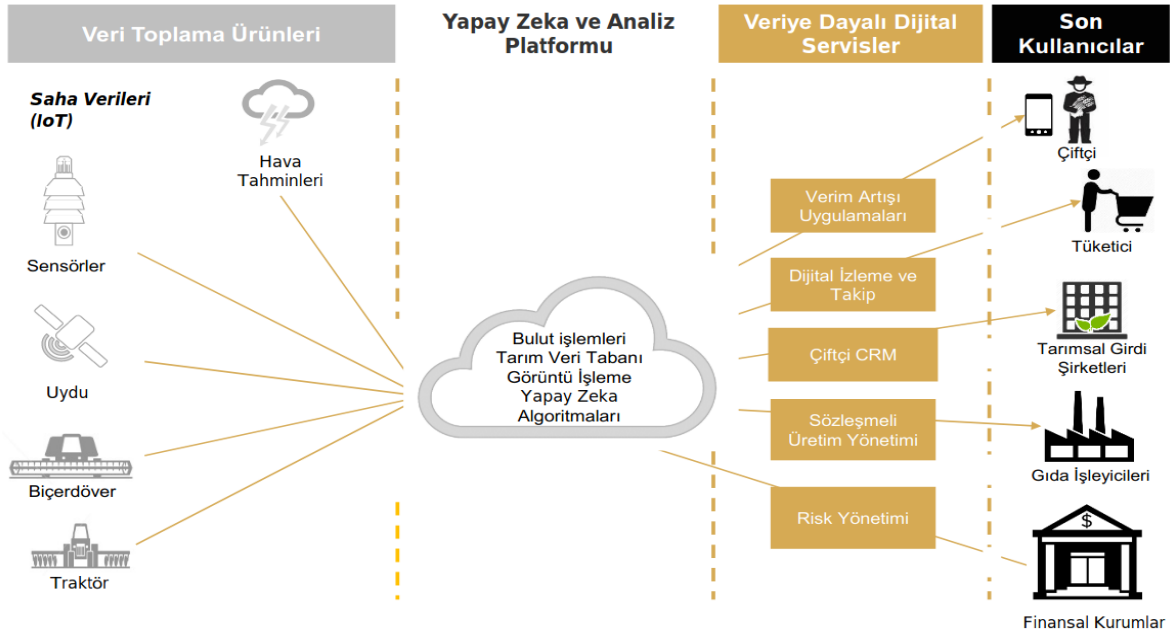
Kısa Mesaj (SMS) Bilgilendirme Hizmeti: Çiftçilerin tarlalarının konumu, büyüklüğü, yetiştirdikleri ürün çeşitleri ile birlikte kayıt edilerek, tarlada ekili tütün çeşidinin fenolojik gelişimine paralel olarak gübreleme, mantari hastalığa karşı koruyucu ilaçlama, ara çapa ve sulama aktiviteleri çiftçilerin cep telefonlarına kısa mesaj olarak gönderilir. Yetiştiricilik bilgilendirmelerinin yanı sıra, ek olarak haftada 3 kere tarlaya özel 3 günlük hava tahmini ve ürün/girdi fiyatları, hibe destek bilgileri gibi ek bilgileri gönderilir.

Çiftçi Danışma Hattı: Üretim sezonu boyunca çiftçilerin akıllarına gelen her türlü problemi danışabilecekleri bir Danışma Hattı Hizmetidir. Çiftçi Danışma Hattı'nda çalışacak ziraat mühendisleri Tarım veya Gıda Şirketi'nin çalışma alanlarına yönelik ürünlerle ilgili teknik eğitime tabi tutulduktan sonra çağrılara cevap vermektedirler. Gelen tüm çağrılar, çiftçi adı, ürün çeşidi, tarla büyüklüğü ve teşhis edilen sorunla beraber haftalık tarım ve gıda şirketine raporlanmaktadır.

Dijital Ürün ve Hizmetler:

- Hastalık ve Sulama Yöntemi (Sensöre Bağlı Mantari Hastalık ve Sulama Yönetimi),
- Uydudan Bitki Sağlığı Takibi,
- Dijital Toprak Analizi ve
- Dijital Tuzak

konularında üreticilere bilgilendirme sistemi üzerinden önerilerde bulunmaktadır.



Şekil 6: Veri Platformu

Şekil 7’de kullanıcılara nasıl hizmet verildiğine dair bir veri platformu görülmektedir. Traktör, biçerdöver gibi tarım alet ve makinalarına sensör takılarak ve yine araziye yerleştirilen uydu alıcılı ana bir sensör yardımı ile toplanan veriler bulut sistemine aktarılır. Yapay zekâ algoritmaları aracılığı ile işlenen veriler paydaş şirketler ve üreticilere iletilir.

Mobil Hizmetler: Uyduların her gün tarla üzerinden geçerken çektiği görüntüler; ekili ürüne, bitki fenolojik dönemine ve bölgesel iklim verilerine göre yorumlanarak tarlaya ait çeşitli gelişim haritaları hazırlanarak mobil uygulama üzerinden sunulmaktadır. Kullanıcılar bu haritaları birlikte inceleyerek ve farklı tarihlerdeki haritaları karşılaştırarak tarlalarının gelişimini düzenli olarak takip edebilmektedir.

Tarla Kontrol Haritası: Kullanıcıtarlasının en iyi gelişim gösteren ve gelişme problemi gözlenen bölgelerini tek bakışta görebilir ve tarlaya gitmeden önce ziyaret önceliği vereceği bölgeleri tek bir haritadan kolayca görerek işaretleyebilmektedir.

Sağlık Haritası: Bu harita ile tarladaki bitkilerin gelişimi her gün uzaktan izlenerek değişimleri takip edilebilmekte ve problemliler bölgeler tarlanın tamamını gezmeye ihtiyaç duymadan belirlenmektedir. Böylece geç gelişim gösteren bölgeler görülebilirken, çeşitli hastalıklar ve sulama kanalı tıkanıklığı gibi problemleri gözden kaçırma riski ortadan kaldırılmaktadır.

Gözlemlerin Yerinde Kaydı Sistemi: Gözlemlerin Yerinde Kaydı, tarla ziyaretlerinde veya tarlayı uzaktan izlerken gözlemlenen hızlı gelişen veya problemliler bölgelerin konumlarını

işaretlemeye ve bu işaretlere notlar, fotoğraflar eklenebilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu hizmet ile yetiştiricilik aktivitelerine yönelik notlar alınabilmekte ve bunlara özel etiketleme ve gruplamalar yapılmaktadır.

Değişim Haritası: Bu harita ile tarladaki haftalık değişimleri tek bakışta görülebilmektedir. Değişiklikler, ilerleme veya gerileme olarak haritaya yansımaktadır. Fark Haritası ise, sahadaki düşük performans alanlarına uygulanan eylemlerin işe yarayıp yaramadığını takip etmeyi sağlamaktadır. Ayrıca bir mahsulün hasat döngüsüne girip girmediğini gözlemlemek için de bu haritadan faydalanılmaktadır.¹¹⁷

Tarsens, Tarımsal Sensör Sistemleri firması, bitki sağlığını algılamakta kullanılan, multispektral (Elektromanyetik spektrum boyunca belirli dalga boyu aralıklarında görüntü verilerini yakalayan bir görüntüdür) kameraları geliştirmek üzere faaliyetlerine başlamıştır. Geliştirdiği multispektral kameraların yanında, tarımsal üretim alanları takip ve gözlemi için kablosuz sensör ağları da (IoT) geliştiren firma, bugün yapay zekâ hızlandırması ile multispektral ve modifiye kamera görüntülerinden, bitki sağlığı hesaplamasını, klasik yöntemlere göre %25-%35 daha sağlıklı yapabilmektedir. İnsan gözüne yeşil gözükten bitkiler, eğer sağlıklı ise kıvılcımsı, sağlıklı ise sınır-kırmızı (rededge) yansıtmaktadır. Bu tür veriler, modifiye ya da multispektral kameralarla toplanarak analiz edilmekte ve bu sayede bitki gübreleme, ilaçlama haritaları oluşturulabilmektedir. Uzak kıvılcımsı, termal kameralar kullanılarak bitkilerin sulama ihtiyacı haritaları çıkarılıp, buna göre sulama haritaları oluşturulabilmektedir. Yapay zekâyâ sahip kameralı araçlar kullanılarak, bitkisel üretimde kullanılan yabancı ot ilacı kullanımı %99'a kadar azaltılabilmektedir. Bu tür teknolojilerin üretilmesi, kullanılması sayesinde, ülkemizin, tarımsal üretimin hammaddesi olan, gübre ve ilaç gibi, bir kısmı yurtdışından temin edilen maddelere bağımlılığı azalacaktır (Tarsens, 2018).

Hollandalı Levy firması ile Balıkesirli Onet firmasının işbirliği Bu işbirliği ile Türkiye'nin ilk robot teknolojili çiftliği faaliyete başlamıştır. Robotlar ineklerin yemlenmesi ve sağımı da dahil olmak üzere çiftlikte birçok iş için kullanılmaktadır. Robotların kullanımı ile süt veriminde %15 oranında artış, kalite artışı ve maliyet azalışı gibi avantajlar elde edilmektedir.

¹¹⁷ Doktor Tarım, Dökümanlar
(<https://www.doktar.com/tr/dokumanlar>)

5.3 Uzay'da Tarım

Uzayda neden tarım yapılır, ya da yer çekiminin çok az olduğu bir ortamda tarım yapılabilir mi, sorusu uzun yıllardır SpaceX¹¹⁸, Virgin Orbit¹¹⁹ ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) gibi uzay kurumlarının önemli projelerine yön vermiştir. Çünkü bir araştırma için uzaya gönderilen astronotların bir öğünlük yemekleri bile 7500 doların üstünde bir fiyata mal olmaktadır. Uzay görevlerine kaç astronot gönderildiğini ve bu astronotların ne kadar süre uzayda kaldığı hesaba dâhil edince ortaya çok büyük bir mali yük çıkıyor ve bu durum projelerin sürdürülebilirliğini büyük ölçüde etkiliyor. Bu yüzden uzay daireleri tarafından "uzayda tarım" (space farming) projeleri öne sürüldü.

Yetiştirilecek bitkilere ve uzay koşullarına bağlı olarak Uluslararası Uzay İstasyonlarında (ISS) ve uzaya gönderilen mekiklerde topraksız tarım uygulamaları yürütülmektedir. Topraksız tarım uygulamalarında bitkilerin ihtiyacı olan besinler sıvılaştırılmış gübreler ile sağlanmaktadır. Bu uygulamalarda bitki kökleri su kültürlerinde yetiştirilebildiği gibi sadece ışık yardımı ile havada da durdurulabilmektedir. Uzayda, su kültürlerinde bitkilerin kökü yetiştirilemeyeceğinden ışık yardımı ile kökler havada tutulmaktadır. Bitkilerin köklerinin ne tarafa uzayacağı uzay mekiğinin hareket doğrultusuna ve ışık kaynağının yönüne bağlıdır. Bitkilerin ihtiyacı olan besinler ise astronotların idrarları ile karşılanmaktadır. Toprağa bağlı tarım uygulamalarında toprağın besin öğeleri açısından zengin olması çok önemlidir. Bunun için toprakta ayrıştırıcı ve dönüştürücü bakteriler olması gerekmektedir. Ancak uzayda oksijen olmadığından bu bakteriler yaşayamaz. Ayrıca bitki kökleriyle simbiyotik¹²⁰ bir ilişki kurarak bitkinin kök sisteminin gelişmesini ve ihtiyacı olan fosfat, nitrojen ve su gibi mikro besin öğelerine ulaşmasını sağlayan mantarlar da bulunmaz.¹²¹

1995 yılında NASA ile Wisconsin Üniversitesinin ortak olarak yürüttüğü bir çalışma ile uzun uzay uçuşları ve uzay kolonileri için uzayda patates yetiştirme denemesi yapılmış ve bu deney başarıyla sonuçlandırılmıştır. Uzay mekiği Columbia'da yetiştirilen patates, uzayda yetiştirilen ilk sebze unvanını kazanmıştır.

Sonradan uluslararası özellik kazanan Sovyetler Birliği yapımı Mir Uzay İstasyonu, bitki yetiştirme konusunda sağladığı olanaklarla araştırmaların çok detaylı bir şekilde yapılmasına

¹¹⁸ Merkezi ABD'nin Kaliforniya eyaletinde bir uzay taşımacılığı şirkettir.

¹¹⁹ ABD'li bir uzay taşımacılığı şirkettir.

¹²⁰ İki canlının tek bir organizma gibi birbirleriyle yardımlaşarak bir arada yaşaması.

¹²¹ Uzayda ve Ay'da Tarım Yapılabilir mi? (<https://evrimagaci.org/uzayda-ve-ayda-tarim-yapilabilir-mi-7873>)

yardımcı olmuştur. 2006 yılında Uzay Kampı Türkiye'yi ziyaret eden ve Amerika'da bilimdeki en önemli 50 kadın listesinde de yer alan Astronot Shannon Lucid, 1996 yılında Mir Uzay İstasyonunda 179 gün boyunca kalmış ve bu sırada SVET-2 isimli laboratuvarında buğday yetiştirilmesi üzerine çalışmıştır.

Sonuçları "Frontiers In Plant Science" dergisinde yayımlanan makaleye göre 2015 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'na yerleştirilen Veggie isimli özel bir bitki üretim alanına Astronot Scott Kelly tarafından ekilen marullar seramik toprak kaplarda 33 ila 56 gün LED ışığı altında yetiştirildi ve marullar bir boru kanalıyla aralıklarla sulanarak 33 gün sonra yenilebilir hale gelmiştir. NASA astronotları Scott Kelly ve Kjell Lindgren ile Japon astronot Kimiya Yui, yerçekimsiz ortamda yetiştirilen marulu tadan ilk insanlar olmuştur.

2016 yılına gelindiğinde, tohumdan bitki yetiştirme ve yetişen bitkiden yeniden tohum alma ile ilgili yapılan bir çalışmada papatyalar ve ayçiçekleri ile aynı familyanın üyesi olan Zinya çiçekleri için bir yetiştirme denemesi de yapılmıştır. Bu çiçekler aynı Dünya'daki gibi yetişmiş, çok güzel renklere sahip birçok çiçek ve birçok sağlıklı tohum vermiştir.

Uzayda bitki yetiştirmek gelecekte kurulacak bir Mars kolonisi için hayati öneme sahiptir. Mars yolculuğunda astronotların kendi bitkilerini kendilerinin yetiştirmesi ve kendi besinlerini üretmesi çok önemlidir. Ayrıca yüksek miktarda demir içeren Mars toprağının tarıma çok elverişli olmaması, önceki hidroponik¹²² olarak tanımlanan farklı yollara başvurulmasına neden olmuştur. Belki de bu yöntem ve çalışmalar, gelecekteki Mars seralarını oluşturacak ve Mars kolonilerine yiyecek sağlamada en önemli rolü üstleneceklerdir.¹²³

¹²² Hidroponik Tarım, topraksız bir ortamda bitki yetiştirmekte kullanılan bir yöntemdir. Bitkiler ihtiyaçları olan besin elementlerini toprak yerine bitkinin ihtiyacı olan minerallerin özel olarak hazırlandığı besin solüsyonundan karşılarlar. Bu nedenle, bitkiler doğal toprak ortamında yaptıkları gibi besin maddelerini bulmaya çalışmak yerine, besin elementlerini kolay bir şekilde doğrudan bu solüsyondan alabilirler.

¹²³Uzayda Tarım Yapılabilir mi? (<https://www.spacecampurkey.com/uzayda-tarim-yapilabilir-mi>)

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dünya'daki kısıtlı kaynaklar ve nüfus artışı göz önüne alındığında, önümüzdeki yıllarda gıda ve su savaşları olması teorileri söz konusu iken; su baskınları, erozyon, küresel ısınma gibi doğal afetlerle tarım arazilerinin imara açılması gibi etkenler karşısında ekilebilir ve tarım yapılabilir verimli arazilerin giderek azalması ülkemizdeki kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Tüm bunlara, tarım sektöründe hem teknolojinin hem de girdi maliyetlerinin yüksek olması ve aynı zamanda enerji ihtiyacının her geçen gün artması da eklenince tarımda dijitalleşme kaçınılmaz olmuştur.

Dünya genelinde tarımda dijitalleşme konusunda çeşitli adımlar atılırken, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) yayınladığı Afrika Bölgesel Gıda Güvenliği ve Beslenme Raporunun 2017 ve 2018 baskılarında, günümüzde hala Afrika'da 256 milyon temiz su ve yeterli gıdaya ulaşamayan aç insan olduğu düşünülmektedir yönünde değerlendirmede bulunmuştur. Bu kötü tablonun yanı sıra, 2015 yılında Uluslararası Uzay İstasyonu'na yerleştirilen özel bir bitki üretim alanına ekilen marullar NASA astronotları tarafından yerçekimsiz ortamda yetiştirilen marulu tadan ilk insanlar olmuştur. Görüldüğü gibi tarım üretiminde gerekli teknoloji kullanımı ile her koşulda üretim sağlanabilmektedir. Bu durum Akıllı Tarım Uygulamalarının önemini artırmaktadır.

Son 10 yılda yapılan birçok uluslararası araştırmada, 21. yüzyıl için üç sektör, stratejik mücadele alanı ön plana çıkmaktadır. Bunlardan ikisinin "Tarım-Gıda ve Su" olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Değişen iklim koşullarında bu tarımsal üretim artışının nasıl sağlanacağı ve nasıl sürdürülebilir kılınacağı günümüzde önemli bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaklaşık 30 yıl sonra dünya nüfusu 10 milyarı aşmış olacaktır. Tarımda daha az kaynakla daha fazla üretimi öğrenebilen ülkeler en güçlü ülkeler arasında yer alacaktır.

Coğrafi konumundan kaynaklanan elverişli koşullar sonucu bin yıllardır Anadolu topraklarında gerçekleştirilen tarımsal üretim faaliyetleri, bu topraklara yerleşmiş bulunan topluluklar için her dönem önemli bir gelir ve geçim kaynağı olmuştur. Ülkemizin insan yaşamına en uygun ılıman kuşakta yer alması, su kaynakları bakımından çevresine göre zengin ve stratejik öneme sahip olması, tarımsal ürün çeşitliliğinin fazla olmasıyla birlikte üretimi yapılan zirai ürünlerin ticaretinin kolaylıkla yapılabilmesi için yine işlek boğazlara sahip olmamızla taçlanmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından açıklanan 2020 yılı ikinci çeyrek büyüme rakamlarında, tarım yüzde 4 büyüme ile birçok sektörün önünde gelişme göstermiştir. Türkiye, 55,1 milyona

ulaşan küçükbaşta Avrupa'da birinci, 18,6 milyona ulaşan büyükbaşta da ikinci sırada yer almıştır.

Ancak,

- Altyapı yetersizliği,
- Mevcut teknolojilerinin yabancı menşeli olmasından kaynaklı kullanım ve maliyet açısından çiftçileri zorlaması,
- Çiftçilerin bilişim okuryazarlığının yetersiz olması,
- Mevcut tarım makinaları parkının oldukça eski olması,
- Toprak örnek veri tabanının bulunmaması ve laboratuvarların merkezi bir bilgi sistemine bağlı olmaması gibi nedenler akıllı tarıma geçiş sürecinde çiftçimizi zorlayan etmenler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle Dünya'da 5G teknolojileri aktif olarak kullanılmaya başlandıktan sonra anılan bu dezavantajlar,

- Çiftçilerimize teknik altyapı ve eğitimin sağlanması,
- E-tarım uygulamalarında standart belirleyici mevzuatların belirlenmesi,
- Alt yapı yatırımlarının mobil operatörler ile yaygınlaştırılması,
- Akıllı tarımın devlet politikası olarak uygulama ve sistemlerin yaygınlaştırılması
- 5G kullanımına yönelik üretilecek tarımsal alet, ekipman ve yerli yazılımların teşviklerle desteklenmesi ile,

avantaja dönüşebilir.

Sonuç olarak, tarım ülkemizde halen kırsal ekonominin temelini oluşturmaktadır. Kırsal alandaki sosyo-ekonomik yapı bilinçlendirildikçe, tarımsal üretimdeki canlılık ve potansiyel daha da artacaktır. Özellikle akıllı tarıma geçiş sürecinde çiftçilerimize gerekli teknik altyapı sağlanarak bu yönde eğitimler, seminerler düzenlenip üreticilerin dijital tarım ekipmanlarını kullanabilir hale gelmeleriyle, akıllı tarım uygulamalarını klasik tarıma tercih edeceklerdir.

Değişen Dünya düzenine ayak uydurabilmek adına akıllı tarım uygulamaları Türk tarımı ve Türk çiftçisi için hayata geçirilmesi kaçınılmaz bir dönemi aralamaktadır.

KAYNAKÇALAR

- Akıllı Tarım Nedir? (Akıllı Tarım Platformu)
<http://www.akillitarim.org/tr/uyelerimiz/ak%C4%B1ll%C4%B1-tar%C4%B1m-nedir.html>
- Rıdvan Karluk, Avrupa Birliği ve Türkiye, Beta Yayınevi, İstanbul 1999, s.157.
- Türkoğlu, E. (2015). Küreselleşme Ve Tarım Sektörü: Türkiye Örneği, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Uluslararası İktisat Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Yaşarlar, Y. (2011). AB Ortak Tarım Politikasına Uyum Sürecinde Türkiye’de Uygulanan Tarım Politikalarının Ekonomiye Etkisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- Altay Topcu, B. (2005). Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası Açısından Türk Tarım Sektörünün Durumu, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Kayseri
- Ovalı, S. (2009). Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası ve Tarım İşletmeleri Muhasebe Veriağı (Fadn) Sistemi’ne Türkiye’nin Uyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Trabzon
- Kılavuz, E., Erdem, İ. (2019). Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları Ve Türk Tarımının Dönüşümü, 133-157
- Demircioğlu Karabıyık, E. (2012). Avrupa Birliği’nin Ortak Tarım Politikası Kapsamında Türkiye’nin Uyumu Ve Ortak Tarım Politikasının Türk Tarım Sektörünün Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Doktora tezi, İstanbul
- Günaydın, G. Tarımda Teknoloji Kullanımı ve Bilişim. Ekonomik Yaklaşım Dergisi, Cilt:20, Sayı:71, Sayfa: 89-108
- On birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Sayfa 87-91
- Tarımda IoT ve Büyük Veri: Geleceğin Sorunlarına Bugünden Çözümler, Tanzer Bilgen CEO, Doktor
- Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Emine Kılavuz, İlhan Erdem Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları Ve Türk Tarımının Dönüşümü 2019, Kayseri
- Yazar, S. (2019). Konteyner Tabanlı Sanallaştırma Yöntemiyle Hassas Tarım Uygulamalarında Ipv6 Adreslemeli ve Düşük Enerjili Kablosuz Sensör Ağı Geliştirilmesi,

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı,
Doktora Tezi

- Tekin, B. A., Demirel, Ç., Örün, Ç. Tarımda Kablosuz Ağlar,
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, (Ankara, 2011), Bilişim Teknolojileri Kablosuz Ağlar
- Terzi, R. & Sağıroğlu, Ş. & Demirezen, U., Büyük Veri Ve Açık Veri: Temel Kavramlar Ş. Sağıroğlu & O. Koç (Der.), Büyük Veri Ve Açık Veri Analitiği: Yöntemler ve Uygulamalar içinde (sayfa 14-21), Ankara
- Yıldız, Ö. R., (2009) Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (CloudComputing) ve Denetim. Sayıştay Dergisi
- Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (CloudComputing) ve Denetim Tavukçuoğlu, İ. C., (2019). Endüstri 4.0 Kapsamında IoT (Nesnelerin İnterneti) Uygulamalarının Müşteri Memnuniyetine Etkisi ve Bir Araştırma, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Pazarlama Bilim Dalı, YL Tezi
- Sedefçi, K., (2018). Endüstri 4.0 Kapsamında IoT (Nesnelerin İnterneti) Uygulamalarının Müşteri Memnuniyetine Etkisi Ve Bir Araştırma. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, YL Tezi
- Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi Cilt:21. Sayı:1. Haziran 2017 ss.41-64
- Civelek, Ç. (2018) Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) ve Tarımda Kullanım Potansiyeli
<http://apelasyon.com/Yazi/998-nesnelerin-interneti-internet-of-things-iot-ve-tarimda-kullanim-potansiyeli?bul=hassas%20tar%C4%B1m>
- Çakan, H (2017) Tarımda 'Hassas' Mıyız?
<http://apelasyon.com/Yazi/591-tarimda-hassas-miyiz#:~:text=Hassas%20tar%C4%B1m%2C%20geli%C5%9Ffen%20teknolojilerin%20tar%C4%B1msal,%C3%B6n%C3%BCnde%20tutan%20tar%C4%B1msal%20uygulamalar%20b%C3%BCt%C3%BCn%C3%BCd%C3%BCr>
- Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ocak,2019, Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0
- Duman B. (2019) International Journal Of 3d Printing Technologies and Digital Industry
https://www.researchgate.net/publication/334234038_ENDUSTRI_40_PERSPEKTIFIN_DE_AKILLI_TARIM_SMART_AGRICULTURE_IN_INDUSTRY_40_PERSPECTIVE
- ÖZGÜVEN, Mehmet Metin Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Kavramları ve Farkları, International Erciyes Agriculture, Animal&FoodSciences Conference Nisan 2019

- İleri, S. Akıllı Tarım Uygulamaları
<http://akillitarim.org/tr/uyelerimiz/ak%C4%B1l%C4%B1-tar%C4%B1m-uygulamalar%C4%B1.html>
- Tarım ve Makine Sanayii Etkileşim Raporu, Mayıs 2020
- Türkiye Tarım Makinaları Sektörü Raporu, 2019
- Yrd. Doç. Dr. Bektaş ÇOLAK, Sera Otomasyon Sistemi, Karabük Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, Doçentlik Tezi
- Nuri Furkan Koçak, Kanatlı Barınma Yerinin Akıllı Telefon ile Uzaktan Kontrolü ve İzlenmesi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, 2018
- Nuri Furkan Koçak, 2018 Kanatlı Barınma Yerinin Akıllı Telefon ile Uzaktan Kontrolü ve İzlenmesi, Ankara Üniversitesi, Elektronik ve Otomasyon Bölümü
- Tarım Arazilerinin Değerlemede Coğrafi Bilgi Sisteminden Yararlanma Olanakları Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2011, Görkem Öztürk Çoşar (Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü), Sait Engin Deniz (Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü)
- Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ocak, 2019, Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 5G ve Ötesi Beyaz Kitap