



## 5G TEKNOLOJİLERİNİN AKILLI TARIM SİSTEMLERİNDE KULLANIMI VE GELECEĞİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

Dilek ÇAKIR<sup>1\*</sup>, Mehmet Serhat ODABAŞ<sup>1</sup>, Gökhan KAYHAN<sup>2</sup>, Recai OKTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı, 55139, Samsun, Türkiye

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, 55139, Samsun, Türkiye

**Özet:** İnsan ihtiyaçlarından ilk sıralarda yer alan beslenme tarımın önemini vurgulamaktadır. Ancak sürekli artan insan popülasyonu ve tarım yapılan alanların azalması tarımda farklı yaklaşımların gerekliliğini zorunlu kılmıştır. Bu gerekçe ile tarım sektöründe yapay zekâ (AI), nesnelerin interneti (IoT) ve mobil internet bağlantıları kullanılarak tarımın ve veriminin artırılması sürdürülebilirliğinin sağlanması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada tarım alanında yapılan yeniliklere 2017 ile 2021 yılları arasında teknoloji açısından yaklaşımları değerlendirilerek Beşinci Nesil Mobil İletişim (5G) teknolojisinin ayırımına varılmaya çalışılmıştır. 5G'nin sağladığı yüksek hızlı veri iletimi sayesinde gerçek zamanlı veri iletimi ile hasat, yabancı ot tespiti, sulama, ilaçlama uygulamalarında daha kapsamlı, doğru ve zaman, maliyet, iş gücü konularında tasarruf edilerek sürdürülebilirliğinin sağlanması ve verimin artırılması öngörülmesi üzerine çalışma yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** 5G, Akıllı tarım sistemleri, Teknoloji, Gelecek


### Evaluation on the Usage and Future of 5G Technologies in Smart Agricultural Systems


**Abstract:** Nutrition, which is one of the first human needs, emphasizes the importance of agriculture. However, the ever-increasing human population and the decrease in agricultural areas necessitated the necessity of different approaches in agriculture. For this reason, research was conducted to improve the sustainability of agriculture and its productivity by using mobile internet connections, the internet of things (IoT), and artificial intelligence (AI) in the agricultural sector. This study attempts to distinguish 5G technology by evaluating the approaches to innovations in the field of agriculture between 2017 and 2021 in terms of technology. Thanks to the high-speed data transmission provided by 5G, a study has been carried out to provide sustainability and increase efficiency by saving time, cost, and labor in a more comprehensive, accurate, and timely manner in harvesting, weed detection, irrigation, and spraying applications with real-time data transmission.


**Keywords:** 5G, Smart agriculture systems, Technology, Future


\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı, 55139, Samsun, Türkiye

E mail: cakir.dilek@gmail.com (D. ÇAKIR)

Dilek ÇAKIR  <https://orcid.org/0000-0002-7024-8285>

Mehmet Serhat ODABAŞ  <https://orcid.org/0000-0002-1863-7566>

Gökhan KAYHAN  <https://orcid.org/0000-0003-3391-0097>

Recai OKTAŞ  <https://orcid.org/0000-0003-3282-3549>

**Gönderi:** 30 Aralık 2021

**Kabul:** 15 Mart 2022

**Yayınlanma:** 01 Nisan 2022

**Received:** December 30, 2021

**Accepted:** March 15, 2022

**Published:** April 01, 2022

**Cite as:** Çakır D, Odabaş MS, Kayhan G, Oktaş R. 2022. Evaluation on the usage and future of 5G technologies in smart agricultural systems. BSJ Eng Sci, 5(2): 81-86.

### 1. Giriş

Tarım, insanoğlunun ana geçim kaynağıdır ve birçok ülkenin ekonomisinde hayati bir rol oynamaktadır. Tarım sadece mahsul üretimi ile ilgili değildir, aynı zamanda besi hayvanı yetiştirmeyi ve gıda, lif ve ilaç sağlamak için araziyi üretim için en iyi haliyle kullanabilmeyi de içermektedir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde ana gelir kaynağı olmakla birlikte sanayi için malzeme sağlayan bir alandır. Dünya nüfusu arttıkça, artan tarım ürünleri ve gıda talebinin karşılanmasında yoğun tarım uygulamaları giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu durum geleneksel tarım olarak bilinen üretim yöntemlerinin yetersiz kaldığına işaret etmektedir. Tarımda yoğun girdi kullanımına dayalı hızlı değişimler, tarımsal üretimin daha az iş gücü ile yapılmasını sağlarken, geleneksel tarımın maruz kaldığı büyük çevresel maliyetlerin de ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Çevre sorunlarının etkisi bölgesel değil küreseldir ve bu durum sosyal ve ekonomik sorunları beraberinde getirmektedir. Doğal kaynakların tahribi ile birlikte tarımsal ürünlerin dış dünyaya bağımlılığı, kırsal alanlardan şehirlere göçü, kırsal sosyal özelliklerin ortadan kalkması, kentsel ve kırsal nüfus arasındaki dengesizliğin artması gibi büyük sorunlar ortaya çıkmaktadır. Geleneksel tarımda öne çıkan bu hususlar, çevreye zarar vermeden gelecek nesiller için teknolojinin kullanılarak tarım yapılmasını zorunlu kılmıştır. Böylece doğal kaynakların yeterli kullanılması, maliyet, zaman ve işgücü gibi alanlar verimli kullanılacaktır.

Dünya tarihine baktığımızda modern tarım 18. yüzyılda başlamıştır. İngiliz Tarım Devrimi olarak bilinen bu yüzyılda tarım kısa sürede önemli ilerlemeler kaydetmiş, verim önemli ölçüde artmış ve daha etkin yöntemler elde edilmiştir. Mahsul miktarını ve verimini artırmak için



dört tarlalı sistemler ve seçici hibridizasyon programları uygulanmıştır. Bunu takip eden ilk tarım devrimi, mekanize tarımın her çiftçiye yeterli ürün üretmesini sağlamıştır ve bu devrim 1900 ile 1930 arasında gerçekleşmiştir. Bu tarım devrimi, arazi yönetimi ve diğer teknolojilerin yanı sıra çeşitli yeni tarım araçlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. 1990'larda ise Yeşil Devrim adı verilen ikinci bir devrim meydana gelmiştir. Bilimsel ilerlemeler sayesinde genetiği değiştirilmiş ürünler, böceklerle dayanıklı ürünler ve daha az su gerektiren ürünler meydana getirilmiştir ki bu genetiği değiştirilmiş mahsullerin neredeyse herkes tarafından kullanılmaya başlanmasına ve daha fazla ürün alınmasına olanak sağlamıştır (Tang ve ark., 2021).

Bu noktada da teknolojinin kullanımı devreye girmiştir. Teknoloji gelişimi diğer alanlarda olduğu gibi tarım sektöründe de yerini almış ve hızla gelişmeye devam etmektedir. Nüfusun sürekli artan talebi ile karşı karşıya kalan teknoloji, tarımsal üretimin gelişme hızını ve verimliliğini artırmak için tarımda vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. İnternetin birçok alanda kullanılması ve "Nesnelerin İnterneti" teriminin yaygınlaşması, Endüstri 4.0 devrimi olarak adlandırılan sanayi devrimini oluşturmuştur (Gökçe ve ark., 2020).

Akıllı tarım, tarımsal ürünlerin verimini ve kalitesini artırmak için günümüz teknolojisini kullanan bir tarım yönetimi kavramıdır. Akıllı tarım teknolojisi için özellikle bilgi ve sermaye çok önemlidir. Akıllı tarım bilgiye dayalı tarımsal üretimdir ve konsepti doğanın heterojenliğini yöneterek üretmektir (Tekin, 2018).

Bu çalışmada tarım alanında yapılan gelişmelere teknoloji açısından yaklaşımları değerlendirilerek Beşinci Nesil Mobil İletişim (5G) teknolojisi ile ne gibi yenilikler ve sağladığı etkiler araştırılmıştır. 5G'nin yüksek hızlı veri iletimi sayesinde gerçek zamanlı veri iletimi ile hasat, yabancı ot tespiti, sulama, ilaçlama uygulamalarında daha kapsamlı, doğru ve zaman, maliyet, iş gücü konularında tasarruf edilerek sürdürülebilirliğin sağlanması ve verimin artırılması öngörülmesi üzerine çalışma yapılmıştır.

## 2. Akıllı Tarımda Kullanılan Teknolojiler

Akıllı tarımda;

- Teknik alanında kullanılacak çeşitli veriler elde etmek,
- Karar destek mekanizmaları oluşturmak ve verileri analiz ederek kendi kararlarını veren sistemler geliştirmek,
- Verilerde yöntem belirlenmesi, çeşitli algoritmalar sayesinde büyük verilerin alınması,
- Analiz ile ekimden tüketime tüm aşamaların takip edilebilmesi, yönlendirilebilmesi,
- Gelecek tahminlerinin yapılması için Şekil 1. de verilen teknolojiler kullanılmaktadır.

### 2.1. Uzaktan ve Yerinde Algılama

GPS (Global Positioning System) ve eşdeğer sistemleri kullanan uydu tabanlı konumlandırma, birçok akıllı

teknoloji uygulamalarına temel sağlamaktadır. Gereklilik konum doğruluğunu sağlamak için ise sinyal güçlendirilmesi yapılmaktadır. Yüksek doğruluğu sağlamak için, çiftçinin makinesindeki alıcının uygun şekilde donatılmasını gerektiren Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) kullanılmaktadır. RTK'nın doğruluğu, baz istasyonuna olan mesafeye orantılı olduğundan, çiftlikte RTK baz istasyonlarının kurulması gerekmektedir (O'Grady ve ark., 2019).



Şekil 1. Akıllı tarımda kullanılan teknolojiler.

Konum doğruluğu, Otomatik Yönlendirme, Verim Monitörleri ve Değişken Oranlı Teknoloji (VRT) için belirleyici olmaktadır. Bu şekilde bir nesnenin boy, genişlik ve yükseklik değerleri ve konumu belirtilebilir.

Hassas tarım teknolojisi uygulamalarında da konum bilgisi gerekmektedir. Bu sistemler konum ve uydu bazında iki ana sisteme ayrılmaktadır. Yer tabanlı sistemde ise alanın köşelerine en az üç verici yerleştirilmektedir. Belirtilen noktalarda yerleştirilen alıcı, vericilerden gelen sinyalleri almakta ve her bir vericiye olan mesafeyi hesaplamaktadır. Alıcının konumu, üç vericinin merkezinden çizilen dairenin kesişim bölgesini oluşturmaktadır (Al-Sammarraie ve ark., 2021).

### 2.2. Veri Analizi

Akıllı tarım uygulamalarında en önemli konularından biride veri toplanmasıdır. Tarım uygulamalarında alınan veriler oldukça fazladır ve bu özellik verinin alınmasında ve işlenmesinde zorluk yaratmaktadır. Ancak veriler ile birçok işlem yapılabilmekte ve kurulacak yöntemlerle faydalar sağlanabilmektedir. Örneğin; tarımsal üretimde, gece ve gündüz dâhil olmak üzere alınan iklim değişikliği, toprak, hastalıklar ve zararlı verilerinin yapılan analizleri sonucunda çiftlik yönetimi metodu kullanılabilir. Ekilebilir tarım yoluyla, tohumlar ekilirken ve ekildikten sonra veri analizleri hassas tarım uygulamaları için de uygulanabilmektedir. Büyüme sürecini etkileyen diğer tarım parametreleri ile birlikte büyüme süreci izlenebilmekte, sensörler aracılığı ile veriler toplanıp kaydedilebilmektedir. Ürünlerin standartları sağladığından emin olmak için kullanılan gübrenin türü, miktarı ve üretime dayalı olarak ihtiyaç duyulan depolama hacmi kontrol edilebilmektedir.

Ayrıca tüketim ve ihracat için mevcut ürünlerin hacmi veri toplama ve veri analizi sayesinde doğru bir şekilde izlenebilmektedir (Elijah ve ark., 2017).

### 2.3. Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemleri, verilerden çıkarım yaparak sonuçların düzenlenmesini destekleyen belirli bir bilgisayarlı bilgi sistemi türü olarak tanımlanmaktadır.

1970'lerin başında, karar destek sistemleri kavramı Scott Morton'un çalışmasını temel almıştır. Bu yöntem, karmaşık ve kötü yapılandırılmış durumlarda Karar Vericileri (DM) desteklemek için stratejik kararları analiz etmek için tasarlanmıştır (Yazdani ve ark., 2017).

Tarımsal anlamda Karar Destek Sistemi ise tarım alanında çalışan bireylere farklı koşullar altında karar vermelerini desteklemek için bir tavsiye listesi sağlamayı amaçlayan, çeşitli kaynaklardan gelen verileri kullanan bir insan-bilgisayar sistemi olarak tanımlanmaktadır (Zhai ve ark., 2020). Ancak Karar Destek Sistemlerinin kullanımında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Kişilerin Karar Destek Sistemini kullanma deneyimine veya bilgisine sahip olmaması, sistemlerin tasarımında tek bir özellik temel alınarak oluşturulması çiftçiye diğer alanlarda kullanacağı başka bir sistemi kullanma durumunda bırakması gibi problemler ortaya çıkarmaktadır (Tyrychtr ve Vostrovsky, 2017).

### 2.4. Uydu İzlemi

Çiftçiler ve teknoloji uzmanları, mahsul verimini artırmak için sürekli olarak çalışmaktadırlar. İnternet tabanlı uydu izlenimleri, üründeki verimi artırma konusunda rehberlik sağlayarak çiftçilere hassas tarım için yardımcı olacağı düşünülmektedir. Uydu izlenimi sayesinde sıcaklık, toprak nemi, su içeriği ve diğerleri gibi önemli veri parametreleri toplanmakta ve uydu ana taşıyıcısı, verilerin işleme merkezinde işlenmesine yardımcı olmaktadır (Routray ve ark., 2019).

Tarım için uydu izlenim sistemlerinin avantajı, kapsamlı verilerin çıkarılmasını sağlayan yüksek uzamsal çözünürlüktür (Shafi ve ark., 2019). Geniş alan görüntüleme de bu yöntemde ele alınmaktadır. Uydu izlenim uygulamasının dezavantajı, maliyetin yüksek olması, uyduların tekrar ziyaret süresi ve hava koşullarına duyarlılığıdır. Kaynakların bitkilere uygun şekilde beslenmesi ile hasadın arttırıldığı hassas tarımda kullanılması çok daha avantajlı olmaktadır. Örneğin, sulama suyunun uydu tabanlı izlenmesi, sürdürülebilir su yönetimi için suyun güvenilir bir şekilde hesaplanması büyük bir öneme sahiptir. Dünya çapında birçok bölgede, sulamanın ölçümü sınırlıdır. Uydu tabanlı çözüm, sulama suyunun izlenmesindeki belirsizlikleri ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Uyduları kullanan uzaktan algılama; düzenleme, planlama ve yönetime yardımcı olan tarımsal su izlemeyi önemli ölçüde iyileştirebileceği düşünülmektedir (Foster ve ark., 2020).

### 2.5. Robotik ve Otomasyon

Tarım alanında kullanılan yeniliklerden birisi de robotik ve otomasyondur. Ancak şuan ki durumda bu teknoloji daha çok geniş ve açık alanlarda yapılan tarımsal faaliyetler için kullanılmaktadır. Bu teknoloji, maliyetli olduğundan geniş tarım arazilerinde otonom biçerdöverler, tohumu eken ve süren şeklinde kullanılmaktadır (Uzun ve ark., 2018).

Tarım alanında kullanılan robotik ve otomasyon, ekimden önce arazi hazırlığı, ekim/dikim, bitki işleme, hasat ve verim tahmini ve fenotipleme alanlarında etkin olarak kullanılmaktadır (Oliveira ve ark., 2021).

### 3. 5G Teknolojisi Nedir?

5G teknolojisi, modern tarımın akıllı ve hassas gelişimini desteklemekle birlikte tarım ürünlerinin araştırılması ve geliştirilmesinde ve tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde ve üretilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. 4G ağı ile karşılaştırıldığında, 5G ağı teknolojisi, orijinal kablosuz iletimde mevcut sorunları etkin bir şekilde çözebilen daha hızlı bilgi yayma hızına ve daha kaliteli bilgi yayma özelliğine sahiptir. Bu teknolojiyi tarımsal Nesnelere İnterneti ile birleştiren 5G teknolojisi, tarımsal ekim ve kırsal ekonomik kalkınmanın yönünü belirleyecek ve değiştirecektir (Uddin ve ark., 2021).

5G teknolojisi sadece tarımsal ekimin üretkenliğini ve kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda tüm kırsal ekonominin sürdürülebilir ve istikrarlı gelişimine de katkıda bulunmaktadır. Örneğin sulama sistemlerinde sensörlerden gelen verilere dayanarak mahsullerin su talebini tahmin edebilmesi amaçlanmaktadır. Suyun hacmi ve miktarı, sulamanın yeri ve zamanı akıllı bir sistemle belirlendiğinde hem ürün için hem de kullanılacak su miktarının ölçülü kullanılması birçok fayda sağlayacaktır. Toprakta ise hangi besin maddelerine ihtiyaç olduğu, ne kadar gübre kullanılması gerektiği ve gerekli besin maddelerini sağlamak için gübreleme yöntemlerinin ideal uygulamaları yapılabilecektir. Tarım ile uğraşan kişilerin karar verme konusunda veriler ile gerçekçi ve doğru uygulamalar yapılacaktır.

5G kullanımı ile tarımda israf, maliyet ve kaynak tüketimini en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Sürücü gerektirmeyen araçlar ile delme, tohumlama ve püskürtme sürecini uzaktan kontrol edebilmektedir. Ayrıca havadan ürün takibi şu an için oldukça maliyetli olmasına karşın geliştirilecek yeni sensörler ve teknolojiler ile drone'lar aracılığıyla maliyetin düşmesi ve daha ekonomik çözümler üretilmesi beklenmektedir (Kitouni ve ark., 2018). Ancak bununla birlikte 5G teknolojisinin kullanımında bazı olumsuz durumlarda oluşabilmesi muhtemeldir. 5G teknolojisinin ekonomik koşullar olumsuz etkisi üretim faaliyetlerinin daha sıkı takibi ile gelecektir. Weerasinghe ve Ruwanpura (2009) yaptıkları çalışmada işçilerinin gerçek-zamanlı performans ölçümünü detaylı bir şekilde takip edebilmek için termal görüntüleme ve ses kayıt sistemi önermişlerdir. Bu sistemin işçilerin sadece çalışıp çalışmadıklarını değil aynı zamanda ne tür aktivitelerle ilgilendiklerini de takip eden farklı bir yöntem önerilmiştir (Joshua ve Varghese, 2014). Çalışanların takibi ve bilgisayarlar yardımıyla atılan her adımın uzaktan canlı olarak izlenebilmesi gibi 5G ile yaygınlaşacak önlemler gözetimde kötü kullanımlara zemin hazırlayacaktır (Haar ve ark., 2016). 5G teknolojisi hiç kuşkusuz insanlığın her alanda ilerlemesine yardımcı olacaktır. Başta tarım, sağlık ve ulaşım gibi çok önemli alanlarda eski teknoloji ile zamanında önlenemeyecek zararların önüne bu teknoloji ile geçilebilecektir (Campbell ve ark., 2017; Rao ve Prasad, 2018).

### 3.1. 5G Teknolojisinin Kullanıldığı Alanlar

Dördüncü nesil mobil iletişimi takip eden yeni nesil mobil iletişim sistemi olan 5G, 2017 'de oluşturulmasına rağmen 2020 yılında hizmete girmiş bulunmaktadır. 4G ile karşılaştırıldığında, 5G büyük bilgi iletimini karşılayabilecek daha yüksek spektrum kullanımına ve iletim hızına sahiptir. 5G avantajlarından biri yüksek kaynak kullanım oranıdır. İkinci ise sistemin daha verimli olmasıdır (Andrews ve ark., 2014).

5G mobil iletişim sisteminin 7 temel teknolojisi bulunmaktadır. Bu teknolojiler;

- Büyük ölçekli anten dizileri,
- Filtre bankalarına dayalı çoklu taşıyıcı teknolojisi,
- Tam çift yönlü çoğullama teknolojisi,
- Ultra yoğun ağlar,
- Kendi kendini organize eden ağlar,
- Yazılım tanımlı ağlar,
- İçerik dağıtım ağlarından oluşmaktadır.

Bunlar arasında, büyük ölçekli anten dizisi teknolojisinin rolü, bilgi iletiminin güvenliğini ve güvenilirliğini ve sistem spektrum kaynaklarının kullanımının verimliliğini artırmaktır. Sinyal iletime dış parazitleri büyük ölçüde azaltmak için çoklu anten, yüksek performans ve yüksek çözünürlük özelliklerini kullanmaktadır.

Ayrıca iletim gücünü azaltabilir ve iletimi daha güvenilir hale getirebilmektedir. Aynı zamanda kablosuz iletim kapasitesini ve spektrum kullanımını önemli ölçüde artırmaktadır. Esas olarak çoklu taşıyıcı teknolojisini benimsemektedir. Bu nedenle, uygulama karmaşıklığı düşüktür ve geçici olarak kullanılmayan boş spektrum kaynaklarının esnek kullanımı gerçekleştirilebilmektedir. Tam çift yönlü çoğullama teknolojisinin uygulanması, spektrum verimliliğini etkili bir şekilde artırılabilir ve zaman gecikmesini azaltabilmektedir. 5G çağında, ultra yoğun ağlar, ağ düğümleri ve terminal ekipmanı arasındaki mesafeyi kısaltmakta ve ağ sisteminin kapasitesini, iletişim verimliliğini ve spektrum verimliliğini artırmaktadır. Kendi kendini organize eden ağlar, 5G sayesinde kritik teknoloji olan ağ zekâsını geliştirmektedir.

Yazılım tanımlı ağ oluşturma, 5G sisteminde farklı operatörlerin aynı ağ ekipmanını kontrol edebilmesi, altyapı paylaşımını gerçekleştirebilmesi ve işletim maliyetlerini ve ağ yönetimi zorluklarını büyük ölçüde azaltılabilir anlamına gelmektedir.

İçerik dağıtım ağı ise önbellek sunucularını kullanmaktadır bu nedenle kullanıcının kapsamlı bilgilerini birleştirebilir ve kullanıcının isteğini kullanıcıya en yakın ağ noktasına yönlendirebilmektedir. Bu şekilde, gerekli kaynaklar yakınlardan elde edilebilmekte ve büyük ağ karmaşıklığından, ağır sunucu yükünden ve ağ tıkanıklığından kaynaklanan yavaşlık, düşük hizmet kalitesi sorunları çözümlenmektedir (Li ve Li, 2020).

### 3.2. Hassas Tarım Uygulamalarında 5G Kullanımı

Hassas tarım, son yıllarda ortaya atılan bir tarımsal kalkınma kavramıdır. Temelinde bilgi teknolojisinin kullanımına dayanmakla birlikte tarımsal çıktı ve geliri

artırmak, zararlıların ve hastalıkların neden olduğu ekinlere verilen zarar azaltmak için bir dizi modern tarım teknolojisi ve yönetim sistemini içermektedir. 5G teknolojisinde yüksek hızlı, düşük gecikmeli ve geniş bant etkin noktalarının kullanılması, tarımsal üretimin daha doğru ve akıllı denetimini sağlayabilmekte ve neticesinde yüksek verimli ve kaliteli üretim yapılabilmektedir.

Tarımsal üretimde, 5G teknolojisi, tarımsal IoT ile mahsul büyüme bilgilerinin toplanmasını ve büyüme ortamının izlenmesini sağlamak ve bilgileri kesin bir tarımsal üretim planı oluşturmak için işleyebilmektedir. Nesnelerin İnternetinin kullanımı ile hassas tarım bağlantılarını ve çok sayıda küçük veri paketlerinin iletimi gerçekleştirilebilmektedir. Çoğu IoT cihazı, dağlar ve ormanlar gibi sinyallere ulaşmanın son derece zor olduğu yerlere kurulmaktadır. Bu uygulama daha güçlü kapsama alanına, esnekliğe ve ölçeklenebilirliğe sahip teknik donanım gerektirmektedir. 5G teknolojisi bu durum çözülebilmektedir. Çözümlerin yanı sıra genel maliyet ve genel gecikme sürelerini de azaltmaktadır.

5G teknolojileri, hassas tarımın uygulanmasında tarımsal koşulların izlenmesi, seçilmesi değerlendirilmesinde rol oynamaktadır. Bu bağlamda düşük güç tüketimi, büyük bağlantılar ve güçlü patlamalar ile karakterize edilen büyük ve küçük veri paketlerini içerir (Su ve Wang, 2021).

Tarımsal üretimde düşük güç tüketimi ve büyük bağlantı sahnesini hedefleyen, yeni çoklu taşıyıcı teknolojisinin ve yeni çoklu erişim teknolojisinin kullanımı, daha geniş bir aralık, daha büyük miktar ve daha yüksek gereksinimlerle hassas tarımın gelişimini gerçekleştirmektedir. 5G teknolojisi ve ağ ekipmanı, yalnızca güçlü bağlantı yoğunluğu desteği sağlamakla kalmayıp aynı zamanda her bir terminalin enerji tüketimini ve maliyetini azaltan 100 milyardan fazla cihazı bağlayabilmektedir.

Genel olarak, 5G teknolojisinin tarımda ve kırsal alanlarda uygulanması, hassas tarımın geniş ölçekli bağlantı senaryosunda yüksek hız, düşük gecikme süresi, bağlantı sayısı ve enerji verimliliği göstergelerini karşılamaktadır. Ek olarak, yeni bağlantı yönetimi ve lokasyondan bağımsızlığı sayesinde 5G teknolojisi, düşük veri işleme verimliliği ve yüksek enerji yükü sorunlarından kaçınarak daha düşük güç tüketimi ile büyük bağlantılar elde edebilmektedir.

Gelecekte, yeni bir 5G mobil ağ mimarisinin tasarımı ve uygulanması, kullanıcı merkezli kablosuz erişimi gerçekleştirebilmektedir. İsteğe bağlı ağı yeniden yapılandırması ve ağ kapasitesi geliştirme gibi yeni teknolojiler, tarımsal alanda yapılacak tüm işlemler için de uygulanabilmektedir.

## 4. Tarımın Geleceği

Tarım teknolojisi uygulamalarına geçiş sadece maliyetleri en aza indirerek karlılığı artırmakla kalmaz, aynı zamanda tarımın çevre üzerindeki etkisinin de azalmasına yardımcı olmaktadır. Akıllı tarım içeriğinde

bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullandığı akıllı tarım uygulamaları ile tarımsal verimliliğin maksimize edilmesi konuları yer almaktadır. Veri toplayıcı ve akıllı sistemin çeşitli bölümleri koordineli olarak çalıştığı için sistem yöneticisinin etkin bir şekilde çalışıp müdahale edebilmesi gerekmektedir.

Kılavuz ve Erdem (2019) yaptıkları çalışmada Nesnelerin İnterneti (IoT) ve 5G teknolojisi aracılığıyla verimliliği ve üretkenliği en üst düzeye çıkarmak için çiftlikteki tüm makineler/hayvanlar akıllı sistemlerle donatılması gerektiğini belirtmişlerdir. Çiftlikle bütünleşen bir sistem, üretim için gerekli tüm faktörleri analiz ederek raporda üreticilere uygun koşulları sağlamaktadır. Bu sayede üreticiler, ihtiyaç duydukları bilgilere anında erişebilmekte ve gerektiğinde cep telefonları/tabletleri ve diğer cihazlar aracılığıyla uzaktan müdahale etme imkânına sahip olmaktadır. Bu şekilde ki bir kullanımın ülke ekonomisine katkısının 2020'lerde %20 olduğu önümüzdeki yıllarda ise daha da artacağı belirtilmektedir. Tarımın getirdiği ekonomik büyümeye ek olarak enerji maliyetlerinin ve su kullanım oranlarının da önemli ölçüde düşeceği söylenmektedir. Akıllı tarımdaki önemli gelişmeler arasında ucuz ve gelişmiş sensörler, düşük maliyetli mikroişlemciler, yüksek bant genişliğine sahip hücreli iletişim ve bulut tabanlı sistemler gibi donanımsal sistemler mevcut olduğu ortaya konulmuştur.

Akıllı tarım kavramı ile bilgi ve iletişim teknolojisi kullanımı ve uygulamaların yaygınlaşması sonucu takip edilebilen bir tarım sistemi uygulanmaktadır. Takip edilen tarım sistemi ile toprak ve ürün teknolojilerinin kullanılmasında artma, ekolojik ayak izinin azalması, denetim mekanizmalarının artması ve tarımda verimliliği maksimum hale gelmesi beklenmektedir.

### 5. Sonuçlar

Akıllı tarım, tarımsal üretime yönelik verileri ve uygulamaları optimize etmek için, güncellenebilen bilgilerin hızla analiz edildiği, kaynaklardan maksimum düzeyde faydalanılan, kullanıcılar tarafından eyleme geçirilebilir kararların uygulandığı gelişmiş üretim yönetim yaklaşımıdır. Tarımsal üretim verilerinden değer elde etme potansiyeli bilgi ve iletişim teknolojisi ile gerçekleştirilebilmektedir. Merkezi olmayan güvenilir veri kaynakları sayesinde elde edilen bilgiler, tarımsal üretim sürecindeki katılımcılar tarafından paylaşılacak ve kırsal alanlarda üretim verimliliğini artıracak uygulamalar formüle etmelerini sağlayacaktır.

Telekomünikasyon alanında ki evrim, Dünyayı, telekomünikasyon ağı altyapısında ve kullanılan teknolojilerde derin değişikliklerle karakterize edilen Beşinci Nesil Mobil İletişim (5G)'ye götürmektedir. 5G'nin, farklı performans gereksinimleri ve daha fazla sayıda uygulama ve kullanım senaryosu daha fazla sayıda kullanıcıyı/cihazı desteklemesi gerekmektedir. Bazı durumlarda 5G için ihtiyaç olan altyapı, büyük verilerin iletimi ve analizi konularında bazı problemler ortaya çıkmaktadır. 5G uygulamasının var olan alt yapı ve

imkânlarından dolayı şehir merkezlerine kurulması daha kolay olabileceken kırsal alanlarda geniş veya dar alanlarda ki alt yapının sağlanması maliyetli olmaktadır. Ayrıca kesintisiz iletişim için okyanus, deniz gibi alanlarında bu hatlara dâhil edileceği düşünüldüğünde yüksek maliyet yanında dayanıklılık ve kalıcılıkta karşılaşılan diğer önemli problemleri oluşturmaktadır. Bunun için de diğer teknolojik alanlarda ki gelişmeler tarım alanına uygulanmaktadır. İnsansız Hava Araçları geniş kapsama alanı, kullanılabilirlik ve esneklik sağladıklarından IoT, 5G ekosistemindeki uydu entegrasyonundan, kapsama alanı genişletmesinin ve bu nesnelerin sunabileceği mevcut bant genişliğinin artmasının ötesinde birçok yönden yararlanabilir. İnsansız hava araçları ve belki de gelecekte uydular hizmetin önemli bir parçası olabilir. Örneğin, kapalı alanlarda bulunan sensörlerinden veri toplayıp 5G ağı üzerinden internete bağlı yetkili kullanıcılara ileten ağ geçitleri olarak hareket edecek şekilde uygun şekilde donatılabilirler. Konumları ve hareket yolları, IoT cihazlarının kapsanacak alana nasıl dağıtıldığına ve oluşturulan verinin miktarına ve periyodikliğine bağlı olarak isteğe bağlı olarak ayarlanabilir, özelleştirilebilir bir çözüm sunar ve ayrıca altyapı maliyetini düşürebilir.

### Katkı Oranı Beyanı

Tüm yazarlar eşit oranda katkı payına sahiptir ve tüm yazarlar makaleyi inceledi ve onayladı.

### Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

### Kaynaklar

- Al-Sammarraie MAJ, Ali AA, Hussein NM. 2021. New irrigation techniques for precision agriculture: A Review. *Plant Archives*, 21(1): 1734-1740.
- Andrews JG, Buzzi S, Choi W, Hanly SV, Lozano A, Soong AC, Zhang JC. 2014. What will 5G be? *IEEE J Commun*, 32(6): 1065-1082.
- Campbell K, Diffley J, Flanagan B, Morelli B, O'Neil B, Sideco F. 2017. The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy. *IHS Econ IHS Technol*, 4: 16.
- Elijah O, Orikumhi I, Rahman TA, Babale SA, Orakwue SI. 2017. Enabling smart agriculture in Nigeria: Application of IoT and data analytics. *IEEE 3rd International Conference on Electro-Technology for National Development (NIGERCON)*, 7-10 Nov. 2017. DOI: 0.1109/NIGERCON.2017.8281944.
- Foster T, Mieno T, Brozović N. 2020. Satellite-based monitoring of irrigation water use: assessing measurement errors and their implications for agricultural water management policy. *Water Res Res*, 56(11): e2020WR028378.
- Gökçe G, Goncu S, Bozkurt S. 2020. Endüstri 4.0 ve hayvancılık. *Uluslararası Anadolu Ziraat Müh Bil Derg*, 2(3): 21-26.
- Haar JM, de Fluiter A, Brougham D. 2016. Abusive supervision and turnover intentions: The mediating role of perceived organisational support. *J Manag Organizat*, 22(2): 139-153.
- Joshua L, Varghese K. 2014. Automated recognition of construction labour activity using accelerometers in field situations. *Int J Product Perform Manag*, 67(3): 841-862.
- Kılavuz E, Erdem İ. 2019. Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve

- Türk tarımının dönüşümü. *Soc Sci*, 14(4): 133-157.
- Kitouni I, Benmerzoug D, Lezzar F. 2018. Smart agricultural enterprise system based on integration of internet of things and agent technology. *J Organiz End User Comput*, 30(4): 64-82.
- Li T, Li D. 2020. Prospects for the application of 5G technology in agriculture and rural areas. 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE), December 25-27, 2020, Harbin, China, pp: 2176-2179.
- O'Grady MJ, Langton D, O'Hare GMP. 2019. Edge computing: A tractable model for smart agriculture? *Artificial Intell Agri*, 3: 42-51. DOI: 10.1016/j.aiia.2019.12.001.
- Oliveira LF, Moreira AP, Silva MF. 2021. Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead. *Robotics*, 10(2): 52.
- Rao SK, Prasad R. 2018. Impact of 5G technologies on industry 4.0. *Wireless Pers Commun*, 100(1): 145-159.
- Routray SK, Tengshe R, Javali A, Sarkar S, Sharma L, Ghosh AD. 2019. Satellite based iot for mission critical applications. International Conference on Data Science and Communication (IconDSC), March 1-2, 2019, angalore, India, DOI: 10.1109/IconDSC.2019.8817030.
- Shafi U, Mumtaz R, García-Nieto J, Hassan SA, Zaidi SAR, Iqbal N. 2019. Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. *Sensors*, 19(17): 3796.
- Su Y, Wang X. 2021. Innovation of agricultural economic management in the process of constructing smart agriculture by big data. *Sust Comput Infor Syst*, 31: 100579.
- Tang Y, Dananjayan S, Hou C, Guo Q, Luo S, He Y. 2021. A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities. *Comp Elect Agri*, 180: 105895.
- Tekin A. 2018. Tarımsal üretimin geleceği: akıllı tarım. *Türktob Derg*, (26): 26-27.
- Tyrychtr J, Vostrovsky V. 2017. The current state of the issue of information needs and dispositions among small Czech farms. *Agri Econ*, 63(4): 164-174.
- Uddin MA, Ayaz M, Mansour A, Sharif Z, Razzak I. 2021. Cloud-connected flying edge computing for smart agriculture. *Peer-to-Peer Networking Appl*, 14: 3405-3415
- Uzun Y, Bilban M, Arıkan A. 2018. Hassas tarım ve kırsal kalkınmada yapay zekâ kullanımı. VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, KOPBKS 26-28 Ekim 2018, Konya, Turkey, pp: 68.
- Weerasinghe IPT, Ruwanpura JY. 2009. Automated data acquisition system to assess construction worker performance. *Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future*, April 5-7, 2009, Seattle, Washington, US, DOI: 10.1061/41020(339)7.
- Yazdani M, Zarate P, Coulibaly A, Zavadskas EK. 2017. A group decision making support system in logistics and supply chain management. *Expert Syst Appl*, 88: 376-392.
- Zhai Z, Martínez JF, Beltran V, Martínez NL. 2020. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Comp Elect Agri*, 170: 105256.