

**EKONOMİK BÜYÜME VE AKILLI TARIM:
TÜRKİYE'DEN VE DÜNYADAN ÖRNEKLER**

*ECONOMIC GROWTH AND SMART FARMING:
EXAMPLES FROM TÜRKİYE AND THE WORLD*

Dr. Ahmet BAĞCI

EKONOMİK BÜYÜME VE AKILLI TARIM: DÜNYADAN VE TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER

Dr. Ahmet BAĞCI¹

*Avrupa Birliği Nezdinde Türkiye Cumhuriyeti Daimi Temsilciliği
Çevre ve Şehircilik Müşaviri*

Özet

Tarım, bütün ülkeler için oldukça kritik bir öneme sahiptir. Giderek artan dünya nüfusu, kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesi, iklim değişikliği, ülkeler arasındaki siyasi gerilimler, salgın hastalıklar gibi gelişmeler gıda sektörünü ciddi oranda etkilemeye başlamıştır. Bu hususlar, sanayi ve hizmet sektörlerinin arkasında kalan tarımın ön plana çıkmasına neden olmuştur. Teknolojik faaliyetler dünyadaki birçok gelişmeleri olduğu gibi tarımsal gelişmeleri de etkilemektedir. Özellikle Endüstri 4.0 ile birlikte tarım sektöründe teknolojik gelişmeler gözle görülür bir şekilde yaşanmaya başlamıştır. Küçük alanlardan daha yüksek oranda verim ve çeşitlilik elde etmek amacıyla ülkeler, teknolojiyi tarım alanına yüksek oranda entegre etmeye başlamıştır. Nesnelerin interneti aracılığıyla analiz, veri toplama, geleceğe yönelik tahminler, verimlilik ve üretkenlikte artış konularında oldukça kapsamlı etkiler söz konusudur. Bu makale akıllı tarımın etkilerini ve önemini örnekleriyle birlikte tartışmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin 10 Kasım 2021 yılında Paris Anlaşmasının taraf olması ve AB Yeşil Mutabakat ilkeleri nedeniyle izlenebilir tarımsal üretim süreci için tarım teknolojilerinin kullanımı ve özellikle zirai ilaç gibi kimyasal ürünlerin kullanımının doğru bir şekilde kullanımı ön plana çıkmıştır. Dünya çapında verilen örneklerle beraber, akıllı tarım yöntemleriyle birlikte nispeten daha küçük tarım alanlarında daha yüksek verimlilik ve kâr edilebileceği ortaya konmuştur. Buna ek olarak, topraksız tarım yöntemleri, insansız hava aracı ile ilaçlama gibi çözümlerin testlerinin ve akıllı tarımın bazı örneklerinin Türkiye'de de uygulanmaya başladığı belirtilmektedir. Sonuç olarak, çeşitli zor hususlarına rağmen, akıllı tarım uygulamaları aracılığıyla ciddi oranda kâr ve verimlilik elde edildiği vurgulanmaktadır. Bu uygulamaların sağladığı katkılar ile birlikte ülkelerin hasıllarında da artışlar görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, tarım alanındaki teknolojik gelişmelerin ekonomik büyümeye olan etkisinden bahsettikten sonra bu alandaki teknolojileri ve uygulamaları örnekleriyle beraber açıklamaktır.

Anahtar Kelimeler

Ekonomik büyüme, Akıllı tarım, Nesnelerin interneti, Tarımsal teknoloji, Yeşil mutabakat

¹ ahmetbagci81[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-2029-6641

ECONOMIC GROWTH AND SMART FARMING: EXAMPLES FROM THE WORLD AND TÜRKİYE

Dr. Ahmet BAĞCIⁱⁱ

*Counsellor for Environment and Urbanization at the Permanent Mission of the Republic of Türkiye to
European Union*

Abstract

Agriculture is of critical importance for all countries. Developments such as the increasing world population, rapid consumption of resources, climate change, political tensions between countries and epidemics have begun to seriously affect the food sector. These issues have led to the foreground of agriculture, which lagged behind by industry and service sectors. Technological activities affect many developments in the world, as well as agricultural developments. Especially with Industry 4.0, technological developments in the agricultural sector have started to be experienced visibly. In order to obtain higher yield and diversity from small areas, countries have begun to integrate technology into the agricultural field at a high rate. The IoT has far-reaching implications for analysis, data collection, forecasting, and increased efficiency and productivity. This article discusses the effects and importance of smart agriculture with examples. In addition, due to the fact that Türkiye became a party to the Paris Agreement on November 10, 2021 and the EU Green Deal principles, the use of agricultural technologies for the traceable agricultural production process and the correct use of chemical products such as pesticides came to the fore. Along with the examples given around the world, it has been demonstrated that higher productivity and profit can be achieved in relatively small agricultural areas with smart farming methods. In addition, it is stated that the tests of solutions such as soilless farming methods, spraying with unmanned aerial vehicles and some examples of smart agriculture have started to be implemented in Türkiye. As a result, it is emphasized that despite various difficult issues, significant profits and productivity are achieved through smart farming practices. Along with the contributions of these applications, there is an increase in GDP of the countries. The aim of this study is to explain the technologies and applications in this field with examples after mentioning the effect of technological developments in agriculture on economic growth.

Keywords

Economic growth, Smart agriculture, The internet of things, Agricultural technology, Green deal

ⁱⁱ ahmetbagci81[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-2029-6641

1. Giriş

Günümüzde, bir milyar insan yeterli bir şekilde beslenememektedir. Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2015 yılında yayınlamış olduğu rapora göre gelecekte 2050 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun 9,7 milyar kişi olacağı öngörülmektedir ve bu nüfusu besleyebilmek için dünyanın tarımsal üretimde en az %70'lik bir artış gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tarım arazilerinin azalması, köyden kente göçün hızla artması düşünüldüğünde bu artışı yalnızca tarımda verimliliği yani birim alandan elde edilen tarımsal üretimin artırılarak gerçekleştirilebilir. Tarımda verimliliği arttırabilmek için teknolojiyi tarımla entegre etmek gerekmektedir. Tarım teknolojileri denilince akla gelen kavramlardan birisi de akıllı tarımdır.

Akıllı Tarım (Hassas Tarım) ya da Tarım 4.0, Endüstri 4.0'da olduğu gibi üretimin dijital hale gelmesini ifade etmektedir. Dolayısıyla bu süreçle birlikte üretimde daha az girdiyle (su, gübre, yakıt, ilaç gibi) daha fazla çıktı elde edilmesi mümkün olabilecektir. Yani, Akıllı tarım teknolojileri (Hassas tarım), toprak işlemeden hasada kadar bitkisel üretimin hemen her döneminde kullanılabilir. Tarım arazilerinde toprak analizi, toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama, ürün koşullarını izleme ve hasat işlemlerinin geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemleri kullanarak daha az girdi kullanımı ile daha çok ürün elde etmeyi hedefleyen tekniklerdir.

Akıllı tarım teknolojileri tarımda genel olarak;

- Gübre ve ilaç gibi kimyasal giderlerinin azaltılarak aynı arazi üzerinde bölgesel olarak değişken oranlı uygulamalar yapılması,
- Aşırı girdi kullanarak toprağa ve havaya karışan zararlı kimyasalları en aza indirerek çevre kirliliğini azaltmak,
- Yüksek miktarda ve kaliteli ürün sağlanması,
- İş gücü kolaylığı sağlamak,
- Enerji masraflarını azaltmak,
- İşletme için en doğru kararların hızlı ve etkin bir şekilde uygulanması ve
- Tarımda kayıt düzeninin oluşturularak ekonomik dalgalanmaların önüne geçilmesini hedeflemektedir.

Akıllı tarım teknolojilerinin hem Türkiye'de hem de dünyada daha çok yaygınlaşması için geliştirilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bu hususların başında yaş ortalaması yüksek olan çiftçilerimizin teknoloji yeterliliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde kullanılan tarımsal ekipmanların çoğunun dijital teknoloji bakımından yeterlilik seviyesi düşüktür. Bu ekipmanların daha dijital teknoloji ile daha uyumlu hale getirilmesi veya ekonomik ömrünü tamamlayan ekipmanların yenilenmesi gerekmektedir. Bazı kırsal bölgelerde iletişim ve teknoloji alt yapısının geliştirilmesi gerekmektedir. Son olarak tarımsal verilerin güvenli bir şekilde büyük bir havuzda toplanması ve bu bilgilerin analizlerinin yapılarak tarımsal ekipman üreticilerine sunulması gerekmektedir. Bu hususların geliştirilmesi halinde hem dünyada hem de Türkiye'de akıllı tarım teknolojileri yaygınlaşarak üretimde yüksek miktarlarda verimlilik sağlanacaktır.

2. Ekonomik Büyüme Teorileri

Ekonomik büyüme, bir ülkenin bir yıl içinde üretim kapasitesinde veya reel GSYH'de görülen ve sayısal olarak ölçülebilen reel artışlardır. Hükümetlerin en önemli iktisat politikası hedeflerinden birisi olan ekonomik büyüme, GSYH'nin bir önceki döneme göre

artışı ile ölçülmektedir. Başka bir ifadeyle ekonomik büyüme, üretim kapasitesinin artması, daha fazla mal ve hizmet üretilmesi anlamına gelmektedir. Ülkelerin ekonomik büyüme hızı, sahip oldukları kaynaklara ve çeşitli faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir (Agwu, 2015, s. 487). Büyüme kavramı, geleneksel büyüme teorileri ile modern ve güncel teorilerde farklı şekillerde ele alınmaktadır. Ekonomik büyüme sadece bir ülkede meydana gelen milli hasılda ya da kişi başına düşen gelirdeki niceliksel artışları ifade etmesine rağmen kalkınma bu artışlarla birlikte sosyal, siyasal ve kültürel alanlardaki iyileşmeleri de kapsamaktadır.

Ekonomik büyüme ve faktörleri konusu Merkantilistlerden günümüze kadar birçok iktisat okulu ve düşünürün önem verdiği bir konudur. Merkantilistler, büyümeyi ülkenin sahip olduğu değerli madenlerle ölçtüklerinden dolayı dış ticaret fazlasıyla değerli maden stokunu artırmayı hedeflemektedirler. Fizyokratlar, ekonomik büyüme için gerekli sermaye birikiminin temel kaynağını tarım sektörünün oluşturduğunu ifade etmektedirler (Müller, 1978, s. 150-154). Fizyokratlar, artan hükümet borcunun, müreffeh bir vergi toplayan ve ayrıcalıklı tekelciler sınıfını koruyarak, özellikle tarımda, üretken kaynakların büyümesini boğduğunu öne sürerek vergi politikası konusunda bir tavır aldılar (Gleicher, 1982, s. 357). Ticaret sistemi olarak da bilinen ve bir ülkenin ekonomisini canlandırmak için tarım sistemini önceleyen merkantilist sisteme karşı çıktılar (Yong, 1994, s. 5).

Klasik iktisatçılar büyümeyi sermaye birikimi, nüfus artışı, iş bölümü ve teknolojik gelişme ile açıklamaktadırlar. Klasik iktisat teorisine göre ekonomik büyümenin temel kaynağı olan sermaye birikimi ise tasarruflar ile açıklanmaktadır (Brewer, 2010, s. 4). Klasik iktisadın öncülerinden olan A. Smith, ekonomik büyümenin en önemli kaynaklarından birisinin ekonomik faaliyetlerdeki uzmanlaşma olduğunu ifade etmektedir. Smith'e göre sermaye birikimi de büyüme için önemli faktörlerden birisidir. Sermaye birikiminin kaynağının ise kar ve tasarruflar olduğunu ileri sürülmektedir (Berber, 2006, s. 59). Ancak modern büyüme teorisinin hareket noktasını Ramsey'in (1928) "A Mathematical Theory of Saving" adlı klasik makalesi oluşturmaktadır. Hane halklarının zaman içinde tüketim fonksiyonlarından hareket ederek büyüme teorisini açıklamaktadır (Ramsey, 1928, s. 543-559).

Keynesyen iktisat büyümeyi yatırım, tüketim ve tasarruf kararları ile birlikte ele almaktadır. Keynes'e göre yatırım harcamaları gelir düzeyini artırmakta ve gelir düzeyinin artmasıyla birlikte tasarruf düzeyi yükselmektedir. Tabii ki tasarruf düzeyinin artması yatırımlar vasıtasıyla sermaye stoğuna yükselteceğinden büyüme olumlu etkilenecektir. Bir başka ifadeyle istenilen büyüme düzeyine ulaşılabilmesi için tasarruf-yatırım eşitliği sağlanmalıdır (Berber, 2006, s. 103-104). Harrod (1947) ve Domar (1959) büyüme modelleri esas olarak Keynesyen analizlere dayanmakla birlikte büyümeyi tasarruf ve sermaye birikimi ile açıklamaktadır. Bu modele göre büyümenin devamı için sürekli net yatırımların yapılması gerekmektedir. Ancak yatırımlar sonucu yaşanan çıktı artışı talep ile dengelenmediği zaman süreç kesintiye uğrayacaktır. Yani kısaca yatırım-tasarruf ve arz-talep dengesinin sağlandığı durumlarda büyüme süreci uzun dönemde istikrarlı bir şekilde devam edecektir (Acemoglu, 2007, s. 25,73; Agwu, 2015, s. 487-488; Snowdown ve Vane, 2005, s. 600-601).

Neo-klasik modele önemli katkıları olan Solow (1956) nüfus artış hızı ve teknolojik gelişme ile büyümeyi açıklamaktadır. Bu değişkenler modelde dışsal olarak yer almaktadır. Modelde nüfus artış hızı ve teknolojik gelişmeden büyümeye doğru bir nedensellik söz konusudur. Bilimsel buluş ve yeniliklere bağlı olarak gerçekleşen teknolojik gelişme uzun dönem durağan durum büyüme oranını belirlemektedir. Solow (1956) ve Swan (1956) çalışmalarında iki temel öngörüye yer vermektedirler. İlk olarak, göreceli olarak daha fazla tasarruf eden ülke daha az tasarrufta bulunan ülkeye göre daha zengin olacaktır. Ancak bu

tasarruf artışı büyüme hızını etkilememekte sadece düzey etkisi oluşturmaktadır. İkinci olarak, yoksul ülkelerin zengin ülkelere daha hızlı büyümesi sonucu onları yakalayacaklarını ifade eden yakınsama hipotezidir (Acemoglu, 2007, s. 25,73; Agwu, 2015, s. 487-488; Cameron, 2003, s. 121-141; Jones, 2015, s. 7-8, 19-20).

P. Romer (1986) ve R. Lucas (1998) ile birlikte Neo-klasik modele karşı ortaya çıkan içsel büyüme teorileri öncelikle teknolojinin dışsal olarak ele alınmasına itiraz etmektedirler. Ayrıca Lucas (1998) sermayenin marjinal verimliliğinin azaldığı varsayımının doğru olmadığını, beşerî sermaye modele alındığından uzun dönemde büyümenin sürekliliğini sağlayabileceğini ileri sürmektedir. İçsel büyüme modelleri özellikle teknolojik yenilikleri iktisadi faaliyetler içerisinde değerlendirmek suretiyle büyümenin sürekliliğinin bu şekilde sağlanacağını ifade etmektedirler. Teknolojinin içselleştirilmesinin yanı sıra Romer (1986), bir şirket tarafından üretilen bilginin diğer şirketlerin üretimleri üzerinde olumlu dışsallıklar oluşturduğunu ifade etmektedir. Romer (1986, 1990) Ar-Ge çalışmalarının, Barro (1990) kamu harcamalarının, Rebelo (1991) kümülatif sermayenin ve Pagano (1993) finansal piyasaların büyümenin sürekliliğinin kaynağı olabileceğini ileri sürmektedirler. Bir başka ifadeyle içsel büyüme teorilerine göre beşerî sermaye, araştırma-geliştirme faaliyetleri, yeni üretim süreçleri, yeni fikirler, patent ve telifler, uluslararası ticaret, teknoloji ve sermaye girişi gibi faktörler büyümenin sürekliliği için dikkate alınmaları gerekmektedir (Jones, 2015, s. 6-10, 19-20; Szotstak, 2009, s. 65-66).

Tarımsal büyümenin ekonomik kalkınma mekanizmasında tarihsel olarak önemli bir rol oynadığı açıktır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere gelen veriler, sektörün genel ekonomik büyümeye yol açan itici güç olduğunu göstermektedir (Izuchukwu, 2011, s. 193). Canbay ve Kırca'nın makalesinde (2020, s. 165), Granger nedensellik testi sonuçlarına göre kısa vadede tarımsal üretimden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, sanayi sektörü üretiminden tarımsal üretime doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu görülmektedir. Ek olarak, vektör hata düzeltme modelini (VECM) kullanarak, zaman serisi bağlamında Nijerya'da tarımın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini tahmin etmeye çalışmışlar (Sertoğlu vd., 2017, s. 551) ve tarımın Nijerya'nın ekonomik büyümesi için kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Özetle, geleneksel büyüme teorileri ile modern ve çağdaş büyüme teorileri büyüme kavramına farklı yaklaşmaktadır. Geleneksel büyüme teorileri, büyümeyi tasarruf ve fiziksel sermayede bir artış olarak tanımlar. Geleneksel büyüme modelleri tarafından dışsal faktör olarak kabul edilen teknolojiyi içsel üretim girdisi olarak modele dahil eden içsel büyüme teorileri, büyüme için temel veri olarak teknoloji kullanımının yarattığı faktör verimliliğini ve beşerî sermaye artışını dikkate almaktadır (Koç, 2013, s. 242). Ülkelerin vatandaşlarının hayati temel gıda ihtiyacını karşılamaları, ülkenin refah düzeyi ile doğru orantılı bir planlama ve strateji sonucu gerçekleşebilmektedir. Tüm ülkelerin sahip olduğu kaynaklar, kendi kendine yetme konusunda yeterli değildir. Farklı ülkelere temin zorunluluğu ve bağımlılığı kaçınılmazdır. Bu bağlamda milli teknoloji hamlesinin hedefleri arasında ülkenin gıda ve tarımsal üretim kaynakları üzerine sürdürülebilirlik temelli özel üretim ve temin projeleri ortaya koyması gerekir.

3. Tarım Sektörü ve Teknoloji

Tarım sektörü, büyüme ve ekonomik kalkınma için kritik öneme sahiptir. Tarım, ekonomik büyümeyi etkilediği, tarımsal işgücünün genel olarak düşük gelirli kesiminin gelir düzeyini iyileştirdiği, ekonominin diğer sektörlerine girdi sağladığı ve bu sektörlerle olan talebi

canlandırdığı için hayati önemdedir. Tarım, özellikle gelişmekte olan ülkelerde çok fazla insanı istihdam ettiği için ekonomik büyümeye önemli katkı sağlamaktadır.

Teknolojide gelişme, bir ürün veya hizmetin üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak için teknolojik ilerlemelerin uygulanmasıdır. Günümüzde büyüme olgusunun bir ülkenin teknolojik düzeyiyle bağlantılı olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Bir ekonomiste göre teknoloji, ülkelerin refahlarını ve yaşam standartlarını iyileştirmelerine yardımcı olan bir araç olduğu kadar üretim girdilerini ve çıktılarını birbirine bağlayan bir ölçüm tekniğidir. Ayrıca, bir mühendise göre, teknoloji bir mal üretmek için kullanılan bir dizi işlemdir. Diğer bir deyişle teknoloji, var olan mal ve hizmetlerin üretim ve pazarlama verimliliğini artırmak ve yenilerini yaratmak için kullanılabilir bir bilgi kaynağıdır (Kılıçarslan & Dinç, 2007). Teknoloji, ülke sınıflandırmasında kullanılan dinamik bir kriterdir. Sanayileşmiş ülkelerde teknoloji, sanayileşmeyi ve ekonomi politikalarını belirler. Uluslararası toplumda yaygın olarak kabul edilen bu düşünce, ülkelerin ileri teknoloji çıktıları, ekonomik büyüme ve kalkınma arasında güçlü bir bağlantı olduğudur. Bu bakış açısına göre teknolojik değişimlerden bağımsız olarak değerlendirilen ekonomik büyüme politikaları yetersiz kalacaktır.

Tarım sektörünün üretiminin düşük olmasının çeşitli nedenleri vardır; teknik ilerleme, bu sorunu çözenin en önemli bileşenlerinden biridir. Sulama, yetiştirme, hasat, gübreleme, mahsulün depolanması ve ilaçlama gibi tarımsal üretim operasyonlarının tümü ileri teknolojiden faydalanabilmektedir. Ayrıca özellikle az gelişmiş ülkelerde gelişmiş tarım ekipmanlarının olmaması istenilen üretim seviyesinin elde edilmesini engellemektedir (Taban ve Kar, 2016, s. 94-97).

Literatürde tarım, ekonomik büyümenin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Golin, Parente ve Rogerson'a (2002, s. 160) göre tarım, ekonomik büyüme için vazgeçilmezdir. Araştırmaları, tarımı tek sektörlü neoklasik bir büyüme modelini içeren yapısal bir dönüşüm modeliyle sonuçlanır. Thirtle, Lin ve Piesse (2003, s. 1973) ayrıca artan tarımsal verimliliğin yoksulluğun azaltılması üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Eşitsizliğin yoksulluğu artırdığını ve kişi başına GSYİH büyümesini yavaşlattığını iddia ediyorlar (Thirtle, Lin & Piesse, 2003, s. 1973). Bir başka çalışma, "Afrika, Asya ve Latin Amerika'daki gelişmekte olan 15 ülke ve geçiş ekonomisine ilişkin verilere" dayalı olarak tarım sektörünün ekonomik büyümenin arkasındaki itici güç olduğunu ortaya koymaktadır (Awokuse, 2009, s. 20).

Sürdürülebilir kalkınmanın tüm sosyal, ekonomik, çevresel ve kurumsal boyutları, imalat ve tarım sektörlerinde artan üretimden olumlu bir şekilde etkilenir ve bu da artan büyüme ile sonuçlanır (Behun vd., 2018, s. 23). Verimlilik, teknoloji, yenilikler, hammadde temini ve işgücünün kalitesinin artırılması gibi unsurlar ile imalat sanayi ve tarım sektörü GSYH'ye daha fazla katkı sağlayacaktır (Kopuk ve Meçik, 2020, s. 264). Buna bağlı olarak, bu sektörlerin GSYİH lehine etkisinin, üretim faktörlerinin verimli kullanılmasına, teknoloji ve Ar-Ge yatırımlarının artırılmasına, nitelikli işgücünün sağlanmasına, gerekli sübvansiyon ve desteklerin kullanılmasına, yerli üretimin teşvik edilmesine ve ikamelerinin üretilmesine bağlı olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, ithal edilen malların ülke içinde kullanılması ve yerli girdilerin kullanılması için gerekli adımların atılmasıdır (Kopuk & Meçik, 2020, s. 272).

Self ve Grabowski (2007, s. 395) tarım teknolojisindeki ilerlemelerin uzun vadeli büyüme için bir gereklilik olduğunu ve bunun önemli bir etkiye sahip olduğunu öne sürmektedir. Tarımsal üretkenliğin bu ölçülerini kullanarak, Self ve Grabowski'nin (2007, s. 403) ampirik bulgularına göre, 1960'larda ileri tarım teknolojisinin 1960'tan 1995'e kadar olan büyüme

üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ve “tarımsal modernleşme önlemlerinin insani gelişme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olumlu etkileri olduğu” görülmüştür. Khan vd. (2013, s. 2007) tarım teknolojisinin Pakistan’daki kırsal yoksulluğu azaltmada çok önemli bir bileşen olduğunu belirtmektedirler. Pakistan’da 1975’ten 2001’e kadar olan yıllık verileri varyans ayrıştırması, eşbütünleşme teorisi ve Granger nedensellik testi kullanarak incelemektedirler.

4. Tarım 5.0’a Giden Yol

1600’lü yılların ortalarında İngiltere’de gıda taleplerinin karşılanması sonucunda tarımda yaşanan değişiklikler Birinci Sanayi Devrimi’ni tetiklemiş, tarım alanları daha iyi yapılandırılmış ve etkili işletilmiştir. Seri üretim ve elektrik kullanımı, İkinci Sanayi Devrimi sırasında tarımda seri üretime ve artan mekanizasyona yol açmıştır. Daha sonra, Üçüncü Sanayi Devrimi’ni başlatan bilgisayarlar ve dijital malzemeler piyasaya sürülmüştür (Kılavuz ve Erdem, 2019). “Yeşil Devrim”, bu dönemde tarım sektöründe meydana gelen değişiklikleri ifade etmektedir ve “gelişmekte olan ülkeler için hayati önem taşıyan çok sayıda büyük gıda ürünü için geniş verimli çeşitlerin gelişimini tanımlar” (Hazell, 2009). Tarımın aşamaları şu şekilde nitelendirilir ve özetlenir (Kılavuz ve Erdem, 2019; Zambon vd., 2019):

- Tarım 1.0: Hayvan Gücünün Kullanımı ve Makineleşme
- Tarım 2.0: Yanmalı Motor ve tarım motorları
- Tarım 3.0: Yönlendirme Sistemleri ve Hassas Tarım
- Tarım 4.0: Buluta Bağlanma
- Tarım 5.0: Robotik ve yapay zekâ kullanan dijital olarak entegre işletme

Tarım sektöründe teknoloji giderek daha belirgin hale gelmektedir. Endüstri 4.0 ile tarımda karı, üretkenliği ve kaliteyi artırarak çiftçilerin emeğini kolaylaştıran teknolojiler daha akıllı hale gelmiştir. Dünya 4. Sanayi Devrimi’ni hızla benimserken Endüstri 4.0’ın sonuçlarından biri de hız ve üretimi artırmayı amaçlayan tarım makineleri arasındaki etkileşimdir. Bu araçlar, çiftçilerin bilinçli bilgiyi kullanmalarına, masrafları azaltmalarına, çıktıyı artırmalarına ve işlerini kolaylaştırmalarına yardımcı olabilir.

2000’li yılların başından itibaren tarım sektörü Endüstri 4.0 ile paralel olarak gelişmektedir. Mikroişlemciler, sensörler, bulut tabanlı bilgi, otonom karar sistemleri ve iletişim teknolojileri gibi akıllı teknolojilerin tarım sektöründe uygulanması “Tarım 4.0, Akıllı Tarım, Dijital Tarım” olarak adlandırılmaktadır (Saygılı vd., 2019). Amaç, nesnelerin internetinin katkısı ve kullanımı yoluyla “daha iyi kalite, üretkenlik ve kâr elde etmek için bilgi, ürün ve hizmetleri sorunsuz bir şekilde entegre edebilen otomasyon teknolojileriyle çiftçileri güçlendirmek”tir (Elijah vd., 2018).

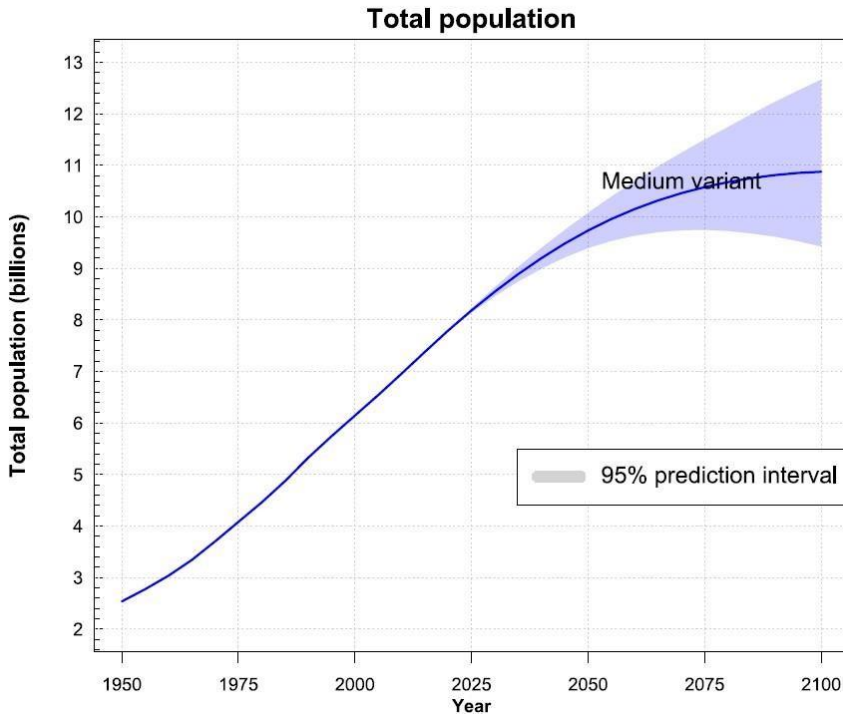
5. Tarımda Değişime Yönelik İhtiyaç

Ülkeler katma değer yaratmak için dijital dönüşüm yarışında yarışmaktadır. Tüketici talepleri ve yaygın özelleştirme, verinin önemi ve yeni iş modelleri, kaynak sınırları ve sürdürülebilirlik ve nitelikli işgücüne geçiş bu sürecin unsurları arasında yer almaktadır (TÜSİAD, 2017). Ayrıca, “tarım ve gıda ürünlerinin değer zincirlerinin küreselleşmesi, gıda üretiminde küresel bir iş bölümü sağlamaktadır”. Bu gelişmeler, üretim teknolojilerindeki ilerlemelerin sunduğu olanakları etkin bir şekilde kullanabilen ve küresel değer zincirlerine entegre edebilen ülkeler için önemli fırsatlar sunarken, artan dışa bağımlılık, düşük katma

değerli üretim ve sürdürülebilirlik olmak üzere çeşitli zorluklara ayak uyduramayan ülkeleri zora sokmaktadır (Tümen ve Özertan, 2020).

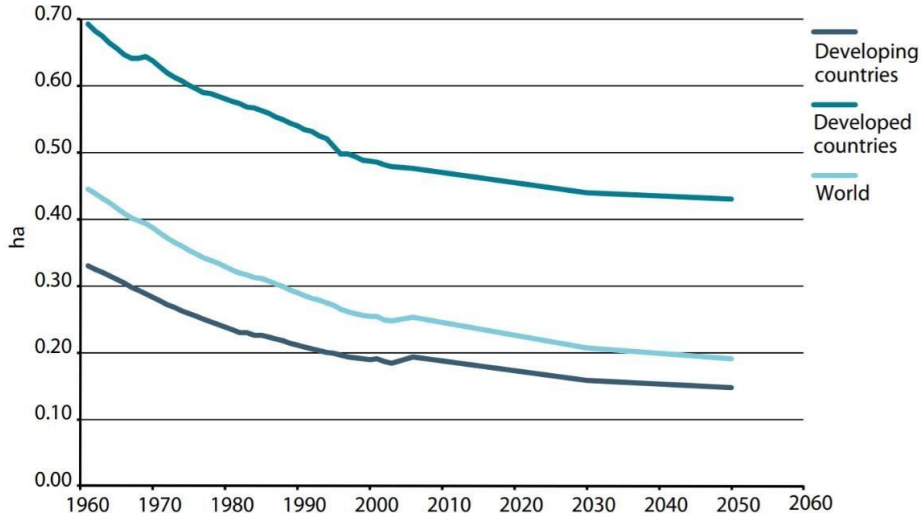
Dijital dönüşümle birlikte iletişim altyapısının gelişmesi, son teknolojik gelişmelerle birleşerek dijital teknolojinin tarım ve diğer sektörlerde kullanılmasını sağlamıştır. Artan nüfus, iklim değişikliği, küresel ısınma ve daralan tarım alanları nedeniyle sanayileşmiş ülkelerdeki tarım sektörleri dijitalleşmenin nimetlerinden yararlanmak için Ar-Ge ve saha çalışmaları yürütmektedir. Bu tür ilerlemeler, hükümetleri Ar-Ge faaliyetleri, dijitalleşme, üretkenlik/katma değer ve tarım teknolojilerine odaklanarak mevcut ve geleneksel tarım politikalarını yeniden düşünmeye itmektir (Tümen ve Özertan, 2020).

Tarım her toplum için çok önemlidir ve en acil küresel sorunlardan biridir. Tarımın temel amacı, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlarken, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamaktır. OECD-FAO Tarım Görünümü 2019-2028 raporuna göre, nüfus artışının 2019 ve 2028 yılları arasında tarım ürünlerine olan talebi %15 oranında artırması (OECD-FAO, 2019) ve küresel nüfusun “2030’da yaklaşık 8,5 milyar, 2050’de 9,7 milyar ve 2100’de 10,9 milyara” çıkması beklenmektedir (Şekil 1) (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019).



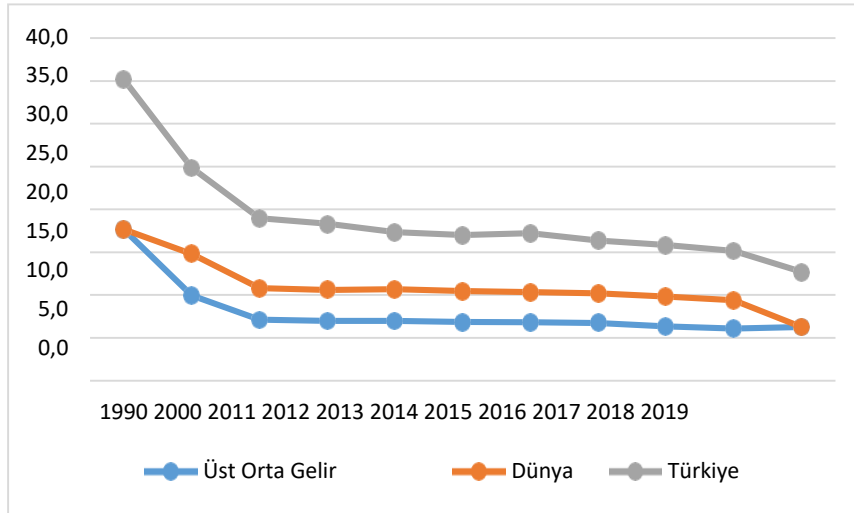
Şekil 1. 2100'e doğru küresel nüfus tahminleri

Kaynak: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf



Şekil 2. Kişi başına ekilebilir arazi

Kaynak: <http://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>



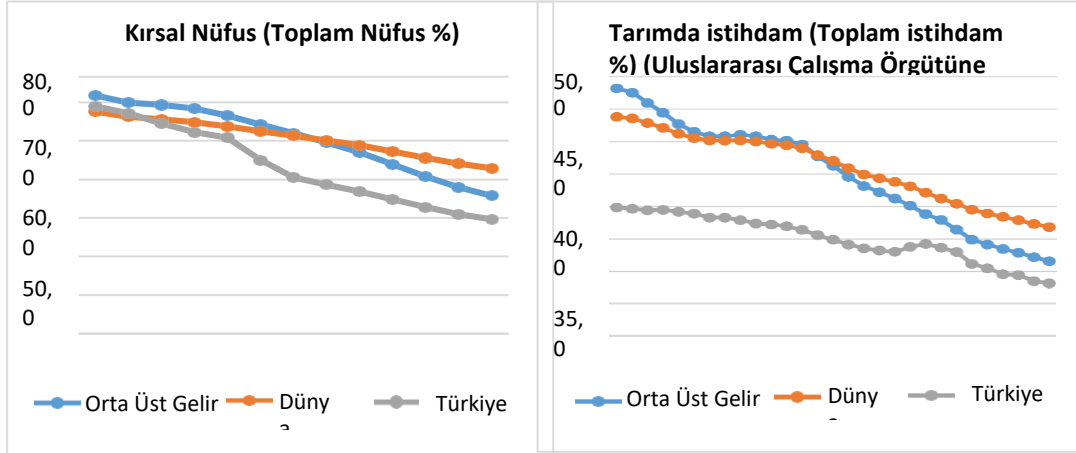
Şekil 3. Tarım katma değeri (Milyar ABD Doları ve GSYİH'nin %'si)

Kaynak:

<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NV.AGR.TOTL.ZS&country=UMC,WLD,TUR#>

Tarımın bir ülkenin bekası için önemini yanı sıra, Türkiye'den farklı olarak üst orta gelirli ülkelerde ve dünyada tarımın katma değeri (milyar ABD doları) artmaktadır. Tarımsal verimlilik önemli ölçüde ve istikrarlı bir şekilde arttığından (Şekil 3), yeni tarım yöntemleri, tarım katma değerinde (milyar ABD doları) kademeli bir büyüme ile sonuçlanmıştır. Öte yandan, tarımsal katma değerinin GSYİH içindeki küresel yüzdesi düşüyor gibi görünmektedir. Tarımın GSYİH içindeki payı, hizmetler ve sanayi gibi diğer sektörlerin önemli ölçüde büyümesi ve ekonomide önemli faktörler haline gelmesi nedeniyle sürekli azalmaktadır. İki grafiğin karşılaştırılması, GSYİH içindeki tarım katma değeri oranı düşerken, milyarlarca dolarlık verimlilik ve katma değerinin arttığını ortaya koymaktadır. Her iki grafikte de görüldüğü gibi (Şekil 3) Türkiye'nin tarım katma değeri (milyar dolar) üst orta gelirli ülkelere ve dünya ortalamasına göre düşmektedir. GSYİH açısından

bakıldığında, tarım katma değerinde de benzer bir düşüş oranı gösteriyor. Türkiye gibi üst-orta gelirli ülkelerde artan bir tarım katma değeri (milyar dolar) olmasına rağmen (The World Bank, 2021), Türkiye benzer bir artış görülmemektedir. Akıllı tarım teknikleri kullanıldığında bu oranın artacağı öngörülmektedir.



Şekil 4. Kırsal nüfusun toplam nüfusa oranı (%) ve tarımsal istihdamın toplam istihdama oranı (%), Erkek)

Kaynak: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=SL.AGR.EMPL.ZS&country=UMC,WLD,TUR#>

Büyüme hızı ve ekilebilir arazilerdeki küresel düşüş (Şekil 2) ile kırsal nüfus ve tarımsal istihdamdaki azalma (Şekil 4) nedeniyle verimliliğin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hedefe ulaşmanın yolu, her ülkenin tarımsal kapasitesi ile belirlenir. Uzaktan algılama sistemleri olarak adlandırılan uydu, drone ve sensör teknolojilerinin gelişmesi, IoT'nin (Nesnelerin İnterneti) ilerlemesine ve 4.5G ve 5G gibi iletişim altyapılarında teknolojik atılımlara olanak sağlayarak tarım arazilerinde kullanımını hızlandırmıştır.

6. Akıllı Tarım

Akıllı tarım, daha iyi toprak ve mahsul yönetimi ve kaynak verimliliği sağlayan modern tarım teknolojileri ve teknikleri olarak tanımlanmaktadır. Tarım endüstrisinin izleme, otomatikleştirme ve analiz faaliyetleri için bulut, büyük veri ve IoT gibi ileri teknolojileri kullanması için altyapı sağlayarak tarımsal üretimi artırırken çevresel zararı azaltır. Genellikle hassas tarım olarak bilinen akıllı tarım, “yazılımla yönetilir ve sensörlerle izlenir.” (Bernstein, 2019; Demirel Atasoy, 2019). Akıllı tarım, iklime duyarlı tarım olarak da bilinir ve “değişen bir iklimde kalkınmayı etkili bir şekilde desteklemek ve gıda güvenliğini sağlamak için tarım sistemlerini dönüştürmek ve yeniden yönlendirmek için gereken eylemlere rehberlik etmeye yardımcı olan bir yaklaşım” olarak ifade edilir (Üç temel hedefi vardır: sera gazı emisyonlarını en aza indirmek ve/veya ortadan kaldırmak, iklim değişikliğine uyum sağlamak ve dayanıklılık yaratmak ve mümkünse tarımsal üretkenliği sürdürülebilir bir şekilde artırmak).

Akıllı tarımın en önemli hedefleri aşağıdaki maddeler halinde bahsedilebilir (Internet of Things Türkiye, 2017):

- Tarım kimyasallarının kullanımının azaltılması ve buna bağlı olarak daha sağlıklı ve daha kaliteli ürünler sunulması. Öte yandan, bu kimyasallardan kaynaklanan maliyetler azalacaktır.

- Akıllı tarım kullanılarak çevre kirliliğinin azaltılması. Kirlilik nedeniyle giderek daha tehlikeli hale gelen küresel ısınma da bu şekilde azaltılabilir.
- Tarım sektöründe nesnelerin interneti kullanımının bir diğer avantajı olan maliyetlerde azalma. Her doğal kaynağın yeterince kullanılmasını sağlayan bu sistemler sayesinde atık oluşmaz.



Şekil 5. Akıllı tarımın bileşenleri

Kaynak: <https://iotforall.com/smart-farming-future-of-agriculture/>

Algılama teknolojileri, iletişim sistemleri, yazılım uygulamaları, telematik ve konumlandırma teknolojileri, donanım ve yazılım sistemleri ve veri analitiği çözümleri, akıllı tarımın altı bileşenidir. Algılama teknolojileri, “fiziksel, kimyasal veya biyolojik özellik miktarlarını saptayarak bilgi elde etmek ve bunları okunabilir sinyallere dönüştürmek için sensörleri kullanan bir teknoloji” olarak tanımlanmaktadır (Yokogawa, n.d.). “Çiftçilerin mahsulleri izlemelerine ve optimize etmelerine yardımcı olmak, ayrıca değişen çevresel faktörlere uyum sağlamak, hayvan tanımlama, ısı tespiti ve sağlık verileri sağlayarak bir hayvanın ana davranışlarını, sağlığını ve hayvan refahını izlemek için veri toplamaktadır (Schriber, t.y.; Calderone, 2019). Yazılım uygulamaları, “birleşmiş bir ICT (Bilgi ve iletişim teknolojisi) ürünleri veya hizmetleri seti ile sonuçlanan ortak bir teknolojik platform üzerindeki aktörler arasındaki etkileşim” şeklinde ifade edilmektedir (Kruize vd., 2016). İletişim sistemleri aynı zamanda “tarım teknolojileri, en iyi uygulamalar, pazarlar, fiyat trendleri ve hava koşulları hakkında güncel bilgi ve bilgilerle kaynakları kısıtlı çiftçilere fayda sağlamak” açısından kritik öneme sahiptir. Kamu, özel araştırma ve yayım sistemlerindeki uzmanlar, BİT araçlarını kullanarak kolayca bağlantı kurabilir, iş birliği yapabilir ve çevrimiçi ve çevrimdışı platformlar kurabilir” (Derso ve Ejiro, 2015, s. 408). Telematik (Telekomünikasyon ve Bilişim), “ana üs ve saha birimleri arasında kablosuz iletişim bağlantıları aracılığıyla, sensörler, konumlandırma sistemleri, telekomünikasyon teknolojileri yoluyla veri toplayarak bunları yöneticilerin yerlerine dağıtmanın en basit yolunu sağlayan veri iletimi” olarak tanımlanmaktadır (Heacox, 2008; Mohamed, 2013). Veri analitiği çözümleri, “kuruluşların bilinçli iş kararları vermesine yardımcı olan gizli modeller, bilinmeyen korelasyonlar, pazar eğilimleri ve müşteri tercihleri gibi bilgileri ortaya çıkarmak için büyük ve çeşitli veri kümelerini veya büyük verileri incelemenin karmaşık süreci” olarak kabul edilir (Sarker ve et. al., 2019).

Tarım sektöründe nesnelerin internetinin yayılmasıyla birlikte toprak verimliliğinin artması ve bunun da çiftçilere kâr sağlaması beklenmektedir. İnsanlar da sağlıklı ürünler üretildiği için satın aldıkları ürünlerde sorun yaşamayacaklardır. İleri teknoloji doğal kaynakları koruyacak, topraktaki zararlı bileşikler kolayca tespit edilecek, yeşil enerji üretilecek, uzaktan operasyonlar zaman kazandıracak ve en önemlisi çevreye zarar verilmeyecektir.

Teknoloji ilerledikçe, tarımsal girdilerin maliyetini ve çevresel etkisini azaltma ihtiyacı giderek artmaktadır. Fiziksel ve coğrafi farklılıklar, çevresel ve ekin özellikleri, değişken toprak, girdilerin çevresel etkileri ve maliyet artışları bu baskıları artırmaktadır. Akıllı tarım, girdileri verimli bir şekilde (gerekli miktarda) kullanarak çevresel etkiyi en aza indirirken ekonomik verimliliği en üst düzeye çıkarmayı amaçlar. Ayrıca, tarımsal teknoloji verileri, yalnızca çiftlik düzeyinde değil, aynı zamanda girdi ve ekipman üreticileri için de kararları yönlendirmektedir (Coble vd., 2018). Bu koşullar altında ürün kalitesinde tekdüzeliği elde etmek mümkündür. Bu bağlamda akıllı tarımın hedefleri şu şekilde özetlenebilir (Demirel Atasoy, 2019, s. 5):

- Gübre ve ilaç gibi kimyasal girdi maliyetlerinin azaltılması,
- Çevre kirliliğinin azaltılması,
- Yüksek miktarda kaliteli ürün sağlamak,
- İşletme ve çiftçilik kararları için daha verimli bilgi akışının sağlanması,
- Tarımda kayıt düzeninin oluşturulması.

Akıllı tarımın teknolojik gelişiminde veri toplamaya başlanmış olup, veri analizleri iş geliştirme karar alma operasyonlarını etkilemektedir (Demirel Atasoy, 2019). Tarımsal veriler stratejik olarak önemlidir. Dronelar, sensörler, uydular, hava istasyonları ve toprak analiz araçlarının tümü, ölçülebilir üretim ve tarım konusunda veri toplamak için kullanılır. Tarımsal kontrolde hastalık ve haşere tahmini, önemli ilerlemeler ve erken uyarı sistemlerinin yanı sıra makine öğrenimi, yapay zekâ ve büyük hacimli tarımsal verilerden derin öğrenme gibi teknolojiler kullanılarak projeksiyonlar ve tahminler yapılabilir. Tarımsal veri toplayan cihaz sayısının 2020 yılı sonunda 75 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (TÜSİAD, 2020).

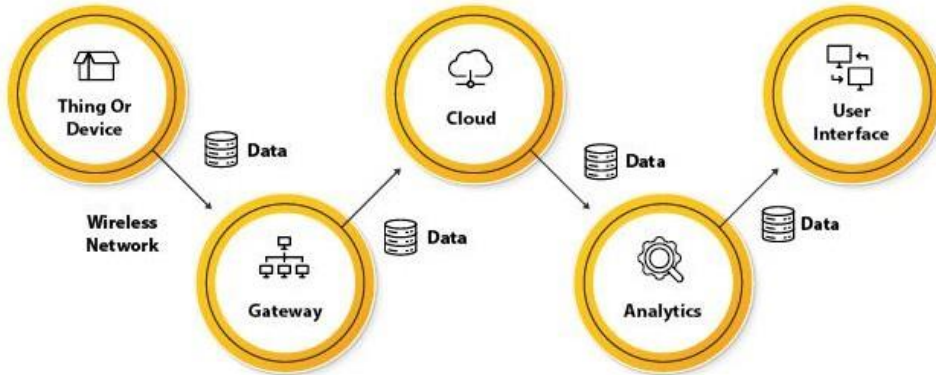
6.1. Tarımda nesnelerin interneti

İnsanoğlu tarih boyunca iş yükünü azaltmak için tarım tekniklerini teknoloji ile birleştirerek geliştirme arayışında olmuştur. İnsanlar gıda ihtiyaçlarını tarım yoluyla karşılamak zorunda olsa da ekilebilir alanlar homojen bir şekilde yayılmadığı için tüm ülkeler hayatta kalmak için hayati önem taşıyan gıda taleplerini karşılayamamaktadır. Ayrıca, dünya genelinde var olan tarım arazileri sadece iklim ve arazi modellerinden değil, aynı zamanda ekonomik ve politik faktörlerden ve nüfus yoğunluğundan da etkilenirken, “hızlı kentleşme ekilebilir arazilerin mevcudiyetine sürekli tehdit oluşturmaktadır” (Ayaz vd., 2019). Gıda güvenliğini etkileyen diğer değişkenler arasında artan nüfus, iklim değişikliği, azalan ekilebilir alanlar ve doğal kaynaklar yer almaktadır. Sonuç olarak, gelecekteki gıda taleplerini karşılamak için nesnelerin internetinin kullanımı çok önemli bir konu haline gelmiştir.

Tarım teknikleri, insanlık tarihi boyunca, çalışmayı azaltmak için teknoloji ile birleştirerek geliştirildi. İnsan gıda taleplerini desteklemek için tarım gerekli olsa da tüm ülkeler verimli toprakların eşit olmayan dağılımı nedeniyle hayati gıda ihtiyaçlarını karşılayamaz. Ayrıca, tarım arazileri yalnızca dünyadaki iklim ve arazi düzenlerinden değil, aynı zamanda ekonomik ve politik zorluklardan ve nüfus yoğunluğundan da etkilenirken, “hızlı kentleşme de ekilebilir arazilerin mevcudiyetine sürekli tehdit oluşturmaktadır” (Ayaz vd., 2019).

IoT, benzersiz tanımlayıcılarla sağlanan ve insandan insana ihtiyaç duymadan bir ağ üzerinden veri aktarma yeteneği olan, birbiriyle ilişkili bilgi işlem cihazları, mekanik ve dijital makineler, nesnelere, hayvanlar veya insanlardan oluşan bir sistem olarak tanımlanır (Elijah vd., 2018). Bir bağlantı ve bilgi alışverişi ortamı olarak hizmet eden internet aracılığıyla fiziksel ve sanal dünyaları birleştirmeye çalışır (Elijah vd., 2018). Bu dünyaları ve araçları otomatikleştirilmiş süreçlerle birleştirerek verileri toplamak, değerlendirmek ve eyleme dönüştürmek mümkündür (Burgess, 2018).

IoT, son zamanlarda verimsizliği azaltmak ve sektörler genelinde performansı artırmak için imalattan enerjiye ve iletişimden tarıma kadar çeşitli işletmelere ve sektörlerle dokunmaya başladı. “Bu, temel iletişim altyapısı (sensörlerden, araçlardan ve kullanıcı mobil cihazlarından gelen akıllı nesnelere bağlamak için kullanılır) ve yerel veya uzaktan veri toplama, bulut tabanlı akıllı bilgi analizi, karar verme, kullanıcı arabirimi ve tarım operasyon otomasyonu dahil olmak üzere bir dizi hizmeti içeren IoT tarafından sunulan hizmetlerden kaynaklanmaktadır” (Ayaz vd., 2019). “Sensörlerin, robotiklerin ve sensör ağlarının geliştirilmesi ve değişkenleri uygun çiftçilik yönetimi eylemlerine bağlama teknikleri, tarımda IoT uygulamalarının yolunu açmıştır” (Vermesan vd., 2015, s. 51). Birkaç teknolojiyi birleştirme potansiyelleri nedeniyle, bu sistemlerin verimliliği ve üretkenliği artırarak tarım sektörünü değiştireceği tahmin edilmektedir.



Şekil 6. Nesnelerin internetinin bileşenleri

Kaynak: <https://www.rfpage.com/what-are-the-major-components-of-internet-of-things/>

Bir nesne veya cihaz, ağ geçidi, bulut, analitik ve kullanıcı arayüzü, nesnelerin internetinin bileşenleri olarak kabul edilir (NewGenApps, 2018). İlk olarak, cihazlar ve sensörler verileri toplar ve verileri bir sonraki katmana aktarır. Diğer bir bileşen, “farklı ağlar ve protokoller arasındaki çift yönlü veri trafiğini” işleyen ağ geçididir (RF Page, 2018). “Akıllı bir ağ geçidi, özellikle internette sensör ağlarının heterojenliğini koruyabilen algılama katmanı ile ağ katmanı arasında önemli bir rol oynar” (Guoqiang vd., 2013, s. 720). “Gerçek dünya uygulamaları bağlamında bu cihazları internete köprüleyen ağ geçitleridir” (Folkens, 2015). Öte yandan, nesnelerin interneti bulutu, son derece karmaşık, “milyarlarca cihazın yüksek hızlı veri işleme, trafik yönetimi ve doğru analitik sunmayı optimize eden yüksek performanslı bir sunucu ağıdır”. Analitik çözümleme, analog verileri milyarlarca dijital cihaz ve sensörden analiz edilebilen ve kapsamlı araştırma için kullanılabilen pratik bilgilere dönüştürme yöntemidir. Son olarak, kullanıcı arayüzü, bir akıllı telefon, tablet veya bilgisayar aracılığıyla “kullanıcılar tarafından erişilebilen nesnelerin interneti sisteminin görünür, somut kısmıdır” (RF Page, 2018).

Tablo 1. Tarım Sensörlerinin Özeti

Sensör türü	Fonksiyonlar	Uygulama Örnekleri
Optik	Toprak özelliklerini ölçmek için ışık kullanımı	Toprağın kil, organik madde ve nem içeriğini belirlemek için fotodiyotlar ve fotodetektörler
Mekanik	Toprak sıkışmasını veya mekanik direnci ölçmek için problemlerin kullanılması	Tansiyometreler (Su emiliminde köklerin kullandığı kuvveti tespit etmek ve sulama müdahaleleri için faydalıdır)
Elektrokimyasal	Topraktaki belirli iyonları tespit etmek için elektrotların kullanılması	Topraktaki azot fosfor potasyumunu (NPK) tespit etmek için iyon seçici elektrotların (ISE) ve iyon seçici alan etkili transistör sensörlerinin (ISEFT) kullanımı
Dielektrik Toprak Nemi	Topraktaki dielektrik sabitini ölçerek nem seviyelerini değerlendirmek için elektrotların kullanılması	Toprak suyu içeriğini algılamak için frekans alanı reflektometrisi (FDR) veya zaman alanı reflektometrisi (TDR)
Hava akımı	Toprağın hava geçirgenliğinin ölçülmesi	Toprağın sıkışması, yapısı, toprak tipi ve nem seviyesi gibi ölçülebilir özellikleri
Konum	Enlem, boylam ve yüksekliği belirlemek için Global Konumlama Sistemi (GPS) uydularının kullanılması	GPS, hassas tarım için bir köşe taşı olan hassas konumlandırma sağlar.

Kaynak: Elijah vd. (2018)

Pek çok gösterge, “sensörlerin, haritalama teknolojisinin ve izleme teknolojilerinin kullanılabilirliğinin birçok tarım sistemini ve üreticilerden tüketicilere aktarılırken gıda sisteminin yönetimini değiştirdiğine” işaret etmektedir (Coble vd. 2018, s. 79). Günümüzde tarım motorlarından ekin aletlerine kadar neredeyse tüm tarım makineleri sensörlerle donatılmıştır ve IoT, cihazların üretim süreci boyunca birbirleriyle iletişim halinde olmasını sağlamaktadır. Dijital sensörlerle donatılmış tarım ekipmanları ve tarlalar, ne kadar ve ne tür gübreye ihtiyaç olduğunu, hava koşullarını, bitkilerin ihtiyaç duyduğu mineralleri, toprağın durumunu ve tahmini hasat zamanını detaylı ve gerçek zamanlı olarak göstererek çiftçilere yardımcı olmaktadır. Böylelikle çiftçilerin işlerinin kolaylaştırılması ve geleneksel yöntemlere göre verimliliğin en üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Bunun sonucunda tarımsal ekipmanlar, maliyetleri ve iş yükünü azalacaktır.

Endüstri 4.0'ın eşlik ettiği ve bazen Tarım 4.0 olarak anılan tarım devrimi ile tarımın daha verimli geçeceği ve insanların en kaliteli ürünleri hızlı ve ucuza üreteceği konusunda şüphe yoktur (Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, 2019). Tarımdaki nesnelerin interneti çözümlerinin, bir bulut hizmetine bağlı ve bir kablosuz ağ ile bağlantılı olan sensörler, analiz, planlama ve akıllı kontrol yoluyla izleme şeklinde bir döngü oluşturduğu düşünülmektedir (Andrew, Bogatinoska ve Malekian, 2018). Ayrıca, nesnelerin interneti, kuraklığa müdahale, sulama, arazi uygunluğu, haşere kontrolü ve verim optimizasyonu gibi akıllı tarım uygulamalarının uygulanmasıyla tarım sektörünün karşılaştığı birçok zorluğun çözümlerini üretebilir ve geliştirebilir (Ayaz vd., 2019).

Tarım sektöründe kullanılmaya başlanan nesnelerin interneti kavramından yararlanılarak verimliliğin en üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Tarım için üretilen birkaç akıllı sistem sayesinde, doğal kaynakların aşırı kullanılmasının önüne geçilir. Bu şartlar altında ürünler daha kârlı hale gelir ve çevre korunabilir. Akıllı tarım sayesinde, çiftçiler suyun nerede ve ne kadar kullanılması gerektiğini bilecekleri için son yıllarda tüm dünya ülkelerini kademeli olarak etkileyen su kıtlığı riskinin azaltılması hedeflenmektedir; bu nedenle su konusunda israftan kaçınacaklardır. Nesnelerinin internetinin kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir: otomasyon, hastalık ve haşere kontrolü, ürün ve hayvancılık, su kalitesi ve sulama sistemleri, hava durumunu izleme vb.'dir.

6.2. Faydalar

Literatürde nesnelerin internetinin tarımdaki etkilerine dair çeşitli faydalardan bahsedilmektedir. Bazıları aşağıdakiler gibi ifade edilmektedir (Ayaz vd., 2019):

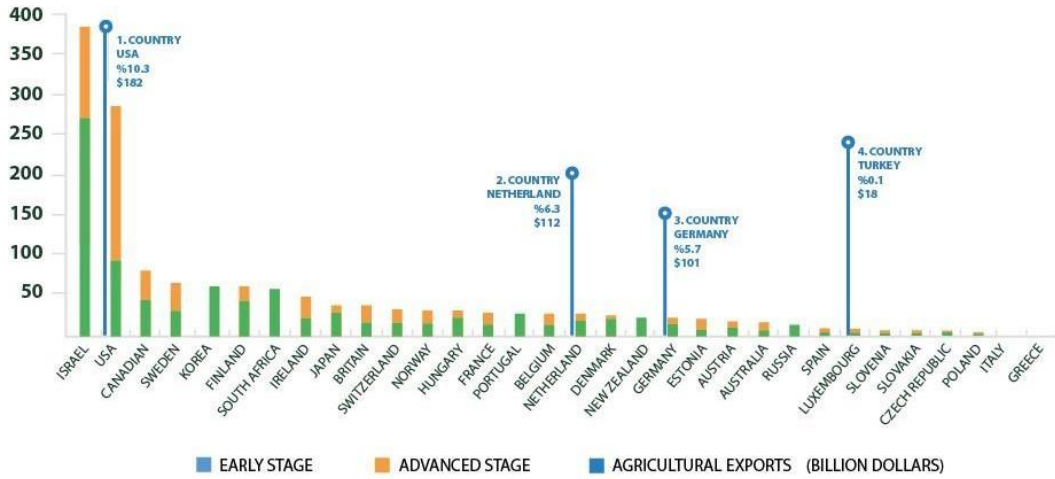
1. Farkındalık
2. Varlık Yönetimi
3. Kolektif Tarım
4. Rekabetsel Avantajlar
5. Maliyet Azaltma ve İsrif
6. Operasyon Verimliliği
7. Servet Yaratma ve Dağıtımları
8. Güvenlik Kontrolü ve Dolandırıcılığın Önlenmesi

6.3. Zorluklar

1. Veri Birleşimi ve Verinin Sahipliği
2. Cihazların karşılıklı çalışabilme yeteneklerinin eksikliği
3. Güvenlik ve Gizlilik
4. Nesnelerin interneti cihazlarının heterojen sistemlere sahip olması,
5. İş modellerindeki belirsizlik

6.4. Ülke Uygulamalarından Örnekler

Birçok ülke son zamanlarda akıllı tarım teknolojilerinin geliştirilmesine odaklanan start-up'lara öncelik vermiştir. Üreticiler, tarımsal teknikleri IoT ile birleştirerek, aynı alanda daha düşük maliyetler, daha yüksek çıktı, izleme ve diğer fırsatlar elde etmeye başlamışlardır. Sonuç olarak, bu uygulamalardan yararlanan ülkeler tarımsal katma değerlerini ve dolayısıyla GSYH'lerini artırabilir. Dünyada tarımda start-up'ları teşvik eden kilit ülkelere ilişkin örnekler ve veriler Şekil 7'de gösterilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, gelişmiş ve erken aşama start-up'ları ile en büyük tarım ihracatçısı ülkedir. Diğer büyük ülkelere göre daha küçük bir alana sahip olmasına rağmen, İsrail bu alana en çok yatırım yapan ülkedir. Ekilebilir arazi ve tarım ihracatı açısından Hollanda en önemli örnektir. Gelişmiş tarım ekipmanları nedeniyle, nispeten küçük yüzölçümüne rağmen tarımsal ihracatta önde gelen ülkelerden biridir.



Şekil 7. Dünyada akıllı tarım Start-up'ları

Kaynak: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/au/pdf/2016/powering-growth-realising-potential-agtech-australia.pdf>, Son Erişilme Tarihi: Mayıs, 2022 (Bu tarihten itibaren linke erişilememiştir)

Norveç'te Huawei ve Carrier Telia, akıllı tarım altyapısını iyileştirmek için birkaç yenilikçi proje üzerinde çalışmaktadır. Örneğin, IoT, sensörlerin mahsulleri, toprağı ve havayı gerçek zamanlı bir şekilde izlemek için verileri almak üzere kullanıldığı akıllı sulama sistemlerini sağlayabilmektedir. Bu sayede, çiftçiler, tarım ekipmanlarının verimliliğini izleyebilir ve hava durumunu tahmin edebilir. Ayrıca, "Gjeteren" adlı proje, çiftçilerin koyunlarının yerini belirlemelerine ve sağlıklarını uzaktan görüntülemelerine olanak sağlamak için Norveç'in Rogaland yaz çiftliğindeki koyunlara bir izleme modülü yapıştırmaktadır. Yakında, Norveç "hayvanlardan, gemilerden konteynurlara kadar hareketli nesnelere nesnelere interneti aracılığıyla" (HUAWEI, t. y.) izleyip gözlemleyebilecektir.

İspanya'da, bir İspanyol telekomünikasyon şirketi olan Telefonica tarafından sağlanan otomatik bir sulama sistemi, birkaç çiftlikte GPRS kullanarak sayaçları, seviye ölçerleri ve hidrolik valfleri birbirine bağlamaktadır. Tek bir çiftliğin 21.000 hektarlık bir alanı vardır. Bu da çiftçilerin sulama vanalarını manuel olarak çalıştırmasının zor olduğu anlamına gelir. "Telefonica ve ABB, çiftçilerin uygun bir sulama programı oluştururken bilgisayarları ve cep telefonlarını dâhil etmelerine yardımcı olan uzaktan sulama sistemini sağlamaktadır" (HUAWEI, 2017, s. 11). Bu durumun faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- Tasarruf - yılda 47 hm³ su
- Çiftlik kârında %25 artış
- Elektrik faturalarında %30 indirim

Japonya'da, Bakanlık tarafından yayınlanan Gıda, Tarım ve Kırsal Alanlar Yıllık Raporuna (2018) göre, tarım politikalarında girdi maliyetlerinin azaltılması, dağıtım ve işlemede yapısal reformların uygulanması ve stratejik bir ihracatın sisteminin oluşturulması önemli bir rol oynamaktadır. Tarım teknolojileri, girdi maliyetlerini düşürmede en önemli faktör olarak görülmektedir. Bu nedenle, verimliliğin, ürün kalitesinin iyileştirilmesi, becerilerin aktarılması ve çiftçilik işinin büyüklük olarak genişletilmesi, odak noktalarıdır. Örneğin, kendi kendine hareket eden traktörler ve GPS kullanan tesviye makinesi olan Hokkaido, Moseushi Kasabasında tesviye doğruluğunu artırmak ve toprağı düzene sokmak için bir altyapı geliştirme projesi kapsamında genişletilen tarım bölümlerinde

kullanılmaktadır (Tarım, Orman ve Balıkçılık Bakanlığı, 2019). Ek olarak, Japonya'daki Spread Company, Kyoto'da otomatik marul fabrikası işletmektedir. Şirket, otomatik olarak kontrol edilen nem, sıcaklık ve ışık gibi koşullarla otomatik olarak büyüyen marul üretmektedir. Yılda 7,7 milyon baş marul üretilmektedir. Yeni fabrikanın tasarım hedefleri arasında suyun yüzde 98'ini yeniden kullanarak çevre dostu olmasını sağlamak, otomasyon kullanımıyla maliyetleri düşürmek, insan emeğine olan ihtiyacı %50 azaltmak yer almaktadır (Demaitre, 2015).

6.5. Millî Teknoloji Hamlesi ve Türkiye'de Akıllı Tarım Uygulamalarından Örnekler

TABİT Akıllı Tarım, yenilikçi tarım teknolojilerinin farkındalığı, kullanımı ve yaygınlaştırılması için Vodafone Akıllı Köy Projesi'ni hayata geçirmektedir. Akıllı köy, bilgi ve iletişim teknolojileri (TABİT, t. y.) ile üretimin verimliliğini artırmak için ileri teknolojiyi geleneksel tarım yöntemlerinin yetenekleriyle birleştirmektedir. 2004 yılından bu yana, teknolojik bilginin kırsal alanlarda yaygınlaştırılması için yaklaşık 12.000 köyde eğitim ihtiyaç analizi ve verileri toplanmıştır. Vodafone Akıllı Köy'de uygulanan akıllı model ile bitkisel üretim maliyetlerini %22, hayvansal üretim maliyetlerini %20 düşürmeyi ve verimliliği ortalama %10 artırmayı hedeflemektedirler.

ForFarming, yapay zekâ algoritmaları ile desteklenen nesnelerin interneti tabanlı, ölçülebilir, kontrol edilebilir ve raporlanabilir bir tarım teknolojisi ürünüdür. Gıda sektöründe faaliyet gösteren kişi ve firmalara ürünlerini üretme imkânı sağlayan akıllı topraksız tarım çözümleri sunmaktadır. İstanbul Ticaret Odası iştiraklerinden olan Bilgiyi Ticarileştirme Merkezi'nin girişimlerinden biridir ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştiraklerinden olan İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş. tarafından desteklenmektedir. ForFarming'in tam otomatik teknolojisi, akıllı telefon, tablet veya bilgisayardan internet aracılığıyla uzaktan erişim ve ürünleri akıllıca kontrol etme fırsatı sağlayarak sürdürülebilir ve kontrol edilebilir üretim sağlamaktadır.

Turkcell, dünyadaki sınırlı su kaynaklarını korumak ve verimli tarımı desteklemek için çiftçilere Filiz gibi akıllı tarım çözümleri sunmaktadır (TURKCELL, 2019). Kullanıcının tarlası ile ilgili anlık veri sağlayan toprak-hava istasyonu ile birlikte kullanılan mobil uygulama, Filiz, çiftçinin verimliliği artırmak için toprak ve hava şartlarına göre sulama ve dezenfeksiyon kararlarını vermesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, sera izleme çözümü ile çiftçiler, tarım alanlarının sıcaklık ve nem seviyelerini uzaktan izleyebilmekte ve seralara gitmeden klima ünitelerini çalıştırarak gerekli ısı seviyesinin korunmasını sağlayabilmektedirler. Böylelikle verimliliğin artırılması hedeflenmektedir.

6.5.1. Türkiye Tarım Kredi Kooperatiflerinin Çatısı Altındaki Uygulamalar

Tarım Kredi Kooperatifleri, Türkiye'de bağımsız bir kuruluş olarak faaliyet göstermektedir. 17 Bölge Birliği ve 1625 birim kooperatif ile 830.000 çiftçi üyeye hizmet vermektedir. Üyelerinin tüm ihtiyaçlarına ve genel olarak Türk çiftçisinin ihtiyaçlarına, ihtiyaç duydukları hizmet ve ürünleri zamanında, güvenli, kaliteli ve ekonomik bir şekilde sunarak, ürünlerini pazarlamayı ve Türk tarımının çevreye duyarlı, sürdürülebilir ve en verimli sektör olmasını hedeflemektedir. Çatısı altında 13 iştiraki bulunmakta ve bu iştiraklerin tamamı gübre, sulama sistemleri, hayvan yemi gibi tarımla ilgili farklı çalışma alanlarında faaliyet göstermektedir. Aşağıda, Tarım Kredi Kooperatifleri'nin iki şirketinin akıllı tarım uygulamalarına dair örnekler verilmiştir.

Tarım Kredi Kooperatifleri'nin iştiraki olan Tarnet Tarım Kredi Bilişim ve İletişim Hizmetleri A.Ş (Tarnet), dezenfektan teknolojileri ve elektrostatik sprey uygulaması için drone kullanımına odaklanarak akıllı tarım uygulamaları üzerinde çalışmaktadır. Eski teknoloji, zaman, elektrik, bitki koruma malzemesi kullanımında (malzemeye bağlı olarak), yakıtta ve işçilik ihtiyacında azalma sağlamaktadır. Tarnet şu anda çeltik tarlalarında drone kullanımının uygulamasını test etmektedir. Örneğin; Manisa'da ilaç kullanımında %50, dekar başı 1,2 litre kâr elde edilmektedir. En son teknoloji, bitkilerde daha yüksek miktarda ilaç (%90'a kadar) adsorpsiyonuna olanak sağlarken, bu oran geleneksel yöntemlerde sadece %25 civarındadır. Elektrostatik püskürtme tekniğinin uygulanmasında bitkilerdeki kalıntıda 9 kat azalma, %70 ilaç, %90 su ve %50 yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir.

Zirai ilaçlama drone (ZİHA) teknolojilerinin kullanılmasının getirmiş olduğu birçok avantaj bulunmaktadır. Genel olarak bu avantajları şu şekilde sıralanabilir;

1. Daha az ilaç kullanarak hem çevreyi korumaktadır hem de etkili sonuç almaktadır.
2. Otları mücadeledeki etkinliğinden dolayı çeltik daha çok gelişmekte, üretici daha çok ürün almaktadır.
3. Traktör ile ürünü ezmediği için ürün kaybı yaşatmamaktadır.
4. Uygulamayı yapan kişiler ilaçlanan tarlanın içinde olmadığı için insan sağlığını korumaktadır.

ZİHALAR otonom olarak iş yapabildikleri için iş gücü tasarrufu sağlanmaktadır ve gece vakti bile ilaçlama yapılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Bunlara ek olarak Tarnet tarafından uygulanmakta olan otomatik dümenleme teknolojisi ile:

- Toplam maliyette %10,
- Yakıt kullanımında %9,
- Zamandan %17 tasarruf edilebildiği gösterilmiştir.

Aynı zamanda Tarım Kredi Kooperatifleri'nin bir iştiraki olan GÜBRETAS, 2005 yılından bu yana Türkiye'nin Toprak Verimlilik Haritası'nı hazırlamakta, son yıllarda sosyal sorumluluk faaliyetleri alanında Ar-Ge ve inovasyon odaklı faaliyetler yürütmektedir. Tarlada uygulama yapılan topraktan örneklerin alınması ve bilinçli bitki beslenmesi için 14 yılda 50 binden fazla çiftçiye eğitim verilmiştir. 81 ilde, 11 bin tarım arazisinden toprak örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca bilinçli tarımsal üretimi yaygınlaştırmak için model olarak kullanılacak test sahaları/bahçeleri oluşturulmaktadır. Öncü çiftçilerle yapılan bu testlerde minimum gübre tüketimi ile maksimum verim elde edilmesi hedeflenmektedir (GÜBRETAS, 2016, s. 65). Deneme alanlarının hedef ve oluşturulan verimliliğe dair veriler aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Deneme Alanlarının Hedeflenen ve Elde Edilen Verimlilik Verileri

Bitki	Yer	Türkiye Verimlilik (kg/da)	İl Verimlilik (kg/da)	İlçe Verimlilik (kg/da)	Çiftçi Verimliliği (kg/da)	Hedeflenen Verimlilik (kg/da)	Üretilen Verimlilik (kg/da)
Patates	Ödemiş-İzmir	3.347	3.519	3.483	3.000	5.000	5.000
Fındık	Terme-Samsun	70	57	48	200	400	380
Ayçiçeği	Edirne Merkez	245	236	250	270	350	321
Ayçiçeği	Zile-Tokat	245	242	252	250	350	495
Ayçiçeği	Altınekin-Konya	368	414	500	400	500 üzeri	510
Mısır	Onikişubat-K.Maraş	962	800	1097	1.100	1.500	1.730
Patates	Niğde-Merkez	3.358	3.607	3.635	3.500	4.500	4.600
Mısır	Şehzadeler-Manisa	961	1.156	1.176	1.450	1.800	1.760
Kabak (Çerezlik)	Tomarza-Kayseri	75	52	40	100	150	162
Şeker Pancarı	Çumra-Konya	6.153	7.171	7.645	8.000	10.000	10.200
Zeytin	Gömeç-Bahkesir	164	114	113	30-40 kg/ağaç	40-50 kg/ağaç	60kg/ağaç
Pamuk	Menemen-İzmir	502	562	549	520	550	620
Pamuk	Harran-Şanlıurfa	502	450	431	400	550	525
Mısır (2. hasat)	Ceylanpınarı-Şanlıurfa	968	871	896	1.200	1.500	1.570

Kaynak: Gönay Akbaş, G., and Bağcı, A. (2021). Economic growth and smart farming. Gazi İktisat ve İşletme Dergisi, 7(2), 104-121

7. Sonuç

Özetle, bu çalışmada akıllı tarım uygulamalarının zorluklarına rağmen önemli bir verimlilik ve kâr oranı sunduğu iddia edilmektedir. Tarım, dünyadaki her ülke için her zaman hayati bir öneme sahip olduğundan ve hayatta kalmayla ilgili olduğundan dolayı her zaman öne çıkan bir konu olmuştur ve ileride de olacaktır. Ayrıca Covid-19 ve sonrası Rusya-Ukrayna arasında başlayan savaş nedeniyle ülkelerin tedarik değer zincirlerinde bozulmaların ve enerji fiyatlarında artışlar düşünüldüğünde tarım sektöründe verimlilik önem kazanmıştır. Diğer bir taraftan Türkiye'nin 10 Kasım 2021 yılında Paris Anlaşmasının taraf olması ve AB Yeşil Mutabakat ilkeleri nedeniyle izlenebilir tarımsal üretim süreci için tarım teknolojilerinin kullanımı ve özellikle zirai ilaç gibi kimyasal ürünlerin kullanımının doğru bir şekilde kullanımı ön plana çıkmıştır. Bu nedenle Türkiye, uluslararası ticaret düzeninde son yıllarda ivme kazanan iklim değişikliği ile mücadele politikalarına adaptasyonunu sağlamayı hedefleyen ve ihracatta rekabetçiliğimizi güçlendirecek bir yol haritası niteliğinde olan Yeşil Mutabakat Eylem Planı yayımlamıştır. Bu mutabakat metninden ise sürdürülebilir tarım hedefi başlığında, 11 eylem yer almaktadır. Bu eylem planı ile tarımsal

üretim zincirinin izlenebilir olması, çevresel faktörler dikkate alınarak üretim yapılması ve karbon salınımının azaltan teknolojilerin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. İklimsel nedenler dışında, hizmetler ve sanayi gibi diğer sektörlerin artan öneminin yanı sıra, dünyadaki ekilebilir alanların, kırsal nüfusun ve tarımsal istihdamın azalması nedeniyle verimlilik ve kârın artırılması kritik önem taşımaktadır. Özellikle nesnelere internetinin gelişmesi ve sürekli bağlantılı olma durumu, tarımda üretkenliği ve kârı artırmak için bir zorunluluk haline gelen akıllı çiftçiliğin yolunu açmaktadır. Türkiye'nin tarımdaki Millî Teknoloji Hamlesi, her alanda olduğu gibi, yerelde üretim yapabilmek ve inovasyonu yakalama hedefleriyle yoluna devam etmektedir. Ekilebilir arazilerdeki ve tarımsal istihdamdaki azalmanın ve iklime bağımlılığın dezavantajlarını hedefleyen hem dünyada hem de Türkiye'de nesnelere internetine entegre akıllı tarım uygulamalarının pek çok örneği bulunmakta ve bu uygulamaların zamanla iyileşmesi beklenmektedir. Tarımsal üretimde, tedarik zincirinin tüm aşamalarında ileri teknoloji altyapısının uygulanması, kayıpları azaltırken verimliliği büyük ölçüde artıracığı beklenmektedir.

Kaynakça / References

- Acemoğlu, D. (2007). *Introduction to Modern Economic Growth*. Massachusetts Institute of Technology. Retrieved from <https://www.theigc.org/wp-content/uploads/2016/06/acemoglu-2007.pdf>
- Agwu, C. (2015). Factors that contribute to economic growth in Nigeria. *International Journal of Management and Commerce Innovations*, 2(2), 487-495.
- Andrew, R. C., Bogatinoska, D. C., and Malekian, R. (2018). IoT solutions for precision agriculture. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 377-381. doi: 10.23919/MIPRO.2018.8400066
- Awokuse, Titus O. (2009). Does agriculture really matter for economic growth in developing countries?, *The American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Milwaukee, WI, July 28, 2009.
- Ayaz, M., Ammad-uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., and Aggoune, e.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT) based smart agriculture: towards making the fields talk. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 129551-129583. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932609
- Behun, M., Gavurova, B., Tkacova, A., and Kotaskova, A. (2018). The impact of the manufacturing industry on the economic cycle of European Union countries. *Journal of Competitiveness*, 10(1), 23-39.
- Berber, M. (2006). *İktisadi büyüme ve kalkınma* (3. ed.). Trabzon: Derya Kitabevi.
- Brewer, A. (2010). *The making of the classical theory of economic growth*. London: Routledge.
- Burgess, M. (2018). *What is the Internet of Things? WIRED explains*. Retrieved 10 July 2020, from <https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>
- Calderone, L. (2019). *Monitoring & growing, precision farming*. Retrieved 26 June 2020, from <https://www.agritechtomorrow.com/>

- Cameron, G. (2003). Why did UK manufacturing productivity growth slowdown in the 1970s and speed up in the 1980s? *Economica*, 70(1), 121-141.
- Canbay, Ş., Kırca, M. (2020). Relationships between industrial and agricultural sector activities and economic growth in Türkiye: an analysis of Kaldor's growth laws. *Journal of the Human and Social Science Researches*. 9(1), 143-170.
- Coble, K. H., Ferrell, S., Griffin, T., and Mishra, A. K. (2018). Big data in agriculture: a challenge for the future. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40(1), 79-96. doi: 10.1093/aapp/ppx056.
- Demaitre, E. (2015). *Japan's Spread Co. builds the biggest automated lettuce farm*. Robotics Business Review. Retrieved 11 June 2020, from https://www.roboticsbusinessreview.com/agriculture/japans_spread_co_builds_the_biggest_automated_lettuce_farm/.
- DemirelAtasoy, Z. (2019). *Türkiye'de akıllı tarımın mevcut durum raporu*. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü.
- Derso, D., and Ejiro, E. (2015). the contribution of information and communication technologies to the Ethiopian agricultural extension system: a review of literature on agriculture knowledge management. *African Journal of Agricultural Science and Technology (AJAST)*, 3(9), 407-411.
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., and Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3758-3773. doi: 10.1109/JIOT.2018.2844296
- Folkens, J. (2015). *Building a gateway to the Internet of Things*. Texas: Texas Instruments.
- Folnovic, T. (t.y.). *High-Tech farm revolution triggered by crop sensing technology*. Retrieved 15 May 2020, from <https://blog.agrivi.com/post/high-techfarmrevolution-triggered-by-crop-sensing-technology>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Climate-Smart Agriculture*. Retrieved from <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/>
- Gleicher, D. (1982). The historical bases of physiocracy: an analysis of the "tableau economique". *Science & Society*. 46(3), 328-360.
- Gollin, D., Parente, S. and Rogerson, R. (2002). The role of agriculture in development. *The American Economic Review*, 92(2), 160-164.
- Guoqiang, S., Yanming, C., Chao, Z., and Yanxu, Z. (2013). Design and implementation of a smart IoT gateway. *2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*. 720-723. doi: 10.1109/GreenCom-iThings-CPSCoM.2013.130
- Gönay Akbaş, G., and Bağcı, A. (2021). Economic growth and smart farming. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 7(2), 104-121
- GÜBRETAS. (2016). *2016 annual report*. İstanbul. Retrieved from https://gubretas.com.tr/wp-content/uploads/2019/04/GUBRETAS_2016FR_TR_LOW.pdf
- Harrod, R. (1947). "Keynes the Economist" in *the New Economics ed. S.E. Harris*. New York: Alfred A. Knopf.

- Hazell, P. B. (2009). *The Asian green revolution*. Washington DC: International Food Policy Research Institute. Retrieved 10 July 2020, from <https://core.ac.uk/download/pdf/6257689.pdf>
- Heacox, L. (2008). *Time for telematics*. CropLife. Retrieved 10 July 2020, from <https://www.croplife.com/precision/time-for-telematics/>
- HUAWEI. (2017). *The connected farm: a smart agriculture market assessment*. Retrieved 10 July 2020, from <https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/images/pdf/v2-smart-agriculture-0517.pdf?la=en>
- HUAWEI (t.y.). *Smart agriculture progress in Norway*. Retrieved 3 January 2020, from <https://www.huawei.com/en/technology-insights/industry-insights/outlook/mobile-broadband/wireless-for-sustainability/cases/smart-agriculture-progress-in-norway>
- Internet of Things Türkiye, (2017). *Tarımın geleceği: akıllı tarım sistemleri*. Retrieved from <https://ioturkiye.com/2017/06/tarimin-gelecegi-akilli-tarim-sistemleri/>
- Corinne Bernstein (2019). *Smart farming*. Retrieved 13 May 2020, from <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-farming>
- Izuchukwu, O. O. (2011). Analysis of the contribution of agricultural sector on the Nigerian economic development. *World Review of Business Research*, 1(1), 191-200.
- Jones, C. I. (2016). "The Facts of Economic Growth" in *Handbook of Macroeconomics Volume 2ed. John B. Taylor and Harald Uhlig*. North Holland. doi: 10.1016/bs.hesmac.2016.03.002
- Khan, M.A., Khan, M.Z., Zaman, K., and Khan, M.M. (2014). The evolving role of agricultural technology indicators and economic growth in rural poverty: has the ideas machine broken down?. *Quality & Quantity*, 48. 2007-2022.
- Kılavuz, E., and Erdem, İ. (2019). Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve türk tarımının dönüşümü. *Social Sciences (NWSAENS)*, 14(4), 133-157. Retrieved 6 March 2020, from <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/840914>
- Kılıçarslan, O. and Dinç, O. (2007). Türkiye ekonomisinde teknolojiye veri transferi, *GAU J. Soc. & Appl. Sci.*, 3(5), 73-75.
- Koç, A. (2013). Beşerî sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisi: yatay kesit analizi ile AB ülkeleri bir değerlendirme. *Maliye Dergisi*, 165, 241-252.
- Kopuk, E., and Meçik, O. (2020). Türkiye'de imalat sanayi ve tarım sektörlerinin ekonomik büyüme üzerine etkisi: 1998-2020 dönemi analizi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(2), 263-274. doi: 10.18657/yonveek.693387.
- Kruize, J., Wolfert, J., Scholten, H., Verdouw, C., Kassahun, A., and Beulens, A. (2016). A reference architecture for farm software ecosystems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 125, 12-28. doi: 10.1016/j.compag.2016.04.011
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. (2019). *Summary of the annual report on food, agriculture and rural areas in Japan*. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Retrieved 3 January 2020, from <https://maff.go.jp/e/data/publish/attach/pdf/index160.pdf>
- Mohamed, A. K.W. (2013). *Analysis of telematics systems in agriculture*. Master's thesis, Department of Machinery, Utilization, CULS, Prague Retrieved from

- https://www.bu.edu.eg/portal/uploads/Agriculture/Agricultural%20Engineering/1222/publications/Ahmed%20Khaled%20Abd%20ElWahab%20Mohamed_Ahmed%20Khaled%20Abd%20El-Wahab%20Mohamed.pdf
- Müller, A. (1978). Quesnay's theory of growth: A Comment. *Oxford Economic Papers*, 30(1), 150-156.
- NewGenApps. (2018). *IoT ecosystem components: the complete connectivity layer*. Retrieved 28 May 2020, from <https://www.newgenapps.com/blog/iotecosystem-components-the-completeconnectivity-layer/>
- OECD-FAO. (2019). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028*. Paris/Food and Agriculture Organizations of the United Nations, Rome: OECD Publishing. doi:10.1787/agr_outlook-2019-en
- Ramsey, F. P. (1928). A mathematical theory of saving. *The Economic Journal*, 38(152), 543-559.
- RF Page. (2018). *What are the Major Components of Internet of Things?* RF Page. Retrieved 10 January 2020, from <https://www.rfpage.com/what-are-the-major-components-ofinternet-ofthings/>
- Sarker, M. N., Wu, M., Chanthamith, B., Yusufzada, S., Li, D., and Zhang, J. (2019). Big Data Driven Smart Agriculture: Pathway for Sustainable Development. *2019 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)*, 60-65. doi:10.1109/ICAIBD.2019.8836982
- Saygılı, F., Kaya, A. A., Tunalı Çalışkan, E., and Erdölek Kozal, Ö. (2019). *Türk tarımının global entegrasyonu ve tarım 4.0*. Retrieved from <https://itb.org.tr/img/userfiles/files/ITB%20TARIM.pdf?v=1550751511711>
- Schriber, S. (t.y.). Smart agriculture sensors: helping small farmers and positively impacting global issues. *Mouser Electronics*. Retrieved 13 May 2020, from <https://www.mouser.com.tr/applications/smart-agriculture-sensors/>
- Self, S. and Grabowski, R. (2007). Economic development and the role of agricultural technology. *Agricultural Economics*, 36, 395-404.
- Sertoğlu, K., Ugural, S., and Bekun, F.V. (2017). The contribution of agricultural sector on economic growth of Nigeria. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 7(1), 547-552.
- Snowdon, B., and Vane, H. R. (2005). *Modern macroeconomics: its origins, development and current state*. Cheltenham: E. Elgar.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *The Economic Record*, 32(2), 334-361.
- Szostak, R. (2009). *The causes of economic growth: interdisciplinary perspectives*. Heidelberg: Springer.
- Taban, S., and Kar, M. (2016). *Kalkınma ekonomisi*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- TABİT. (t.y.). *Vodafone Smart Village Project*. Retrieved from <http://en.tabit.com.tr/projelerimiz/>

- The World Bank (July 2021). World Bank Country and Lending Groups. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups> (Accessed: August 4, 2022).
- Thirtle, C., Lin, L. and Piesse, J. (2003). The impact of research led agricultural productivity growth on poverty reduction in Africa, Asia and Latin America. *Contributed paper for the 25th conference of the International Association of Agricultural Economists*. Durban.
- TURKCELL Medya, (2019). *Dijital Tarımda Yerli ve Millî Ürün "Filiz"*. Retrieved 10 July 2020, from <https://medya.turkcell.com.tr/bulletins/dijital-tarimda-yerli-ve-mill-i-urun-filiz/>
- Tümen, S., and Özertan, G. (2020). *Katma değer in artırılması, inovasyon ve dijital tarım*. İstanbul: TÜSİAD.
- Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu, (2019). Retrieved 10 July 2020, from <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-la-birlikte-gelen-akilli-tarim/>
- TÜSİAD. (2017). *Türkiye'nin sanayide dijital dönüşüm yetkinliği*. İstanbul: TÜSİAD. Retrieved from <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9864-tusiad-bcg-turkiye-nin-sanayide-dijital-donusum-yetkinligi>
- TÜSİAD. (2020). *Tarım ve gıda 2020: sürdürülebilir büyüme bağlamında tarım ve gıda sektörünün analizi*. İstanbul: TÜSİAD. Retrieved from <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10544-tarim-ve-gida-2020-surdurulebilir-buyume-baglaminda-tarim-ve-gida-sektorunun-analizi>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2019). *World Population Prospects 2019*. New York: United Nations. Retrieved from <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Giaffreda, R., Grindvoll, H., Eisenhauer, M., Serrano, M., Moessner, K., Spirito, M., Blystad, L., and Tragos, E. Z. (2015). *"Internet of Things beyond the hype: research, innovation and deployment" in building the hyperconnected society: IoT research and innovation value chains, ecosystems and marketsed*. O. Vermesan and P. Friess. Aalborg: River Publishers.
- Yokogawa. (t.y.). *Definition of sensor and sensing technology*. Retrieved 14 May 2020, from <https://www.yokogawa.com/special/sensing-technology/>
- Yong, Ronald A. (1994). *Physiocracy: A viewpoint of the role of agricultural production in a macroeconomic system*. Master's thesis, University of Montana. Retrieved 7 February 2021 from <https://scholarworks.umt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=9709&context=etd>
- Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., and Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: industry vs. agriculture in a future development for SMEs. *Processes*, 7(1). doi: <https://doi.org/10.3390/pr7010036>

Yazar Hakkında / About Author

Dr. Ahmet BAĞCI | Avrupa Birliği Nezdinde Türkiye Cumhuriyeti Daimî Temsilciliği Çevre ve Şehircilik Müşaviri | ahmetbagci81[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-2029-6641

2004 yılında Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümünü bitirdi. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde 2011 yılında “Ekonomik İstikrarın Sağlanmasında Mali Kural: Brezilya ve Türkiye Ekonomisi Analizi” adlı tez ile yüksek lisans ve 2017 yılında “Tasarruf, Finansal Gelişmişlik ve Büyüme İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Örneği” adlı tez ile doktora derecesini aldı. 2004-2007 yılları arasında Kültür ve Turizm Bakanlığında Uzman Yardımcısı, 2007-2008 yılları arasında Maliye Bakanlığı Mali Suçları Araştırma Uzman Yardımcısı olarak görev yaptı. 2008 yılında Sayıştay’da Meslek Mensubu olarak görev aldı. Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Uygulama ve Araştırma Merkezinde Avrupa Birliği Temel ve Uzmanlık Eğitimini tamamladı. 2013-2014 yıllarında Gençlik ve Spor Bakanlığında Danışman olarak görev yaptı. 2014-2017 yıllarında Cumhurbaşkanlığı Genel Sekreterliğinde çeşitli kademelerde görev yapan Bağcı, 2018-2022 tarihleri arasında Tarım Kredi Kooperatifleri Genel Müdür Yardımcılığı yapmıştır. Ağustos 2022 tarihinde Avrupa Birliği Nezdinde Türkiye Cumhuriyeti Daimi Temsilciliği Çevre ve Şehircilik Müşaviri olarak atanmıştır.

Dr. Ahmet BAĞCI | Counsellor for Environment and Urbanization at the Permanent Mission of the Republic of Türkiye to European Union | ahmetbagci81[at]gmail.com | ORCID: 0000-0002-2029-6641

Dr. Ahmet Bağcı has been appointed as Counsellor for Environment and Urbanization at the Permanent Mission of the Republic of Türkiye to European Union since August, 2022. He served as Deputy General Manager of Agricultural Credit Cooperatives of Türkiye between 2018-2022. He also served as Chairman of the Executive Board of TARNET Tarım Kredi Bilişim ve İletişim, and Deputy Chairman of the Board of GÜBRET AŞ. He received his Ph.D. degree in 2017 with the thesis titled “The Relation between Savings, Financial Development and Growth: The Case of Türkiye’s Economy”. He served as an Assistant Expert at the Ministry of Culture and Tourism between 2004-2007 and in the Financial Crimes Investigation Board between 2007-2008. In 2008, he served as a Member of Profession at the Turkish Court of Accounts. He completed the European Union Basic and Specialization Training at Ankara University European Communities Application and Research Center. He worked as a Consultant at the Ministry of Youth and Sports in 2013-2014 and served in the Secretariat General of the Presidency in 2014-2017.

