

## ENDÜSTRİ 4.0 VE İNOVASYON GÖSTERGELERİ KAPSAMINDA TÜRKİYE ANALİZİ

Ela Bulut  
Adnan Menderes Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Bölümü  
[elabulut48@gmail.com](mailto:elabulut48@gmail.com)

Doç. Dr. Taner Akçacı  
Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İ.İ.B.F., İktisat Bölümü  
[akcaci@kilis.edu.tr](mailto:akcaci@kilis.edu.tr)

### ÖZET

Tarih boyunca üç sanayi devrimi gerçekleşmiştir. Birinci sanayi devrimi buhar sistemlerinin kullanılmasıyla gerçekleşmiştir. İkinci sanayi devrimine baktığımızda ise petrolün yaygın kullanımı ve üretim bandı sistemlerinin gelişimi ile üretim verimliliği artmıştır. Üçüncü sanayi devrimi, elektrik-elektronik, bilgisayar ve internet alanında yaşanan hızlı gelişimle informatik devrim olarak kendisini göstermiştir. Bilgi toplumunun gelmiş olduğu son sanayi devrimi Endüstri 4.0 olarak ifade edilmektedir. Endüstri 4.0, makine gücünün insan gücünün yerini alarak üretim süreçlerini kendiliğinden yönetebilir hale gelmesi olarak tanımlanabilir. Endüstri 4.0 Türkiye’de sürdürülebilir iktisadi büyüme ve gelişmiş ülkeler seviyesine ulaşabilmek açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, dördüncü sanayi devrimi temel kavramları ile açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmada ayrıca Ar&Ge ve iletişim göstergeleri kapsamında Türkiye ekonomisi Endüstri 4.0 açısından incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Endüstri 4.0, Ar&Ge, inovasyon,

**Jel sınıflandırması:** B22, O32.

## INDUSTRY 4.0 AND WITHIN THE SCOPE OF INNOVATION INDICATORS ANALYSIS OF TURKEY

### ABSTRACT

Throughout the history, three industrial revolutions have taken place in the past. The first industrial revolution was realized by the use of steam systems. When we look at the second industrial revolution, production efficiency has increased with the widespread use of petroleum and the development of production band systems. The third industrial revolution has come to the stage by rapid development in the field of electricity-electronics, computer and internet, called as an information revolution. This information society brought the latest industrial revolution which is referred to as Industry 4.0. Industry 4.0 can be described as the ability of machine power to take the place of human power and to automatically manage the production processes and it is not only important in terms of achieving sustainable economic growth in Turkey but also a great opportunity to achieve the level of developed countries. In this study, the fourth industrial revolution was tried to be explained by its basic concepts. The study also examined R&D and communication indicators Turkish economy from the perspective of the Industry 4.0.

**Key words:** Industry 4.0, R&D, Innovation

**Jel classification:** B22, O32.

## دراسة تركية ضمن نطاق الصناعة 4.0 و مؤشرات الابتكار

ايلا بولوت  
جامعة عدنان مندرس  
معهد العلوم الاجتماعية فرع الاقتصاد  
[elabulut48@gmail.com](mailto:elabulut48@gmail.com)

الاستاذ الدكتور تانر أكجاي  
جامعة كيليس يدي أريك كلية العلوم الادارية و الاقتصادية فرع الاقتصاد  
akcaci@kilis.edu.tr

### ملخص

حدثت ثلاث ثورات صناعية في العالم على مر التاريخ. كان أولها عند البدء في استخدام أنظمة البخار. أما الثانية فكانت مع البدء في استخدام النفط و مشتقاته و زيادة القدرة الانتاجية. و كانت الثورة الثالثة مع التطور الكبير في عالم الالكترونيات و الكهروانيات في عالم الانترنت و الكمبيوتر و هي ما تعرف بالثورة المعلوماتية. و يتم تسمية الثورة الصناعية الأخيرة التي وصل إليها المجتمع المعلوماتي بكلمة الصناعي 4.0. يمكن تعريف الصناعي 4.0 بأنها تحل الآلات مكان القوة البشرية لتصبح قادرة على ادارة فترة الانتاج لوحدها. وإن هذه الثورة مهمة جدا بالنسبة لتركيبا لتستطيع أن تواكب و تصل لمستوى الدول المتقدمة. وإن هذه الدراسة يتم توضيحها عبر المفاهيم الأساسية للثورة الصناعية 4.0. و تم التدقيق في الدراسة من حيث الاقتصاد التركي في الثورة الصناعية 4.0 ضمن نطاق البحث و التطوير و مقاييس التواصل.

الكلمات الرئيسية: الصناعية 4.0, البحث و التطوير, الابتكار

الترتيب : B22, O32

## GİRİŞ

İnsanoğlu çağlar boyunca her zaman bir arayış içinde olmuştur. Önce ateşi sonra demiri keşfetmiştir. Tarım toplumuna geçişle birlikte kasabalar ve kentler oluşmuş, zamanla trampa ekonomisi yerini ekonomik oluşumlara bırakmıştır. Buluşların en belirgin yaşandığı dönem ise buhar teknolojisinin bulunması ve sanayi devrimi olmuştur.

Sonrasında elektrik ve makineleşme en sonunda da bilgisayarların icadı ile dijital devrim yaşanmıştır. Dijital devrim ile iletişim ağları meydana gelmiştir. Sosyal alanlar sanal ortamlarda kendini göstermiş ve dünya çapında bilgi aktarımının saniyeler içinde gerçekleşmesine olanak sağlamıştır.

1876 yılında Alexander Graham Bell'in telefonu bulması sonucu başlayan iletişim devrimi Bell'in bile tasavvur edemeyeceği bir noktaya ulaşmıştır. Bilgisayar ve telefonun aynı cihazda birleştirilmesi ile ortaya çıkan akıllı telefonlar iletişim de yeni bir devrime neden olmuştur. Eski teknolojiyle ancak mesaj ve sesli görüşme imkânı varken yeni teknoloji sayesinde aynı zamanda görüntülü konuşma yapılabilmekte ve hatta birden fazla kişiyle tele-konferans ortamı bulunulan yerden aynı an içerisinde gerçekleştirilebilmektedir. Böylesine hızlı gelişen iletişim teknolojileri yerini daha hızlı bir şekilde üretime ve tüketime dönüştürmektedir. Sanayi devriminin temelini kitle üretimler oluşturmasına rağmen, yeni teknolojiler sayesinde müşteri odaklı ve isteğe bağlı üstelik daha da az maliyetli üretimler ortaya çıkmıştır ve bu durum yeni bir sanayi devrimini gündeme getirmiştir.

Ben robot ve kartal göz gibi bilim kurgu filmlerindeki senaryolara belki de gerçek yaşamda karşılaşılabilecektir. Geliştirilen yapay zekâ, nesnelere interneti ile makinelerin etkileşiminin sağlanması gibi teknolojiler sonucu, akıllı fabrikalardaki akıllı robotların ürettiği ürünlerin yine nesnelere iletimi ile hiçbir emek gücü harcanmadan adresimize gelebilecek ve akıllı evlerimiz sayesinde siparişlerimiz belki de biz yokken bile teslim alınabilecektir.

Bu çalışmanın amacı gündeme gelen dördüncü sanayi devriminin niteliğini kavramları aracılığıyla incelemek; Türkiye’de yapılan Ar&Ge harcamalarının niteliğinin analizi doğrultusunda alınması gereken önlemlere dikkat çekmektir. Bugüne kadar yapılan inovasyon faaliyetleri de dikkate alındığında dördüncü sanayi devriminin kavramlarını ve gelişimini anlamak Türkiye’de dördüncü sanayi devrimine göre yön belirlemek açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda Dördüncü Sanayi Devrimi Türkiye’nin 2023 hedefleri ve gelişmiş ekonomiler arasındaki yerini alabilmesi için her açıdan incelenmesi gereken bir konudur.

## 1. SANAYİ DEVRİMLERİ

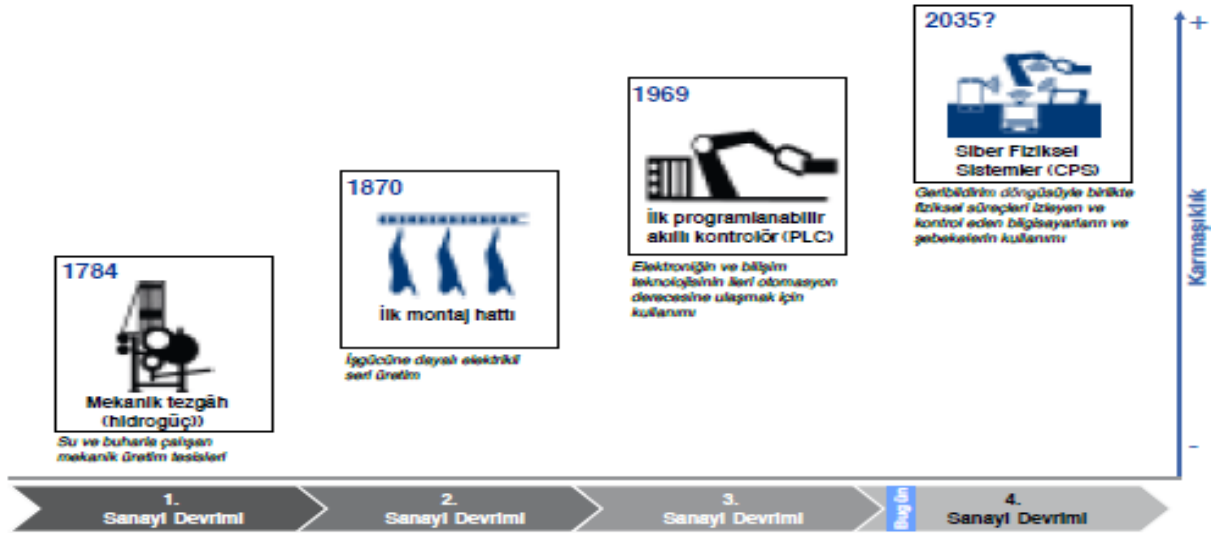
Endüstrileşme olgusu iki açıdan incelenebilir. 1- Dar anlamda endüstrileşme, makinenin mal üretiminde kullanılması veya endüstri kesiminin GSYİH içindeki payının belli bir değer üzerine çıkması olarak değerlendirilebilir. 2- Geniş anlamda endüstrileşme ise, Endüstri Devrimi ile birlikte meydana gelen ve ülkelerin iktisadi, sosyal, siyasal vs. alanlarda değişime uğramasıyla ortaya çıkmaktadır (Torun, 2003:182).

Tarihte ilk devrim tarımda gerçekleşmiştir. İnsanların yerleşik hayata geçerek tarım toplumunun oluşması insanoğlunun gerçekleştirdiği ilk sosyal devrimdir. Bu süreci sanayi devrimi izlemektedir. Sanayi devrimi ise üç büyük değişim olarak ortaya çıkmıştır. 1750-1890 yıllarında başlayan ve Birinci Sanayi Devrimi, olarak isimlendirilen sürecin bir diğer adı da Buhar Çağıdır. Buhar çağı ile anılmasının nedeni ise James Watt’ın buluşu olan buhar makinesi dönemin başlangıcı olarak kabul edilmesidir. Bu dönemde dokuma sanayi gelişmiş ve metalürjide değişimler gerçekleşmiştir. Gemicilik ve demiryolları çelik üretiminin artışı ile gelişen sanayiler olmuştur (Ayvaz vd, 2010: 2).

İkinci Sanayi Devrimini ise 1870 yılı itibarıyla başlayan ve doğu bloğunun çöküşü olan 1989 yılına kadar devam eden bir süreçtir. Bu dönemde Petrolün endüstri ve ulaşımdaki etkinliği keşfedilerek kullanılmıştır. Küreselleşmenin de etkinliği bu dönemde artmış ulaşımdaki ilerlemeler hızlı gelişim göstermiştir (Görçün, 2016: 51). Üretim bandı teknolojisini 1913’te Ford başlatmıştır ve bu teknik diğer sektörlere de yansarak üretimde verimlilik artışı gerçekleşmiştir. Üçüncü Teknoloji Devriminin başlangıcı ile nükleer, bilgisayar, mikroelektronik, lazer ve genetik gibi alanlarda da gelişmeler ortaya çıkmıştır (Akbulut, 2011: 3).

Elektriğin kullanımı Üçüncü Sanayi devriminin başlangıcı olarak gösterilmektedir. Seri üretimin elektrik ile yapıldığı dönem hem mekanik hem de elektronik alanların gelişmesini, dijital teknoloji ile birlikte programlanan cihazlar ve bilişim teknolojileri ortaya çıkmıştır. Bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi, internetinde hızla gelişmesi bu dönemin informatik devrim olarak da bilinmesini sağlamıştır (Çeliktaş vd, 2015: 1). 20.yy’ın ortalarında ağır sanayi ve bilgi teknolojisinde gelişmeler yaşanmış, bilgi toplumu gibi yeni iktisadi terimler ortaya çıkmıştır. Bu durum, fiber-optik, çip teknolojisi ve atom enerjisinin gelişmesini, mikro elektronik teknoloji üretimini de mümkün hale getirmiştir (Yücel, 2004: 100-101).

Sanayi devrimindeki değişimler, mekanik ve mikro elektronik alanındaki gelişimler bilgi toplumunun oluşmasına neden olmuştur. İletişim sektörleriyle birlikte enformasyon devrimi ortaya çıkmış ve bilgisayarlarda bu sürece dahil olmuştur. Japonya ve ABD bu süreçte hızlı bir gelişim göstererek sektör yapılanmasına gitmiş, teknoloji alanında önder duruma gelmişlerdir. Bu durum gelişmiş ülkelerin enformasyon toplumu olmasına sebep olarak ekonomik yapılarını da etkilemiştir. Enformasyon devrimi ile birlikte şirketler ve kurumlar yeniden yapılanma sürecine girmiştir. Küreselleşme sürecinin hız kazanması ile birlikte tüm dünyada teknolojiye uyumlu bir dönüşüm yaşanmış ve bilgi toplumunun oluşumu sağlanmıştır (Erkan ve Erkan, 2007: 2). Bilgi toplumunun bugün gelmiş olduğu son yeni sanayi devrimi Endüstri 4.0 olarak ortaya çıkmaktadır. Siber-Fiziksel Sistemlerin üretim de devreye girmesi ile kişiye özel, doğayla barışık, görsel algısı yüksek olan bir üretim sürecinde iyileştirme gerçekleştirilebilecektir (Çeliktaş vd, 2015: 1).



Şekil 1. Sanayi Devrimi Aşamaları

Kaynak: KPMG, 2015:1 <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/tr/pdf/2016/08/tr-sanayi-4.PDF>

Her an gerçekleşmesi mümkün olan yeni sanayi devrimi “Sanayi 4.0” kavramı ile ortaya çıkmaktadır. “Nesnelerin İnterneti”, “Her Şeyin İnterneti” veya “Endüstriyel İnternet” kavramları da bu devrin önemli tanımlarındandır. En önemli unsurlarından biri de akıllı fabrikalarla üretimde yeni bir çıkışın yapılmasıdır. Ayrıca siber fiziksel üretim teknikleri de bu kapsamda tanımlanmaktadır. Üretim değer zincirinde bu devrimin sonucunda yeni yönetim sistemleri ve organizasyon şekillerinin ortaya çıkması beklenmektedir. Bugünkü durumda karışık üretim sistemlerinin yönetilebildiği akıllı fabrika sistemleri, inovasyon süreçleri sonucunda ortaya çıkabilecektir. Makine mühendisliği, otomasyon ve bilişimin gelişmesi ile bu sistemler kolaylıkla koordine edilebilir duruma gelebilecektir (KPMG, 2015: 1).

Finlandiya doğal kaynak açısından yoksul olmasına rağmen dünya rekabet sıralamasında üst sıralara yükselmiştir. Bunun sebebi Ar&Ge, eğitim ve inovasyon politikasında yapmış olduğu değişiklikler olarak gösterilebilir. Politikadaki değişikliğin etkin bir şekilde sonuçlanmasıyla birlikte milli gelirden % 3,5 oranında Ar&Ge harcamalarına ayırarak Finlandiya yükselen bir ekonomi haline gelmiştir. Finlandiya da; Japonya örneğinde olduğu gibi dezavantajlı durumunu avantaja dönüştürmeyi başarmıştır. Her iki ülke de, kendi şartlarında yapılabilecek en uygun siyaseti uygulayarak ekonomik alanda gelişmiş ve bilgi toplumu boyutuna ulaşmıştır (Erkan ve Erkan, 2007: 7).

Bilgi toplumunda söz konusu olan sanayi toplumundaki meslek yapısının dönüşümüdür. Sanayi toplumundaki mavi yakalı niteliksiz işgücü, yerini beyaz yakalı yani nitelikli işgücüne bırakmaktadır. Bilgi toplumlarında, yüksek teknoloji kullanımına yer verileceğinden verimlilik artışı ve işgücü azalışı gerçekleşecektir. Açığa çıkan işgücünün ise hizmet sektöründe değerlendirilmesi beklenmektedir (Kocacık, 2003: 5).

## 2. SANAYİ DEVRİMİ 4.0

Endüstri 4.0, makine gücünün; insan gücünün yerini alarak üretim süreçlerini kendiliğinden yönetebilir hale gelmesi olarak tanımlanabilir. Makinelerin bilgisayarlar ve internet teknolojilerindeki yeni gelişimler sayesinde koordine edilebilir hale gelmesi yeni sanayi devrimini ortaya çıkarmıştır. “Nesnelerin İnterneti” kavramı olarak bilinen bu yeni sistem sayesinde üretimde ileri seviyeye atlanmış ve fabrikaların kendini yönetebilir olması ile ileri düzey teknolojiye geçilmektedir (EBSO, 2015: 7).

Endüstri 4.0, Alman Hükümetinin desteklediği ve geleneksel üretim yönteminden bilgisayar ve internet destekli yeni üretim modeline geçişi sağlayan bir teknoloji projesi olarak başlamıştır. Projenin amacı; kaynak verimliliğinde artışı sağlamak müşterilerinde üretim sürecine dahil olabileceği bir entegrasyonun sağlanabilmesidir (www.elektrikport.com, 2016-1).

Yeni sanayi devrimi olarak anılan Sanayi 4.0, 2011 yılında ilk kez Hannover Fuarı'nda ortaya atılmış bir kavramdır. Üretimde bir devrim yaşandığını ve bilişim çağının modern bir hal alarak üretim teknolojisini bir üst seviyeye taşınmakta olduğu uzmanlar tarafından fuarda ifade edilmiştir. Almanya Hükümeti bu durumu sanayide atılım gerçekleştiği değerlendirmesini yaparak, bu konu üzerinde çalışacak bir grup oluşturmuştur. Endüstri 4.0 çalışma grubu bir yıllık bir süreç sonunda hem Almanya Hükümeti'ne hem de Hannover fuarında çalışmalarını sunmuştur. Çalışma grubu SAP AG firmasının yöneticisi olan Hennig ve Bosch şirketinin yöneticisi Siegfried Dias ve Kagermann başkanlığında çalışmalarını sürdürmüşlerdir (EBSO, 2015: 7).

Gelişmekte olan teknoloji devrimini WEF (World Economic Forum) Kurucusu ve Başkanı olan Klaus Schwab ise üç temel nedene bağlayarak 4. Sanayi devriminin meydana geldiğini ve 3. Sanayi devriminin devamı olmadığını açıklamaktadır. Bunlar (Schwab, 2016: 11);

- **Hız:** Schwab'a göre bu devrim doğrusal olarak değil üstel bir hızda ilerlemektedir. Birbiriyle bağlantılı ve çok yönlü olan yeni teknoloji birbirini tetikleyerek hızlı bir şekilde gelişmektedir.
- **Genişlik ve Derinlik:** Dijitalleşme ile bu devrim hız kazanmıştır. Sanayi sektörünün bireyselliğe daha çok önem verdiği bir değişim ile ilerlemesi sonucu teknoloji çeşitliliğinin artması sağlanmıştır. Schwab iktisadi sorular olan "ne" ve "nasıl" soruları ile birlikte "biz kimiz" sorusunun da değişmekte olduğunu ifade etmektedir.
- **Sistem etkisi:** Sanayi 4.0 sonucunda bütün sektörler, şirketler ve hatta ülkeler olarak bütünsel bir değişim yaşanması beklenmektedir.

Sanayi 4.0 yalnızca makinelerin iletişiminden ibaret değildir, daha geniş kapsamlı olduğu söylenebilir. Genetik alanından bilgi işlem teknolojilerine kadar her türlü bilimsel alanı etkileyecek tüm alanlarda aynı anda ilerlemeler gerçekleşebilecektir. Bu devrimin öncekilerden farkı ise teknolojiye gelişmelerin birbirini tetikleyerek iç içe geçmesi, koordineli hareket etmesi ve tüm alanların birlikte etkilenecek gelişmesidir (Schwab, 2016: 17).

## **2.1 Endüstri 4.0'ın Yeni Teknoloji Kavramları**

### **• 3 Boyutlu 3D Yazıcılar**

3D yazıcı teknolojisinin ilk uygulaması 1984 yılında ortaya çıkmıştır. Ancak geçtiğimiz 20 yıl boyunca bu yönetime hızlı prototipleme alanı haricinde pek ilgi gösterilmemiştir. 2006'da başlayan bir proje olan Reprap ile gündeme tekrar gelmiştir ve daha geniş kitlelere ulaşması sağlanmıştır. Gelecek bilimcilerinin bir çoğu 3D baskısının insanlık için yeni bir çağı başlatacağını ve yenilikçilik konusunda yeni adımlara neden olacağını düşünmektedirler (EBSO, 2015: 10). 3D yazıcıların üretim sürecindeki katkısı Birinci ve İkinci Sanayi Devrimlerinin üretim süreçlerindeki sistemlerden oldukça farklı bir şekilde organize edilmiş olmasıdır. Geleneksel üretim süreçleri, çıkarmalı süreç şeklinde işlemektedir. Yani hammadde, kesilir, biçilir ve daha sonra nihai ürünü ortaya çıkarmak üzere birleştirilerek son halini alır. Bu süreçte ciddi bir miktarda malzeme atığı meydana gelir ve bu atığın nihai üründe değerlendirilmesi mümkün olamamaktadır. Öte yandan üç boyutlu yazdırma işleminde üretim sistemi eklemeli bilgimalat<sup>1</sup> şeklinde ortaya çıkmaktadır. Üç boyutlu yazdırma esnasında yazılım, erimiş malzemeyi üst üste ekleyerek katmanlar oluşturur ve bu işlem sonunda ürün tek parça olarak üretilebilmektedir. Bu şekilde eklenerek meydana gelen bilgimalat, çıkartılarak yapılan üretimde kullanılan hammaddenin onda birini kullanarak üretimi sonuçlandırmaktadır. Bu özellik 3D yazıcılara verimlilikte ve üretkenlikte ciddi bir avantaj sağlamaktadır (Rifkin, 2015: 98-99).

3D yazıcı teknolojisi sayesinde çeşitli hammadde ve üretim kombinasyonları ile oldukça geniş alanlarda üretim gerçekleştirilebilmektedir. Kuyumculuktan genetiğe, bilişim teknolojilerinden şehir planlamasına, tıptan gıdaya, her türlü sanayi üretimine uygulanabilen 3D yazıcılarda modellemeye bağlı olarak baskı süresi de değişiklik göstermektedir. 3D yazıcılardan; Biyo-organik maddeler damardan, organlara ve dokulara kadar her türlü üretim yapılabilmektedir. Hücre üretiminden oyuncaklara,

<sup>1</sup> İnfrastructure (information ve manufacture kelimelerinden türetilmiştir) bilgimalat olarak tercüme edilmiştir.

dayanıklı aletlerden müzik aletlerine kadar akla gelebilecek her türlü şeyin üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Geliştirilebilecek dev yazıcılar sayesinde inşaat sektöründe de kullanılabilir olacaktır (EBSO, 2015: 11).

3D yazıcıların bir diğer avantajı bu yazıcılar sayesinde tek bir ürün üretilebileceği gibi verilen siparişler doğrultusunda ve minimum maliyette küçük gruplar halinde de üretim gerçekleştirilebilir (Rifkin, 2015: 99).

Bilim dünyasında hızlı bir şekilde sürdürülen çalışmalar sonucunda yakın bir gelecekte üretimde 4D yazıcıların kullanılmasına ortam hazırlayacaktır. 4D yazıcıdan çıkan ürünler, üç boyutlu olmakla birlikte içinde buldukları çevre şartlarına göre ürünün kendiliğinden şekil değiştirebilmesi mümkün hale gelecektir. Örneğin düz bir metal parçanın su altına yerleştirildiğinde kendiliğinden boru şeklini oluşturması, yağmurlu ve güneşli hava ayrımını algılayıp kendiliğinden bota ve sandalete dönüşebilen ayakkabıların üretilebilmesi, 4D yazıcıların hayatımıza getireceği yenilikleri temsil eder niteliktedir (EBSO, 2015: 12)

Jeremy Rifkin (2015) yapmış olduğu çalışmada üretüketici<sup>2</sup> kavramını da gündeme getirmiştir. 3D yazıcıların gündeme gelmesiyle hali hazırda kendi enerjilerini üreten çevreci gruplar bu yazıcılar sayesinde sürdürülebilir bir üretim sistemi oluşturabilir ve bireysel ihtiyaçlarını karşılamanın yanında, üretim fazlalarını internet üzerinden pazarlayarak hem üretici hem de tüketici konumuna geçebileceklerdir. Rifkin'e göre bu durum, sıfıra yakın marjinal maliyet kapsamında kapitalizmi de yeniden şekillendirebilecektir. Kapitalist sistemin minimum maliyet maksimum kar elde etme prensibinin yerine işbirliği içindeki üretüketicilerin ekonomik sistemin yeniden yapılanmasına neden olabileceği öngörülebilir. Bu durumda 3D ve 4D yazıcı sistemleri Ar&Ge alt yapısı geliştirilerek daha fazla çeşitlilikte ürünün üretilmesine olanak sağlayabilir. Akıllı telefonların yaygınlaşarak bireylerin kendi videolarını çekebilir hale gelmiş olması akıllara bu teknolojinin bireysel üretimleri arttıracığı ve ticaretin artık yön ve sistem değiştirebileceği ihtimalini getirmektedir. Böyle bir durumda kapitalist firmaların artık sadece üretim yaparak ekonomik sistemde bulunması mümkün olmayacak belki de ürünlerini kiralama sistemleri üzerinden piyasada varlık gösterebileceklerdir. Örneğin lastik üretimi ve satışı yapan Michelin firması, yenilikçi iş modellerinin keşfi ile ilgili yapılan çalışma sonucu lastikleri satmak yerine kiralama fikri üzerine bir proje geliştirmiştir. Yıllardır üreticilik yapan Michelin yeni bir iş kolu olarak müşterilerine kiralama hizmeti de vermeye başlayacak; kurulan alt yapı sistemleri ile sahadan bilgi toplayarak lastiklerin kaç kilometre yol yaptığı, araba basıncı gibi bilgileri elde edebilecek ve bu bilgilere göre hizmet fiyatlandırması yapılabilecektir ([www.endustri40.com](http://www.endustri40.com), 2016-1). Bir başka proje ise; dünyada ilk 3D yazıcılarından çıkan araba Urbee Kanada'daki bir firma tarafından üretilmiştir. Bütün gövdesinin Fortus 3D Üretim Sistemi ve 3D yazıcı kullanılarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Tasarımcılara göre otomobilin bu şekilde üretilmesi çevre güvenliği açısından önemlidir. Ayrıca 3D yazıcılar üretimde kolaylık sağlamaktadır. "FDM (elektrikli kaplama modellemesi) makine kullanımını, iş gücünü, aletlerle işleme yöntemini ortadan kaldırmakta ve tasarımda değişiklik için esneklik sağlamaktadır. Elektrik ve yakıt kullanan hibrit araç sayesinde 320 km şehirlerarası, 160 km şehir içinde yol alınabilmektedir ([www.veteknoloji.net](http://www.veteknoloji.net), 2016). 3D yazıcıların otomotiv sektöründe yaygın bir şekilde değerlendirilmeye başlanması şimdilik zaman alacak gibi görünse de bu teknolojinin geliştirilmesi sonucunda otomotiv sektöründe üretim aşamasında radikal değişimlere sebep olabilecektir. Bu durumun otomotiv sektöründeki iş gücünü negatif yönde değişime uğratması anlamına geldiği söylenebilir.

#### • IoT Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (NI) nesne ve canlıların tekil tanımlayıcılar üstünden, insan-insan ve insan-bilgisayar etkileşimine gerek kalmadan yerel bir ağa veya internete bağlı veri aktarımı yapılabilen teknolojik bir sistemdir. NI, kablosuz teknolojiler, yarı iletken yongalara gömülü olan algılayıcılarla birlikte, valf ve uygulayıcı gibi donanımları da içinde bulunduran, taşıtlardaki hava yastıklarında mevcut olan mikro elektromekanik sistemler ve internetin bağlanması ile ortaya çıkmıştır. NI içerisindeki unsurlar içinde, vücudunda kalp implantı olan bir insan, izleme yongası taşıyan bir hayvan, tekerleklerin

<sup>2</sup> Prosumer (producer ve consumer kelimelerinden türetilmiştir) üretüketici olarak tercüme edilmiştir.

hava oranını gözlemleyen bir taşıt veya bir IP adresi atanarak ağ üstünden veri aktarabilen doğal veya insan üretimi nesnelere aracılığıyla bilgi akışı olabilir (Koroğlu, 2015: 1).

Günümüz teknolojilerinden farklı olan ise yeni sistemlerin belirli bir seviyede düşünebilme yeteneği olabileceğinin de üzerinde durulmaktadır. Nesnelere interneti, dikkat dağıtmadan, hatta dikkat çekmeyerek insanlara günlük yaşamda kolaylık sağlayabilecek ve yoğun olan günlük tempoyu rahatlatılabilecektir. Nesne tabanlı internet servislerinin basit bir örneği kargo takip sistemlerinin internet üzerinden yapılabilir olmasıdır. Bu sistemler hala başlangıç aşamasındadır, kargo takibi insan faktörünün yoğun kullanıldığı bir sektördür. Ancak nesnelere interneti sistemleri yaygınlaştığında kargo paketlerinin hiçbir insan müdahalesi olmadan adrese teslim edilebilir hale gelmesi beklenmektedir (Börteçin, 2014: 28). Ayrıca 2020 yılında, nesnelere interneti aracılığıyla 14 milyar cihazın birbirleriyle etkileşime geçmiş olması planlanmaktadır (EBSO, 2015: 7).

#### • Akıllı Fabrikalar

Endüstrinin büyük ölçekli şirketlerinin geleneksel üretim artırma yöntemleri artık yeterli değildir. Yeni stratejiler ise müşteriden tedarikçiye kadar tüm sistemi içine alan bütünsel bir çözüm üretme yöntemi gerektirir. Bilişim teknolojileri ile endüstriyel sürecin entegrasyonu sonunda Endüstri 4.0 devrimi gerçekleşmektedir. Sanayinin yeni terimleri olan büyük veri, robot teknolojileri, nesnelere interneti gibi sistemler ile akıllı fabrikaların ortaya çıkışı sağlanmıştır. Akıllı fabrikalar hayalden öte artık zorunluluk haline alacak, tüketici tercihlerinin değişmesi ve kişiselleşen üretimlere olan taleplere cevap verilebilmesi için işletmeler, fabrikalarında dönüşüme gitmekte mecbur kalacaklardır. Endüstri 4.0'ın üretim süreci, müşterinin talepleri ve tedarikçiden toplanan verilerin analizi sonucu akıllı fabrikalar, robot teknolojisinin desteği ile hızlı bir şekilde ürünün imal edilmesini sağlayabilecektir. RFID (Radio-frequency identification / Radyo Frekansı ile Tanımlama) etiket sensörleri ile akıllı robotlar üretim bandındaki ürünü tanıyarak işlem gerekliliklerini yerine getirebileceklerdir. Bu sayede farklı ürünler aynı üretim bandında hiç hatasız işlenebilecektir (EKOIQ, 2014: 4-5).

Nesnelere interneti, sanayi bağlamında incelendiğinde, gündelik hayata benzer doğrultuda, robot ve makinelerin internet ağları aracılığıyla üretim sürecinin neredeyse tamamında hakim olabileceği görülmektedir. Bu durum iş dünyasını, akıllı üretim süreçlerinde kullanılan akıllı fabrikalarla ve bu fabrikalardan çıkan akıllı ürünlerle karşılaştırmıştır. Sanayi 4.0'ın ilk önceliği ve en somut göstergesi olan akıllı fabrikaların özellikleri şu şekilde sıralanabilir (EBSO, 2015: 16):

1. Akıllı fabrikalar, karmaşık üretim süreçlerini hızlı ve sorunsuz bir şekilde yöneterek büyük bir başarı sağlamışlardır.
2. Akıllı fabrikalarda üretilen ürünler daha sorunsuz ve daha uzun ömürlüdür.
3. Akıllı fabrikalar da insanlar, makineler ve üretim kaynakları sürekli bir etkileşim içindedirler.

#### • Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik grafiksel ortamda (AR) ses, video, grafik veya GPS verileri ile bilgisayarlar aracılığıyla üretilen insanların duyularını etkileyecek düzeye getirilebilen dijital ortamdaki canlandırmalardır. Bu canlandırma sonucunda fiziksel ve gerçek alanda birleşme sağlanmakta ve kullanıcıya yeni bir algılama alanı oluşturulmaktadır. Yeni algı ortamını canlı olarak doğrudan doğruya veya dolaylı görseller aracılığıyla yansıtabilmektedir. Bu sistemde insan duyularına hitap edecek ve duyuları etkileyecek girdiler dijital ortamda zenginleştirilerek simüle edilebilir ve sonrasında artırılmış bu gerçeklik kullanıcının algısına sunulur. Görüntü ve algı düzeyinde zenginleştirme programı gerçek anlı uygulanarak ve ortam çevresindeki öğeler ile etkileşime geçirilebilmektedir. Artırılmış gerçeklikteki ortamla ilgili sanal bilginin yansıtılması gerçek dünyayla uyum halindedir (www.endustri40.com, 2016-2)



Şekil 2. Gerçeklik sanallık bütünlüğü

Kaynak: Koşan, L.(2014): “Muhasebe Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları” sy.2

AG, sanal gerçekliğin devamı şeklinde görülebilmektedir. Bir kıyaslama yapılırsa, sanal gerçeklikteki dünya benzetimi, var olan dünya gerçekliği yerine kullanılabilir. Sanal gerçeklik ile AG birbirinin zıttı değildir, gerçek dünyaya ait görüntülerin dijital işlemler sonucunda geliştirilmesi ve grafik zenginliği sağlanması sonucunda AG ortaya çıkmaktadır. Böylece algısal gerçeklik zenginleştirilerek değiştirilmiştir (Köroğlu, 2012: 2).

- **Yapay Zeka**

Yapay zeka, insana özgü olan, *algılama, öğrenme, çoğul kavramları bağlama, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarımsama yapma ve karar verme* bilişsel düzeyi yüksek olan fonksiyonları ya da davranışı yapması beklenen programlardır (www.wikipedia.org, 2016). Yapay zeka bugün bir çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. En çok bilinen örneği Satranç şampiyonunu yenen satranç bilgisayarıdır. Bu sistemler bilgiyi depolayarak zamanla deneme yanılma yöntemleriyle kendini geliştirebilmektedir. Tamamen program tabanlı olan sistem depoladığı bilgileri yorumlayabilir ve daha hızlı tepkiler verebilir hale gelmektedir. Yapay zeka daha çok robotik alanlarda kullanılmaktadır, fakat hızlı gelişen teknoloji sayesinde belki de cep telefonlarımız bile yapay zeka programları sayesinde bizi yönlendirir hale gelebilecektir.

- **Siber – Fiziksel Sistemler**

Siber-fiziksel sistemler; gözlemeleme, koordinasyon ve kontrol gibi üretimin ana unsurlarını, hesaplama ve iletişimin birlikte oluşumu ile meydana gelen birleşik teknoloji tarafından yönetilen sistemler bütünüdür. Bahsi geçen karma teknoloji daha açık bir ifadeyle, fiziksel sistemleri siber teknoloji ile birleştirilerek daha akıllı bir hal alması sağlanmıştır. Bu sürecin tamamı siber-fiziksel sistemler şeklinde adlandırılmaktadır. Makinelerin siber teknoloji ile birleşmesi bizi nano-teknoloji devrimine götürerek farklı bir boyuta taşımaktadır (EBSO, 2015: 18). Endüstri 4.0 teknolojinin unsurları siber-fiziksel sistemler ile internet ağ yapı sistemini birlikte içermektedir. Dördüncü endüstri devrimi 10 – 20 yıl içinde yaygınlaşarak firmaların inovatif dönüşümleri ile aktif bir şekilde kullanılabilir hale gelecektir (www.elektrikport.com, 2016-1).

- **Siber Güvenlik**

Şirketler bir birinden bağımsız yönetim ve üretim sistemlerini kullanarak üretim gerçekleştirmektedir. Sistemlerin bağlanabilir hale gelmesi endüstride bilgi güvenliğini arttıracak siber tehditlere karşı koyabilecek, sisteme kayıtlı makinelerin erişilebilirliği dikkate alınarak kimlik koordinasyonu sağlanabilecektir (TÜSİAD, 2016: 28).

Endüstri 4.0 kapsamında verilerin sağlıklı ve doğrulanabilir şekilde aktarımının sağlanması oldukça önemlidir. Üretim sistemlerinde yalnızca yetkili kişilerin önemli verilere ulaşımı sağlanabilmelidir. Ayrıca üretim sistemine dahil olan bütün cihazlardan gelen verilerin de doğruluğunun sağlanması ve işlenebilir olması gerekmektedir. İşletmeler ancak bu şartlar doğrultusunda Endüstri 4.0 sürecinde üretimlerini koruma altına alabileceklerdir (Siemens, 2014: 14). Siber güvenlik veri güvenliğinin kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır. Aksi halde cihazların düzenli bir şekilde internette aktif olarak bulunmaları veri kaybına ve bilgi güvenliğinin sağlanamamasına sebep olabilmektedir. Siber güvenlik sistemleri firmaların güvenliğini sağlayarak fiziksel iletişimin sağlıklı ortamda sürdürülebilmesini sağlamaktadır.

- **Büyük Veri**

Büyük veri; “*sosyal medya paylaşımları, bloglar, fotoğraflar, ağ günlükleri, videolar, sistem logları gibi farklı kaynaklardan elde edilen, işlenebilen ve anlamlandırılabilen veri biçimine dönüştürülme şekli*” olarak tanımlanabilir (EBSO, 2015: 19). Büyük veri karar alma sistemlerinde büyük bir kaldıraç görevi üstlenebilir. Çok farklı sektörler ve uygulamalarda daha iyi ve daha hızlı karar alma ortamı oluşturacaktır. Otomatik karar alma insanlar için karmaşıklıkları azaltabilir, şirketlere ve hükümetlere gerçek zamanlı hizmetler ve müşteri etkileşiminden otomatik vergi beyanı ödemeleri gibi daha birçok alanda destekler sunabilecektir. Büyük veriyi karar almada kaldıraç gibi kullanmanın da riskleri ve fırsatları mevcuttur. Karar almada kullanılan verilere ve algoritmalara güven duyulmasını sağlamak sistemin işlemesi için oldukça önemlidir. Kişilerin mahremiyet endişeleri açısından, iş ve hukuk yapılarında hesap verebilirlik oluşturmak için açık yol gösterici ilkelere gerek duyulacaktır.



Bugün elle yapılan işlemler büyük veriyle ikame edildiği takdirde belli işleri gereksizleştirebilir ama aynı zamanda şu anda mevcut olmayan yeni iş ve fırsat kategorileri gündeme getirebilir (Schwab, 2016:156-157).

- **Otonom Robotlar**

Üretim ortamlarının esneklik kazanması ile akıllı robotlar diğer cihazlarla, malzemelerle ve diğer üretim bileşenleriyle etkileşime geçerek şirketlerin üretkenliklerinde artış sağlayabilecektir. Bu durumda insanların yerini tamamen robotların alacağını söylemek mümkün değildir; fakat, geleceğin fabrika işçilerinin iş özelliklerinde yüksek öğrenim ve özel yetenekler yer alacak diğer kalan iş gücü ise başka alanlarda değerlendirilebilecektir. İnsanların ve robotların 24 saatlik uzun bir iş devresi boyunca sisteme bağlı bir şekilde çalışmalarını da bu sistem mümkün kılmaktadır. Üretimdeki herhangi bir aksama olması durumunda, yönetici ya da teknisyen mobil iletişim araçları ile oluşan soruna detaylı bir şekilde otomatik olarak aldıkları bilgi mesajı ile hâkim olabileceklerdir. Çözüm önerileri sunan ve sorunun yaşandığı alanda her zaman kayıta olan kamera sistemleri görüntüyü ileten otomatik mesajla yetkili kişiyi haberdar edebilecektir (KPMG, 2015: 2). Robotlar doğrudan bir operatörün kontrolünde çalışabildikleri gibi, bir bilgisayar programı aracılığıyla bağımsız olarak da hareket edebileceklerdir. Günümüzde robotlar endüstriyel üretimde özellikle otomotiv endüstrisinde çok sayıda kullanılmaktadır (EBSO, 2015: 20). Teknolojik ilerlemeler sayesinde robotlar daha uyarlanabilir ve esnek hale getirilmektedir. Robotların yapısal ve işlevsel tasarımı karmaşık biyolojik yapılardan esinlenerek şekillenmektedir. Sensörlerdeki gelişmelerle robotlara çevrelerini algılama ve tepkide bulunma gibi yetenekler kazandırılmaktadır. Eski robot teknolojisinin ötesinde şimdi robotlar bulut aracılığıyla uzaktan enformasyona erişim sağlayabilmektedir. Böylece başka robotlarla etkileşim ve robotlardan oluşan ağ sistemlerine ulaşabilmektedir (Schwab, 2016: 25-26).

- **Simülasyon**

Hala tasarım sürecinde olan ürünlerin, üretim süreçlerinin ve de malzemelerin 3 boyutlu simülasyonlarından faydalanılabilecek ve ilerleyen dönemlerde simülasyonlar fabrika üretimlerinde daha etkin kullanılabilecektir. Gerçek zamanlı olarak alınan verilerle, hazırlanan sanal modeller verimliliği daha yüksek ürünler üretilmesini mümkün kılmaktadır. Bu durumda operatörler, üretim hattını takip edecek olan ürünün üretimden önce sanal olarak test edilebilmesi ve en uygun kurulum ile kalitede artış sağlayabilecektir. Örneğin Siemens ekipman üreticisi olan bir firmayla ortak çalışma yaparak makinelerden toplanan verileri, bir simülasyon geliştirerek, ürünün işlem sürecini % 80 oranında azaltarak verimlilik artışı gerçekleştirebilmiştir (TÜSİAD, 2016: 26-27).

- **Sistem Entegrasyonu**

Tek bir sistem gibi çalışabilen çoklu sistem koordinasyonudur. Birçok sistem bir araya gelerek bir sistem gibi organize edilebilmektedir. Sistem entegrasyonu; kurumsal uygulamalar, network ağları ve işlem sürecinin yönetimi veya yazılımlar gibi tekniklerin kullanılması ile bir birinden farklı sistemlerin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkar. Alt sistemlerin entegre olması ile birlikte sistem işlevselliği söz konusu olabilir. Dünya çapında sistem tasarımları, kendi içinde entegre programı ile birlikte geliştirilerek diğer sistemlerle koordinasyon sağlamaya hazır şekilde üretimler gerçekleştirilmektedir (EBSO, 2015: 21).

- **Bulut Bilişim Sistemi**

Bulut depolama sistemi ile artık şirketler, bulut bilişim sistemine uyumlu yazılımları aracılığıyla kurumsal işlemlerini yapabilmektedir. Yeni ürün bilgilerinin sisteme dahil olması ile bulut teknolojisinin performansının artırılması ve etki tepki süresinin kısılması da gerçekleşebilir. Bulut bilişim sayesinde daha çok bilgiye ulaşılabilir ve üretim sistemlerinde bilgiye bağlı hizmetlerde verimlilik artışı mümkün olabilecektir (TÜSİAD, 2016: 29).

ABD’de oluşturulan bir grup olan Akıllı Üretim Liderlik Koalisyonu üretimin yeniden şekillenmesi üzerine araştırmalar yapmaktadır. Kar amacı gütmeyen bu koalisyon, imalat uygulayıcıları, tedarikçileri ve teknoloji şirketlerinden oluşan bir organizasyondur. Koalisyonun amacı, “*üretimde iletişimin benimsenerek kolaylaştırılması için yaklaşımlar geliştirmek, platform ve ortak altyapı*

*oluşumu için Ar-Ge faaliyetlerinin artmasını sağlamak, uygulamak ve destekleyici gruplar oluşturmak üzere imalat sanayindeki girişimleri arttırmaktır”* (www.elektrikport.com, 2016-2).

- **Diğer Teknolojik Gelişmeler**

Enerji sektöründe yeni bir atılım olan Kojenerasyon Sistemi; aynı cihazdan hem enerji hem de ısı üretimini sağlayan bir sistemdir. İki enerjinin aynı sistemde üretiminin birleştirilmesi sonucu ayrı ayrı üretiminden daha ekonomik sonuçlar elde edilebilmektedir. (www.elektrikport.com 2016-1). Maliyetleri azaltmak bilhassa sanayi sektöründe enerji verimliliğini artırarak güvenli, geri dönüştürülebilir ve ucuz enerjinin elde edilmesi ile gerçekleşebilecektir. Elektrik üretimi esnasında ortaya çıkan ısı eşanjörlerin kullanımı ile diğer ısı ihtiyaç alanlarına aktırılarak % 80-90 oranında verimlilik sağlanmaktadır (Yücel, 2004:105).

Gelecekle ilgili ilginç tahminler yapan ünlü fizikçi Dr. Kaku'ya göre nano - teknoloji biyoteknoloji ve yapay zekânın gelişmesi tüm endüstrilerde dijital bir devrimin gerçekleşeceğini ifade etmekte ve bununla birlikte bazı gelecek ile ilgili öngörüler de bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; “2020’lerde çiplerin maliyeti çok düşük seviyelerde olacak, çipler her yerde bulunabilecek, bilgisayarlar ve internet bir süre sonra görünmez olacak. Elektriğin varlığının artık hissedilmediği gibi, ilerleyen yıllarda bilgisayar ve internetin varlığı sorgulanmayacak. Bilgisayarlar görünmez olduğu gibi literatürden bu sözcük neredeyse silinecek. Mobilleşen dünya da bilgi ulaşımı bulut sistemleri üzerinden gerçekleşecek. Kontak lensler aracılığıyla karşımızdakinin söyledikleri anlık tercüme edilebilecek ve yabancı dil bir sorun olmaktan çıkacak. Televizyon kanallarını kumanda yerine zihin gücü ile değiştirecek, internete de telepati aracılığıyla girilebilecek. Düşünce gücüyle ayrıca mail atılabilecek klavye ihtiyacı minimize olacak. Gelecekte her şey robotlar tarafından yapılacak geriye kalan önemli meslekler ise fikir üretimi ile gerçekleştirilen sanatçılık, TV showları, tasarım gibi alanlar öne çıkacak. Bu devrim sonunda da kaybedenler olacak ve 4. Endüstri devriminin kaybedenleri ‘aracılar’ olacak” (www.k-note.com.tr, 2016).

- **Sıfıra Yakın Marjinal Maliyet Kavramı**

10-15 yıl öncesinde bir birimlik zenginlik bugüne oranla daha fazla işçi ile üretilebilmekteyken günümüzde daha az sayıda işçi ile gerçekleştirilebilmektedir. Sebebi ise dijital şirketlerin sıfıra yakın marjinal maliyetlerle üretim yapabilir durumda olmasıdır. Dijital çağda birçok şirket nakliye, depolama ve çoğaltma maliyetleri çok düşük olan enformasyon mallarının üretimini yapabilmektedir. Örneğin 1990 yılının Detroit’inin 2014 yılındaki silikon vadisiyle karşılaştıracak olursak; 1990 yılının Detroit’indeki üç büyük şirketin piyasadaki değeri 36 milyar dolardır ve 250 milyar dolar toplam gelire sahiptir, bu gelire 1,2 milyon çalışan ile ulaşılmıştır. 2014 yılının silikon vadisinde ki üç büyük şirketin piyasadaki toplam değerine baktığımızda ise oldukça yüksek bir piyasa değeri (1,09 trilyon dolar) yaklaşık aynı miktarda gelir üretmektedirler (247 milyon dolar) fakat sadece 10 kat daha az 137 bin çalışanla bunu sağlamışlardır (Schwab 2016: 19). Bu durum teknolojik gelişim ile istihdamın ters ilişki içerisinde olduğunun en önemli göstergesidir.

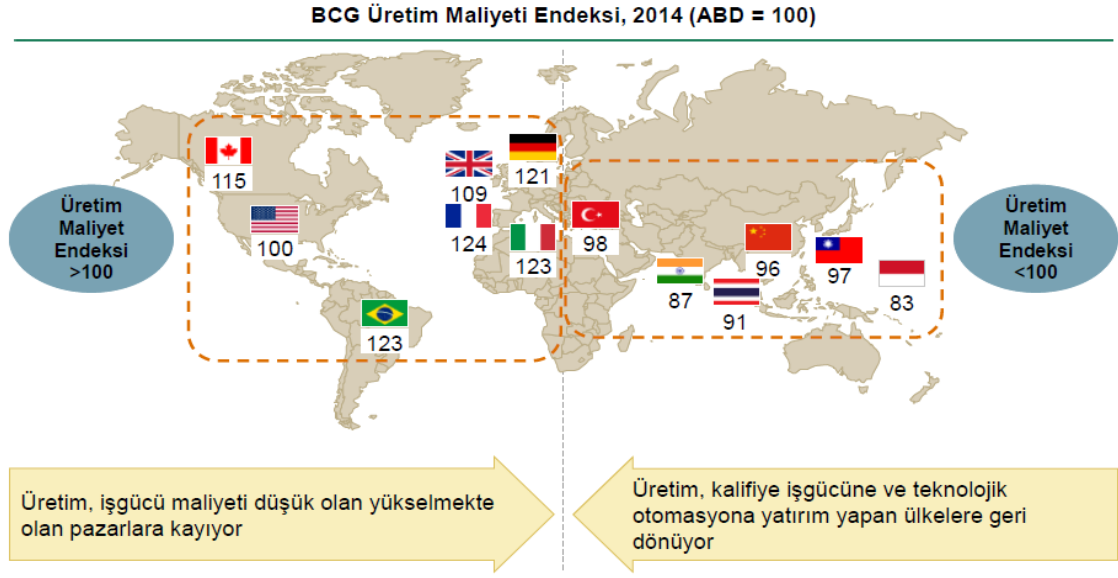
## **2.2. Endüstri 4.0'ın Karşılaştığı Zorluklar**

Endüstri 4.0 ile ilgili firmalar yeterince bilgi ve donanıma sahip değillerdir. Yeni sanayi devrimin kavramları bile yeterince anlayamamaktadır. Nitelikli iş gücü ihtiyacı niteliksiz iş gücü talebinin azalmasına sebep olabilecektir. Kurumlarda mevcut olan geleneksel sistemin değişime karşı direnç göstermesi beklenmektedir. Üçüncü sanayi devrimini gerçekleştirmiş firmalar Endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmekte isteksizlik içerisinde (www.elektrikport.com,2016-1).

## **3. TÜRKİYE’NİN KONUMU**

Türkiye’nin jeopolitik konumu ilk çağlardan beri iktisadi açıdan önem arz etmiştir. Bu durum ülkemize dinamik bir yapı getirmiştir. Bütün iktisadi değişim süreçlerinde en çok etkilenen bölge de konum alması Türkiye açısından dördüncü sanayi devrimini yakalamak, bir zorunluluk halini almıştır. Türkiye için iki seçenek vardır; ya küresel rekabet gücü kaybolacak veya gelişmiş ülkeler arasında

katılmak için ciddi adımlar atılacaktır. Türkiye, lojistik avantajı sağlayan coğrafi bir bölgede bulunmaktadır ve bu sayede esnek, düşük maliyetli üretim yapabilecek görece düşük iş gücü maliyeti mevcuttur. Bu durum küresel firmalara karşı rekabet edebilir şekilde konum almasını sağlamıştır. BCG (Boston Consulting Group) Global Üretim Maliyeti Endeksi (Şekil 3); üretim ücretlerini, verimliliği, enerji maliyetlerini ve döviz kurlarını dikkate alarak oluşturmuş olduğu endekse göre Türkiye 98, Almanya 121, ABD ise 100 ortalama birim maliyetle üretim yapabilmektedir. Bu durumda Türkiye ortalama doğrudan üretim maliyetlerinde Almanya'nın % 23 altında iken, ABD'den ise % 2 oranında daha az maliyet oranına sahiptir. Bu istatistiki analiz, Türkiye'nin küresel olarak etkin rekabet avantajı içerdiğini ve ihracat platformunda daha güçlü bir yere sahip olabileceğinin göstergesi niteliğindedir (TÜSİAD, 2016: 33).



Not: Bu endeks sadece dört tane doğrudan gideri kapsamaktadır. Hammadde giderleri ve makine ve araçların amortismanı gibi diğer maliyetler açısından bir fark olmadığı varsayılmaktadır. Maliyet yapısı, bütün sanayilerde ağırlıklı ortalama olarak hesaplanmıştır.  
Kaynak: ABD ekonomik verileri, ABD Çalışma İstatistikleri Birimi; ABD Ekonomik Analiz Birimi; ILO; Euromonitor international; Economist istihbarat birimi; BCG'nin analizi

THE BOSTON CONSULTING GROUP

### Şekil 3. Türkiye'nin Küresel Değer Zincirindeki Konumu

Kaynak: TÜSİAD, 2016: s. 33 <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>

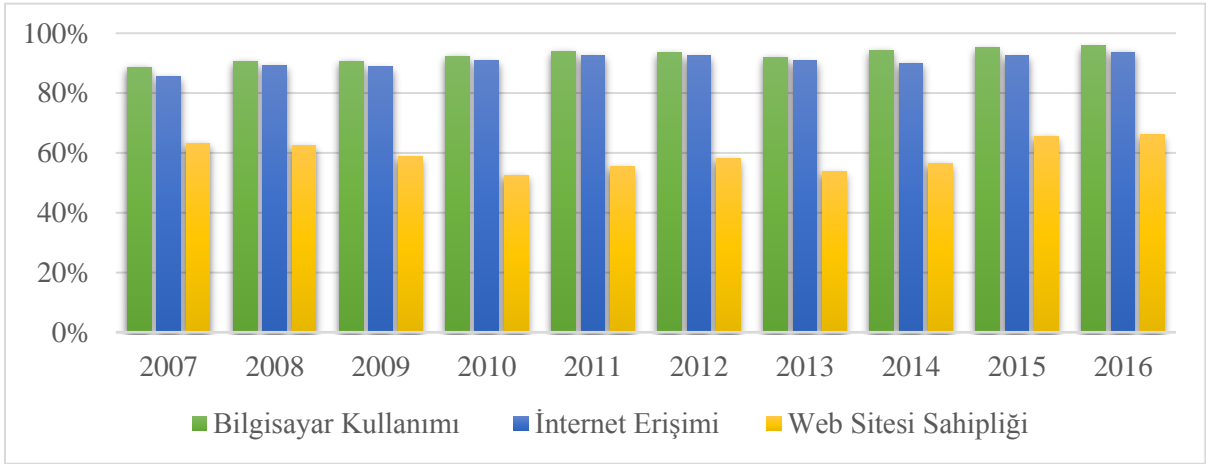
BCG analiz raporuna göre, Almanya'nın Endüstri 4.0 için yapmış olduğu atılımlar dikkate alındığında uzun dönemde 20-25 birimlik bir maliyet düşüşü yaşayacağı öngörülmüyor. Böyle bir durumun gerçekleşmesi ve Türkiye'nin maliyet yapısında bir iyileşmeye gidilmediğinde bölgesel avantajını kaybetmesi beklenmektedir. Maliyet avantajı ile birlikte küresel ölçüde rekabet edebilirliğini de kaybetmesi söz konusu olacaktır. Ayrıca Almanya'nın nitelikli iş gücü potansiyeli ve yeni teknolojilerin niteliksiz iş gücünü devre dışı bırakması işsizlik sorunu ile karşı karşıya kalma riskini azaltmaktadır. Diğer taraftan Türkiye'nin iş gücü niteliği dikkate alındığında Endüstri 4.0'a uyum sağlayamadığı durumda bile işsizlik sorununun çoğunluğunu niteliksiz iş gücü içermektedir.

Türkiye karşılaştırmalı olarak üstün olduğu küresel rekabetçilik gücünü kaybetmesi ya da rekabetçiliğinin nispeten azalması durumunda küresel pazar payında bir azalma meydana gelebilecek, artan oranlı işsizlik ve işgücü kalitesinde de azalış ile karşı karşıya kalabilecektir. Böyle bir durumda, Türkiye, yatırım oranlarının düşük seviyelerde gerçekleştiği ve yüksek katma değere sahip olmayan üretim ile iktisadi kısır döngü süreci ile karşılaşabilecektir. Endüstri 4.0 ile küresel rekabet gücünü artırıcı yatırımlar gerçekleştirilerek, küresel Pazar payını yükseltebilecek ve nitelikli işgücünü arttırabilecektir (TÜSİAD, 2016: 37).

## 4. TÜRKİYE'NİN ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA TEKNOLOJİK GELİŞİM GÖSTERGELERİ

Dördüncü endüstri devriminin gelişmekte olduğu son yıllarda teknolojinin kullanılabilirliği konusunda Türkiye'nin göstergeleri çok önemlidir. Türkiye Jeopolitik coğrafyası nedeniyle gelişmekte olan devrimin transferi noktasında Avrupa ve Asya arasında önemli bir köprüdür. Bu devrimin öncülüğünü yapan Alman firmalarının Türkiye'deki fabrikalarında Ar&Ge çalışmalarına hız verdikleri bilinmektedir. Bu firmalarla rekabet edebilecek olan yerli firmalarında bundan sonraki stratejileri önem kazanmıştır.

2020 yılında 14 milyar cihazın bir birine bağlanabilir olacağı hedefi ölçü alınırsa Türkiye'de iletişim alt yapısının genişletilmesi gerekebilir. Bu durumu grafik 1 ve grafik 2 yardımıyla açıklayabiliriz. Grafik 1 verilerini incelediğimizde girişimlerde bilgisayar kullanımı ve internet erişimi yüksek oranlarda görülmekte olsa da web sitesi sahipliği konusunda yüksek seviye yakalanamamıştır. Bilgisayar kullanımı 2016 yılında % 95,9, İnternet erişimi % 93,7 gibi yüksek rakamlara ulaşsa da web sitesi sahipliği % 66 seviyesindedir.

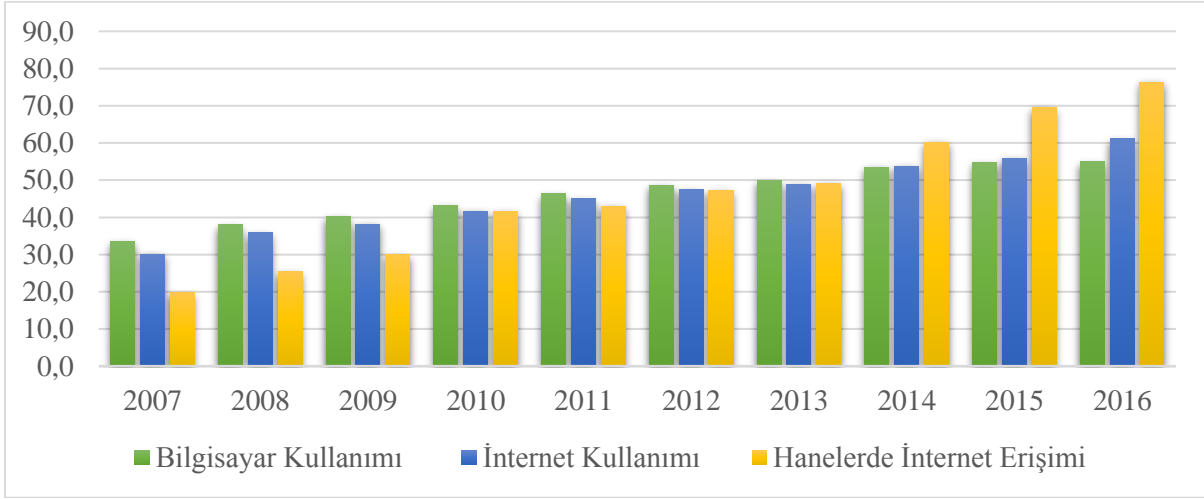


**Grafik 1.** Girişimlerde Bilişim Teknolojilerinin Kullanımı

Kaynak: TÜİK, 2016. [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1615](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1615)

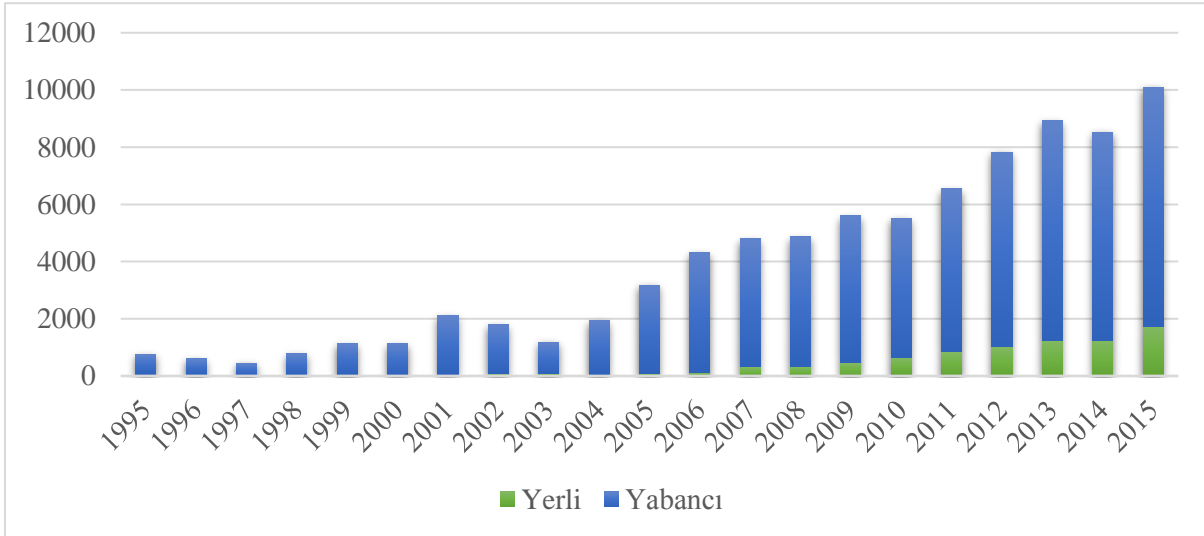
Dördüncü sanayi devriminin iletişimde ve ulaşımda hız çağını yaşattığını düşündüğümüzde girişimcilerin internet üzerinden üretim ve pazarlama ağlarını genişletmesi için web sitesi sahipliğinin giderek artan bir seyirde olması gerektiği düşünülebilir. Fakat grafikten de anlaşılacağı üzere henüz internet kullanımı bu konuda yeterince yaygınlaşmamıştır. Bunun sebepleri arasında yasal düzenlemeler yapılsa da, internet alış-verişlerinin tüketiciler için yeterli güvenilirlikte olmadığı söylenebilir. Cihazların, robotlar ve nesnelerin interneti ile birbirine bağlanacağını, akıllı fabrikaların kurulacağını dikkate aldığımızda ayrıca bu fabrikaların otomasyonlar aracılığıyla yönetilip web siteleri aracılığı ile uygulamalar üzerinden de yönetileceğini göz önüne aldığımızda, girişimlerde internet ve web sitesi sahipliği konusunda henüz yeterli donanıma sahip olmadığımız söylenebilir.

Akıllı telefonların kullanımının yaygınlaşması ile hane halklarının teknoloji kullanımının arttığı Grafik 2'den gözlenebilmektedir. 2007 yılında hane halklarının bilgisayar kullanımı % 33,4 ve internet kullanımı % 30,1 seviyesindedir. Bu oranlar ciddi bir artış ile 2016 yılına gelindiğinde bilgisayar kullanımı % 54,9 internet kullanımı ise % 61,2 olarak gerçekleşmiştir. Teknolojinin yaygınlaşması ve iletişim şirketlerin yaptığı yatırımlar sayesinde ise hanelerdeki internet erişimi 2007 yılında % 19,7 düzeyinde gerçekleşmiştir. 2016 yılına gelindiğinde ise % 76,3 seviyesine ulaşmıştır. Bu durum 2007 ile kıyaslandığında Türkiye için iyi bir gelişme gibi görünse de yeterli değildir. Dördüncü sanayi devrimi ile ortaya çıkan teknolojik ve dijital değişim dikkate alındığında hane halklarının % 70'den daha yüksek oranlarda bilgiye ve iletişime ulaşabilir olması gerekmektedir. Dördüncü sanayi devrimi için öngörülen; hızla bütün cihazların internete bağlanabilir olması ve uzaktan kontrolünün mümkün olmasıdır. Bu durumda Türkiye'de alt yapı çalışmalarının hız kazanması ve özellikle teknoloji kullanımının eğitim programları aracılığıyla yaygınlaştırılması gerekebilir.



**Grafik 2.** Hanelerde Bilişim Teknolojileri Kullanımı

Kaynak: TÜİK, 2016. [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1615](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1615)



**Grafik 3.** Yerli ve Yabancı Patent Tescillerinin Yıllara Göre Dağılımı

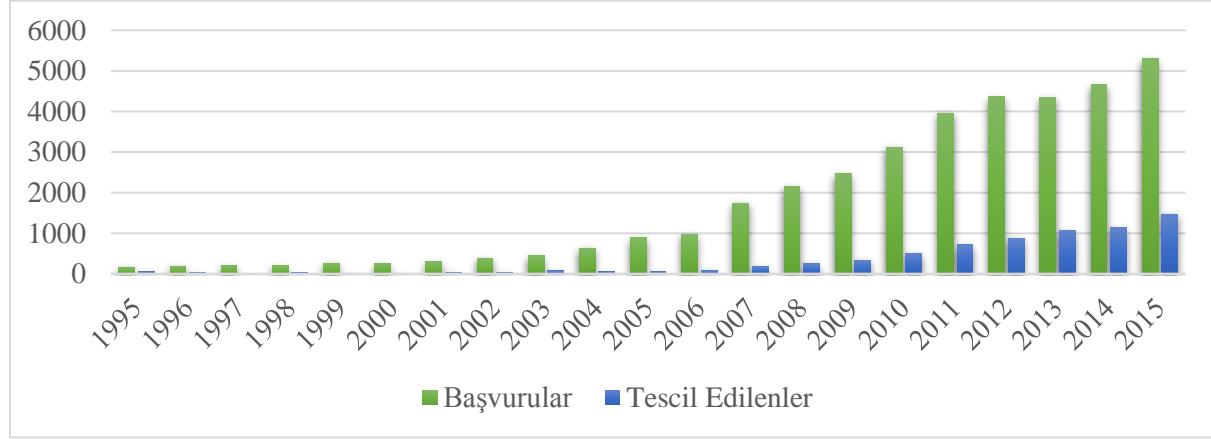
Kaynak: TPE, 2016

[http://www.turkpatent.gov.tr/TurkPatent/resources/istatistik/patent/Patent\\_basvuru\\_yillara\\_gore\\_dagili\\_m.xls](http://www.turkpatent.gov.tr/TurkPatent/resources/istatistik/patent/Patent_basvuru_yillara_gore_dagili_m.xls)

Schwab (2016), yapmış olduğu anket çalışmasında katılımcılara yöneltilen, ‘2025 yılındaki evlere giden internetin % 50 den fazlasını alet ve cihazlar için kullanılması’ sorusuna % 69 oranında katılım sağlanmıştır. (kastedilen nesnelere interneti kapsamında internet aracılığı ile aletlerin koordine çalışması ve akıllı evler projeleridir). Aynı çalışmada internet kullanımıyla ilgili sorular şu şekildedir; insanların % 10’unun internete bağlanabilen giysiler giymesi % 91,2, okuma gözlüklerinin % 10’unun internete bağlanması % 85,5, nüfusun % 90’ının akıllı telefon kullanması % 80,7, nüfusun % 90’ının internete düzenli erişime sahip olması % 78,8 oranında (Schwab, 2016; 36) gerçekleşecek olan gelecek varsayılmıştır. Bu kapsamda Türkiye’deki internet erişimi günümüz teknolojisi için geçerli bir yeterliliğe sahip görünse de gelecek teknolojilerinin dördüncü sanayi devrimi kapsamında geliştirilecek olan yeni internet tabanlı teknoloji ürünlerine yetebilecek kapasitede olmadığı, yeterli internet kullanımının gerçekleşmediği ve teknoloji kullanılabilirliğinin Türkiye için sınırlı kaldığı söylenebilir. Günümüzde akıllı telefonların kullanım alanlarının insanların sadece iletişim ve sosyal ağ kapsamında kullandığını, ARGE araştırmalarını geliştirmek ve akademik anlamdaki kullanılabilirliğinin kısıtlı olduğu dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda teknolojinin gerekli zamanda gerekli yerde kullanımı, ayrıca

teknoloji kullanılabilirliğinin artırılması konusunda eğitim alanlarının genişletilerek yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Grafik 3'te ki verilere göre geçerli yıllarda yapılan patent başvurularının 38.748 yerli 80.577 yabancı kaynaklı başvurulardır. Toplamda 119.325 başvuru yapılmıştır. Başvuruların 8554'ü yerli 73.470'i yabancı kaynaklı olmak üzere toplam 82.024 adet başvuru tescil edilmiştir. Yerli başvurulardan en çok başvuru 16.928 İstanbul, sonrasında 4.673 Ankara, 2745 Bursa ve 2380'i İzmir olmak üzere sanayisi gelişmiş kentler çoğunluktadır.



**Grafik 4.** Yerli Patent Başvuruları Ve Tescil Edilenler

Kaynak: TPE, 20.01.2016 raporlama tarihi itibari ile hazırlanmıştır.

[http://www.turkpatent.gov.tr/TurkPatent/resources/istatistik/patent/Patent\\_basvuru\\_yillara\\_gore\\_dagili\\_m.xls](http://www.turkpatent.gov.tr/TurkPatent/resources/istatistik/patent/Patent_basvuru_yillara_gore_dagili_m.xls)

Grafik 4 verilerinde ise toplam 20 yıllık süreçteki Patent başvurularının % 0,024'ü PCT (Patent Cooperation Treaty – Patent İşbirliği Antlaşması) kapsamındaki başvurular olduğu gözlenmektedir. 20 yıllık bu dönemde Tescil ettirilen patenlerin ise % 82'si PCT kapsamında patent anlaşmalarıdır. 1995-2015 yılları arasında toplam patent başvuruları 38.748'dir. Fakat tescil edilen patent sayısı 8554 adet olarak % 22 oranında gerçekleşmiştir.

Tablo 1 verileri incelendiğinde, inovasyon yapan girişimlerde ise sanayi sektöründe olanların oranı ortalama % 40 seviyelerindedir. 2004-2006 yıllarında % 60 sanayi girişimleri inovasyon oluştursa da 2012-2014 yılına gelindiğinde % 54,2 seviyesine gerilediği gözlenmektedir. 2004-2014 yılları arasında girişimlerde inovasyon çalışmalarını dalgalı bir seyir izlemektedir.

**Tablo 1:**Türkiye'deki Yenilikçi Girişimlerin Oranı %

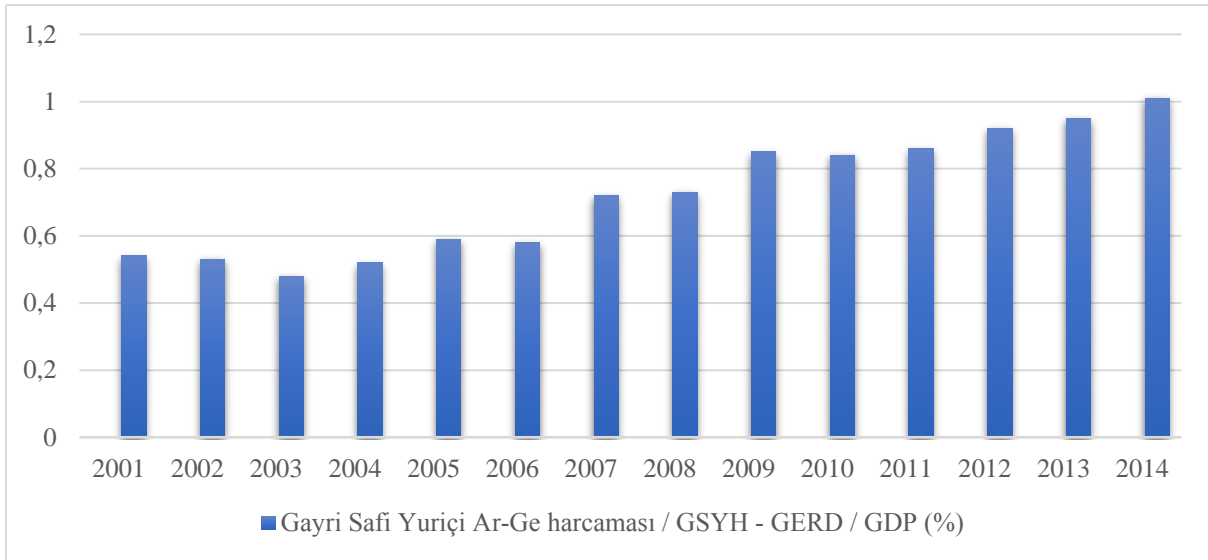
	2004-2006	2006-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014
<b>Yenilikçi Girişimler</b>	58.2	37.1	51.4	48.5	51.3
<b>Y.G.'de Sanayinin Payı</b>	60.8	41.1	52.2	49.8	54.2

Kaynak: TÜİK, 2016 verilerinden derlenmiştir.

## 5. TÜRKİYE'DE AR&GE FAALİYETLERİ

Ar&Ge çalışmalarının ekonomik büyümeye etkisini dikkate alan bir çok araştırma literatürde yerini almıştır. Bunlardan bazıları şu şekildedir; Altıntaş ve Mercan 2015 yılında yapmış oldukları çalışmada Ar&Ge Harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisini araştırmışlardır. "Kişi başı Ar-Ge harcamalarında meydana gelen 1 birimlik artış ekonomik büyümeyi 3.43 birim arttırmaktadır. İşgücü artışları ve sabit sermaye oluşumu değişkenlerinde meydana gelen 1 birimlik artışlar ise ekonomik büyümeyi sırasıyla 0.20 ve 0.21 birim arttırmaktadır" sonucuna ulaşarak Ar&Ge harcamalarının ekonomik büyümeye olan etkisini ekonometrik olarak ölçmeyi başarmışlardır. Altın ve Kaya 2009

yılında yapmış olduğu bir çalışmada 1990-2005 yılları arasında Ar&Ge harcamaları ile büyüme arasında nedensellik analizi kurmuştur. VEC (vector error correction) modelini kullanarak yapmış olduğu çalışmada Türkiye ekonomisinde Ar&Ge harcamalarının uzun dönemde büyüme performansını arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Göçer 2013 yılında Ar&Ge harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Panel eşbütünleşme ve panel veri analizlerini kullanarak “Ar&Ge harcamalarındaki % 1’lik artışın, yüksek teknoloji ürün ihracatını ortalama % 6,51 oranında arttırdığı” sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca “Ar&Ge harcamalarındaki artışın, bilgi-iletişim teknolojileri ihracatını pozitif ve istatistiki olarak anlamlı biçimde etkilediği ve Ar&Ge harcamalarında meydana gelen % 1’lik artışın, bilgi-iletişim teknolojileri ihracatını % 0,6 oranında arttırdığı” ampirik analiz sonucunda ortaya koymuştur (Göçer, 2013; 235). Ar&Ge harcamalarının iktisadi büyümeyi pozitif yönlü etkilediğini ortaya koyan benzer bir çok çalışma mevcuttur.

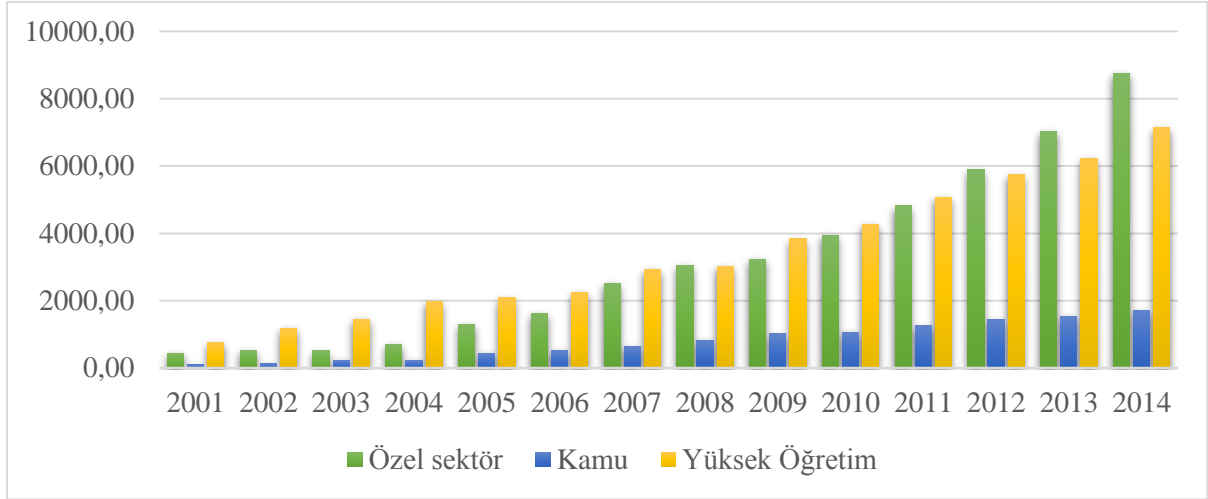


**Grafik 5.** Türkiye’de Ar&Ge Harcamalarının GSYİH’ya Oranı

Kaynak: TÜİK, 2016 [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1620](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1620)

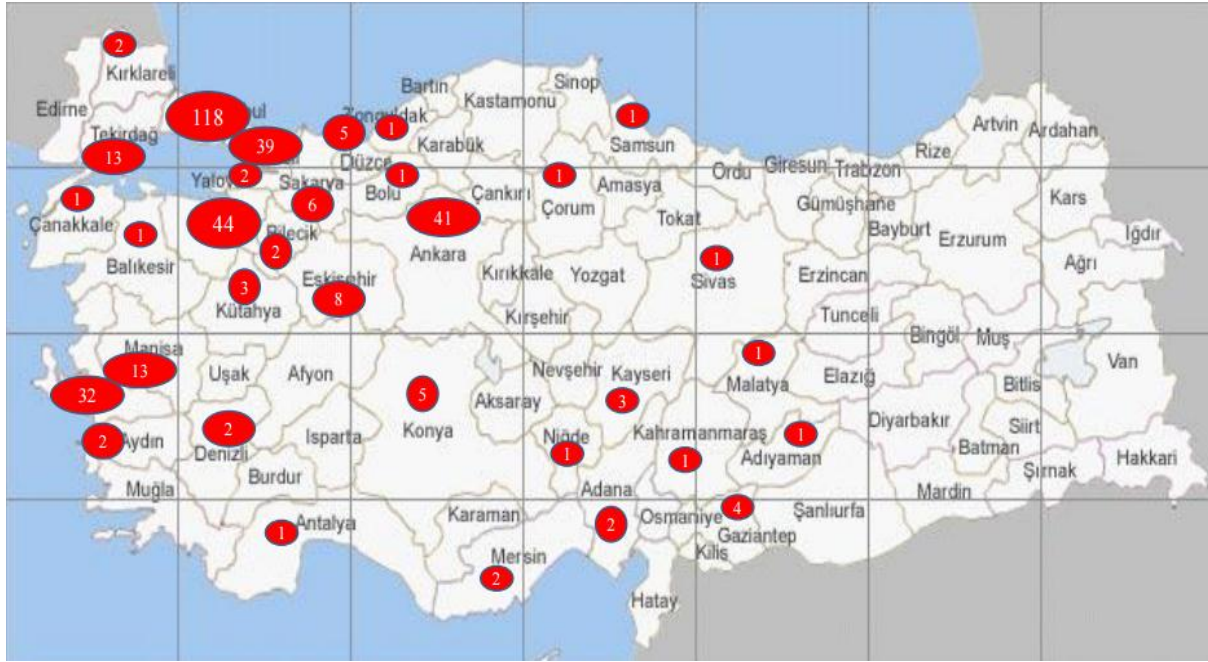
Türkiye’de Ar&Ge harcamalarının GSYİH’ya oranını incelendiğinde (Grafik 5) 2001 yılında % 0,54 seviyesindeki oran 2014 yılına gelindiğinde ise % 1,01 seviyesinde yükseldiği gözlenmektedir. 2007 yılından sonra inovasyon çalışmalarına verilen önem grafikten de anlaşıldığı gibi etkisini göstermiştir.

Ar&Ge harcamaların sektörel dağılımı Grafik 6’da verilmiştir. Grafik verileri incelendiğinde en yüksek Ar&Ge harcaması 2014 yılında 8,760 milyon TL özel sektör tarafından gerçekleştirilmiştir. 2001 yılında özel sektör 435 milyon TL harcama yaparken inovasyona verilen ağırlık 2008 - 2009 yıllarından sonra hızlı bir şekilde artarak yükseköğretim harcamalarını geride bırakmıştır. İnovasyon bilinci oluşturmak açısından son yıllarda yapılan çalışmaların özel sektör tarafından algılanarak hızla Ar&Ge’ye ağırlık verilmiş olduğu grafik verilerinden gözlenmektedir. Kamunun harcamaları ise 2001 yılında 95 milyon TL, 2014 yılına gelindiğinde ise 1,705 milyon TL ile toplam harcamanın % 9’unu oluşturmaktadır. 2014 yılında toplam Ar&Ge harcamaları 17,598 milyon TL olarak gerçekleşmiştir. Toplam harcamalar dikkate alındığında kamunun yapmış olduğu harcamanın yeterli seviyede görünmemektedir. Birçok gelişmiş devletin inovatif çalışmaları, kamusal harcamalarla destekleyerek ülke ekonomisini üst sıralara çıkarmıştır.



**Grafik 6.** Ar&Ge Harcamalarının Sektörlere Göre Dağılımı

Kaynak: TÜİK, 2016 [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1620](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1620)



**Şekil 4.** Ar&Ge Merkezleri

Kaynak: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2016.  
<https://agtm.sanayi.gov.tr/Upload/SingleFile/Dosya-260-801.pdf>

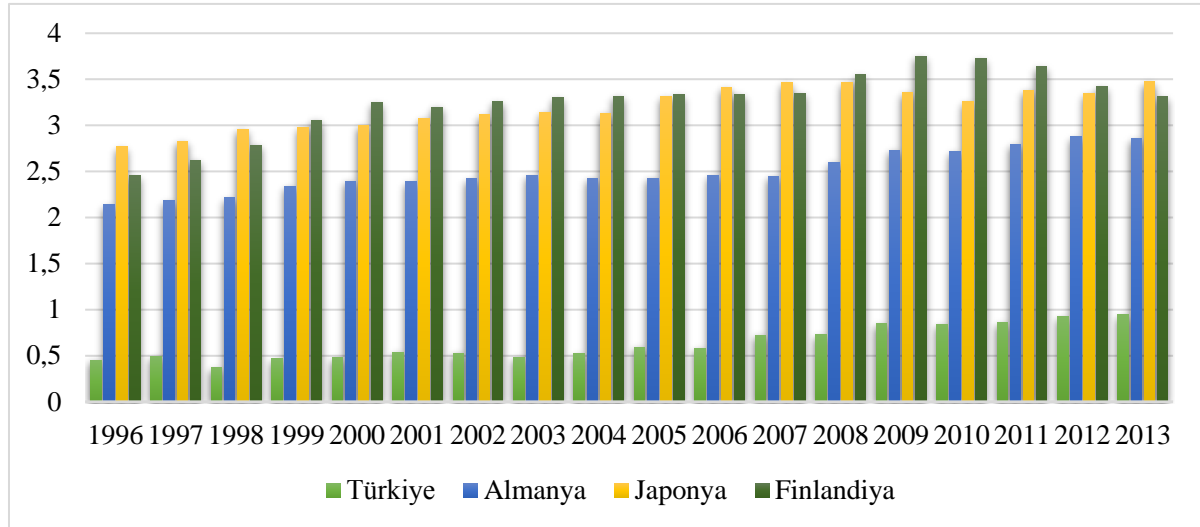
Bilim sanayi ve teknoloji bakanlığının 2016 yılı raporuna göre en çok Ar&Ge faaliyetleri 118 merkez ile İstanbul'da gerçekleştirilmektedir. Bursa 44 ve Ankara 41 Ar&Ge merkezi ile takip etmektedir. Bu rapora göre Türkiye'de faaliyet gösteren 360 Ar&Ge merkezi mevcuttur, bunlardan 58 tanesi yabancı ortaklıdır. Tamamlanan ve devam etmekte olan toplam 14.522 proje bulunmaktadır. Faaliyet gösteren merkezlerde toplam 31.157 personel bulunmakta ve % 24 lisansüstü eğitime sahip nitelikte istihdam sağlamaktadır. Sektörel dağılıma baktığımızda ise ilk 5 sektör sırasıyla; otomotiv yan sanayi, makine ve teçhizat imalatı, yazılım, bilişim ve iletişim teknolojileri, savunma sanayi alanlarında Ar&Ge merkezi faaliyet göstermektedir.

## 6. TÜRKİYE'NİN AR&GE HARCAMALARININ ALMANYA, JAPONYA VE FİNLANDİYA İLE KARŞILAŞTIRILMASI



Endüstri 4.0'ın gelişmesinde Almanya önde gelen ülkelerdendir. Japonya ve Finlandiya ise Ar&Ge çalışmaları ve teknolojik verimlilikleri arttırmaları sonucu 3. Endüstri devrimini yakalayarak gelişmiş ülkeler arasında yerlerini almışlardır. Türkiye'de de son yıllarda Ar&Ge çalışmalarına ağırlık verilmiş olsa da bu çalışmaların diğer ülkeler karşısında yeterliliği incelendiğinde bu alanda daha fazla yatırımın yapılması zorunluluk halini almaktadır.

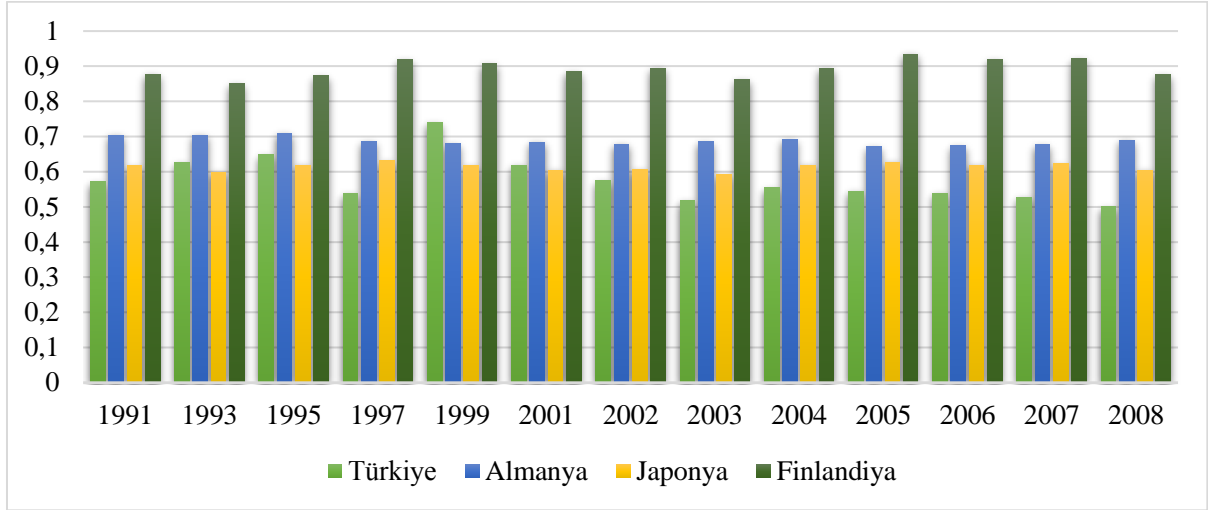
Grafik 7 verilerini incelediğimizde 1996-2013 yılları arasında Finlandiya ve Japonya'nın yüksek oranda Ar&Ge harcamaları yaptıkları görülmektedir. Finlandiya 2009 yılında GSYİH'nin % 3,75 ve 2010'da % 3,73 oranında harcama yaparak gösterge ülkeler arasında en yüksek harcama oranına ulaşmıştır. 2013 verilerine baktığımız zaman Japonya % 3,47 oranı ile en yüksek oranda harcamaya sahiptir. 2013 yılında Finlandiya % 3,30, Almanya % 2,85 Türkiye ise % 0,94 oranında Ar&Ge harcaması gerçekleştirmiştir. Türkiye 1996 yılından 2013 yılına kadar Ar&Ge harcamalarını % 0,45 oranından % 0,94 oranına yükseltmiştir. 2007 yılından sonra Ar&Ge harcamalarına ağırlık verilmiş gibi görünse de bu oran henüz yeterli değildir. Özellikle 2023 yılı hedeflerini dikkate aldığımız zaman yüksek teknolojinin egemen olduğu Endüstri 4.0 ile birlikte bu oranlarda Türkiye'nin belirlenen hedeflere ulaşamayacağı öngörülebilir. Diğer ülkelerin Ar&Ge harcamalarına baktığımızda 2013 yılı dünya bankası verilerine göre en yüksek Ar&Ge harcamasını % 4,21 oranında harcama yapan İsrail ve onu % 4,14 oranında G. Kore takip etmektedir. Türkiye ise dünya ülkeleri arasında % 0,94 oranıyla 36. sırada yer almaktadır.



**Grafik 7.** Ar&Ge Harcamalarının GSYİH içindeki payı Türkiye, Almanya, Japonya, Finlandiya (1996-2013)

Kaynak: Dünya Bankası, 2016. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>

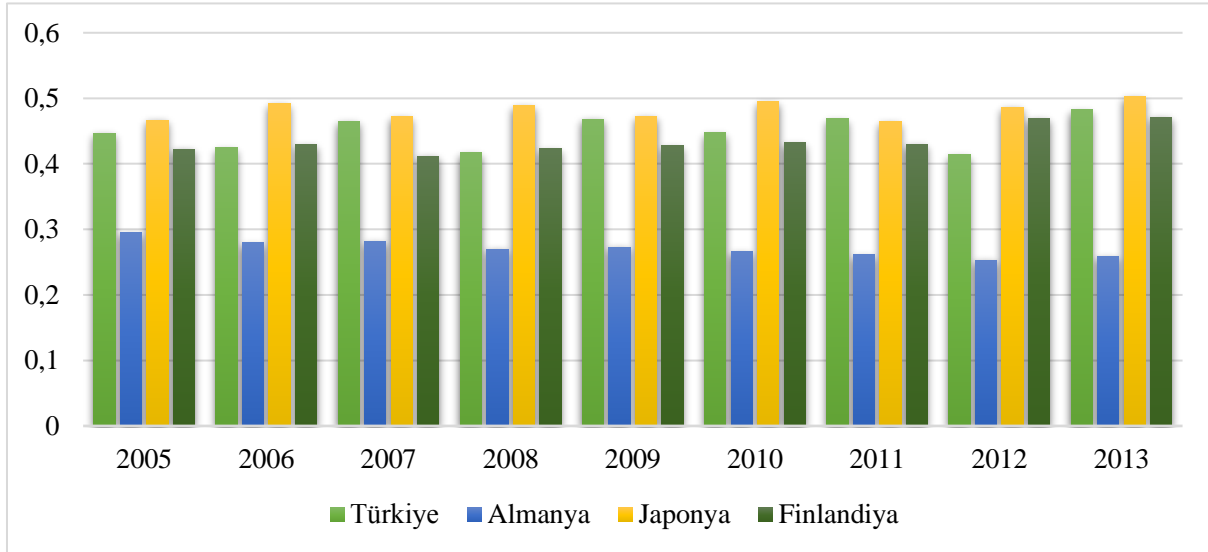
Finlandiya yüksek Ar&Ge harcamalarını etkin kullanarak ileri teknoloji üretiminde hızlı gelişme göstermiş bir ülkedir. Özel sektör ve kamu birlikteliği ile koordine bir şekilde çalışarak uluslararası firmalarla rekabet edebilir boyutlara ulaşmıştır. Grafik 8 göstergelerine bakıldığında teknoloji üretimi alanında Ar&Ge harcamalarında en yüksek oranın genel itibarıyla Finlandiya tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir. Finlandiya'nın Teknoloji alanında Ar&Ge harcamalarında en düşük oranı 1993 yılında % 85 ve en yüksek oran ise 2007 yılında % 92 düzeyindedir. Sanayi devrimini teknoloji üretimi ile yakalayan Almanya ve Japonya ise % 60 oranlarında kalarak Finlandiya'yı takip etmektedirler. Türkiye ise Ar&Ge harcamalarında olduğu gibi bu harcamaların Teknoloji alanında harcanmasında yine arkalarda kalmıştır. 1991 yılında % 57 olan bu oran 2008 yılına gelindiğinde azalarak % 49 oranına gerilemiştir. Bu veriler doğrultusunda Türkiye'nin özel sektörde yapılanmaya giderek Ar&Ge bilincinin geliştirilmesi gerektiği söylenebilir.



**Grafik 8.** Özel Sektörün - Endüstri Alanındaki Ar&Ge Harcamalarında Teknolojinin Payı

Kaynak: OECD, 2016 <https://data.oecd.org/>

(Grafik 8 veri setinde 2008'den sonrası bulunmamaktadır. Grafik harcama verilerinin içeriği; fabrikasyon metal ürünler makine ve donanım, aletler ve ulaşım; elektrikli makine ve cihazlar, motorlu araçlar; Radyo, TV ve İletişim araçları ve Aparatları; Tıbbi hassas ve optik aletler vb. endüstri ürünleri oluşturmaktadır).

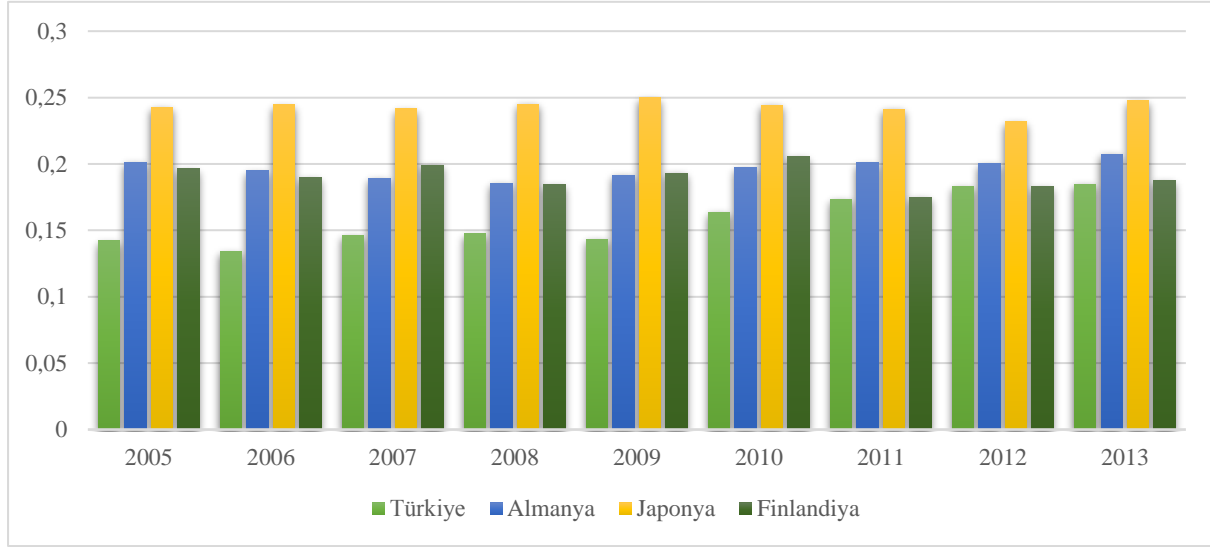


**Grafik 9.** Kamunun Ar&Ge Harcamalarında Teknoloji ve Mühendisliğin Oranı

Kaynak: OECD, 2016 <https://data.oecd.org/>

Grafik 9 verileri doğrultusunda Türkiye'de kamunun yapmış olduğu Ar&Ge harcamalarının teknolojiye ve mühendislik düzeyinde diğer ülkelere yakın pay ayrıldığı gözlemlenmektedir. Türkiye bu alanda en yüksek harcamayı 2013 yılında % 48 seviyesinde gerçekleştirmiştir. Almanya bu alanda azalan bir trend izlemektedir. 2005 yılında % 29 oranında gerçekleşen kamu harcamalarının teknoloji ve mühendislik alanında 2013 yılına gelindiğinde % 26 seviyesine gelerek azalmıştır. En az orana Almanya sahipken en yüksek orana ise Japonya % 50 ile 2013 yılında ulaşmıştır. Japonya kamu harcamalarında teknoloji ve mühendislik ayrımında diğer ülkeler karşısında genel olarak daha yüksek bir harcama trendi göstermiştir. Türkiye'nin Kamu tarafından yapılan Ar&Ge harcamaları Teknoloji alanında yüksek Almanya'yı geçerek Japonya ve Finlandiya'yı yakalamış görünüm sergilemektedir. Fakat bu durum Toplam Ar&Ge harcamalarının GSYİH'nın % 1'ini bile oluşturmadığını dikkate aldığımızda yanıltıcı bir veridir. Çünkü rakamsal olarak bakarsak kamunun harcamaları 2013 yılı için Türkiye'de 642 milyon \$, Almanya'da 3.559 milyon \$ ve Japonya'da 5.148 milyon \$ olarak

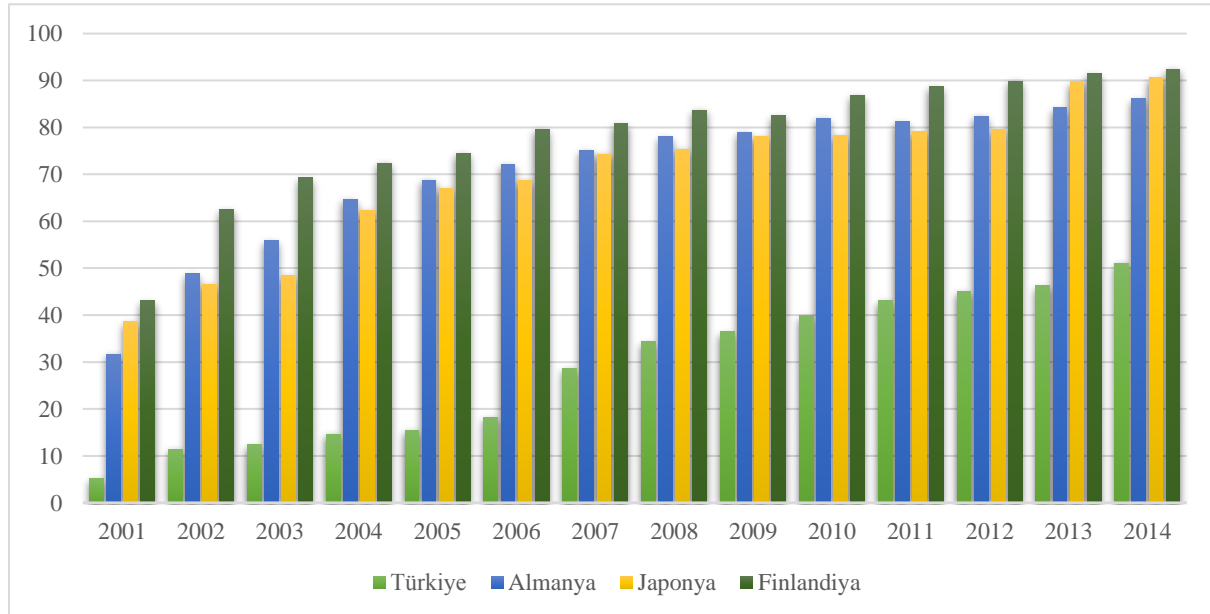
gerçekleşmiştir. Türkiye’de bu kapsamda kamu Ar&Ge harcamalarında Endüstri 4.0’a uyumlu olabilecek şekilde alt yapı araştırmaları yapmalı ve inovasyon amaçlı çalışmalarını arttırmalıdır.



**Grafik 10.** Yüksek Öğretim Kurumlarının Ar&Ge Harcamalarında Teknoloji ve Mühendisliğin Oranı

Kaynak: OECD, 2016 <https://data.oecd.org/>

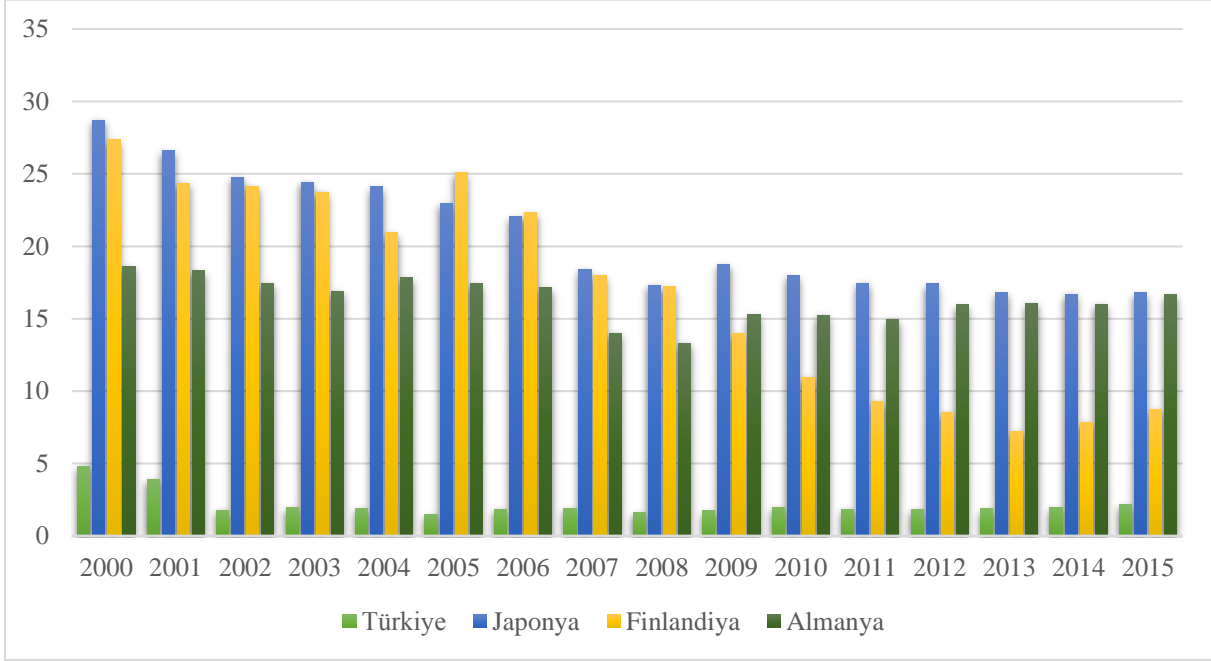
Grafik 10’daki OECD verilerine göre yükseköğretimde gerçekleştirilen Ar&Ge harcamalarında Teknoloji ve Mühendislik alanında en yüksek oranı Japonya’nın gerçekleştirdiği görülmektedir. Japonya Robot teknolojilerinde öncü ülkelerdendir. Akıllı fabrikalar ve otonom robotların geliştirildiği Endüstri 4.0 bağlamında analiz edildiğinde bu alanda yeni endüstri devrimini yakalayabilecek olan ilk ülke olduğu söylenebilir. Yüksek öğretim kurumlarında yapılan çalışmalara baktığımızda en yüksek orana % 24 ile Japonya kurumları 2009 yılında ulaşmıştır. Grafik verilerine göre Japonya genel olarak bu alanda en çok harcama yapan ülke konumundadır. Türkiye 2005 yılında % 15 seviyelerinden 2013 yılına geldiğinde % 18 seviyesine ulaşarak yüksek öğretim kurumlarında Ar&Ge çalışmalarında bu yönde özellikle son yıllarda gelişim göstermiştir.



**Grafik 11.** İnternet Kullanımının Nüfusa % Oranı

Kaynak: Dünya Bankası, 2016. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=worlddevelopment-indicators>

Grafik 11’de internet kullanımının ülkeler bazında nüfusa oranı verilmiştir. Endüstri 4.0’ın en önemli bileşenlerinden biri olan nesnelerin interneti dikkate alındığında ülkelerin internet alt yapılarının gelişmiş olması gerekmektedir. Türkiye’de son yıllarda hızlı bir internet alt yapı çalışması olsa da genel olarak nüfusa baktığımız zaman bugün hala nüfusun önemli bir kısmının internet kullanıcısı olmadığı dünya bankası verilerinden anlaşılabilir. 2014 yılında Türkiye’de internet kullanıcısının oranı % 51,04 iken Almanya % 86,19, Japonya % 90,58 ve Finlandiya % 92,38 düzeyindedir. Bu durumda Türkiye’nin hızlı gelişen nesnelerin interneti sistemlerine yetişmesi için daha çok bu alanda Ar&Ge ve alt yapı yatırımlarını geliştirmesi gerektiğini göstermektedir.



**Grafik 12.** Yüksek Teknoloji İhracatının Toplam İhraç mallarına % oranı

Kaynak: Dünya Bankası 2016. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=worlddevelopment-indicators>

Yüksek teknoloji ürünlerinin toplam ihracat ürünlerine oranı incelediğimizde, Grafik 12’ye göre Japonya’nın ve Almanya’nın teknoloji ağırlıklı ihracat oranlarında 2007 yılı öncesine göre son yıllarda azalma eğilimi göstermektedir. Japonya’nın 2000 yılındaki 128,9 milyar dolarlık ihracat hacmi azalarak 2015 yılına gelindiğinde 91 milyar dolar seviyesinde gerçekleşmiştir. Almanya ise 2000 yılında 85 milyar dolar teknoloji ürünü ihracı gerçekleştirmekteyken, bu durumu 2014, 2015 yıllarında sırasıyla 199 milyar dolar ve 185 milyar dolar seviyelerine yükseltmiştir. Almanya’nın teknoloji malları ihracatının oranı 2000 yılında % 18 iken 2015 yılında % 16 seviyesine gerilemiş görünse de ihracat hacminin de teknoloji ürünü ihracatının da artmış olduğu gözlenmektedir. Bu durum sonucunda Almanya’nın Ar&Ge harcamalarının ihracatını arttırması yönünde pozitif etki sağladığı yargısına ulaşılabilir. Finlandiya ise 2000 yılında 10 milyar dolar olan teknoloji ihracatını 2008 küresel krizine kadar sürdürebilmiştir, fakat krizden sonra teknoloji ihracatında gerileme yaşayarak 2015 yılına gelindiğinde 3,6 milyar dolarlık teknoloji ihracatı hacminde düşüş ile karşı karşıya kalmıştır. Finlandiya’nın ihracat ürünlerinde teknoloji ürünlerinin payı 2000 yılında % 27’den % 18,64 oranında bir azalma ile 2015 yılında % 8,7 oranına gerilemiştir. Son olarak Türkiye’nin teknoloji ürünlerinde ihracat hacmi 1,077 milyar dolar seviyesinde iken 2001 krizi sonrası grafik 12’de de görüldüğü gibi bir süre azalmıştır. Fakat sonrasında 2007’den sonraki Ar&Ge faaliyetlerindeki artışında etkisi ile artarak 2015 yılında 2,323 milyar dolar teknoloji ürünleri ihracat hacmi gerçekleştirmiştir. Teknoloji ürünlerinin ihraç mallarındaki oranı kapsamında değerlendirildi zaman 2000 yılında % 4,82’den % 2,16 seviyesine gerilediği gözlenmektedir. Fakat bu durum Türkiye’de ihraç mallarında artış gerçekleştiğini göstermektedir. Son zamanlarda yapılmış olan Ar&Ge harcamaları Türkiye için ihracatı ve özel olarak teknoloji üretimini arttırıcı yönde bir pozitif etki sağladığı yargısına ulaşılabilir.

## SONUÇ

Sanayi devrimleri ülkelerin iktisadi gelişimlerinde çok önemli bir rol üstlenmiştir. İlk olarak İngiltere teknoloji üstünlüğünü ele alırken diğer devrimlerde inovasyon ile birlikte birçok ülke sanayileşmede ileri seviyelere ulaşmıştır.

En son sanayi devrimi olan Endüstri 4.0 incelendiğinde 4 temel teknolojik gelişim üzerinde kurulduğu görülmektedir. Bunlardan ilki olan 3D yazıcılar ile üretim sistemlerinde köklü değişim gerçekleşmiştir. İkinci faktör olan Nesnelerin İnterneti ile birlikte bütün cihazların ve robotların koordinasyonu sağlanmıştır. Bir diğer faktör olan Arttırılmış gerçeklik ile tüm bu süreçlerde kameralar ve sensörler aracılığıyla bilginin kullanımı farklı bir boyuta taşınmıştır. Son faktör ise robot teknolojinin her alana yayılması ile otonom robotların güncel hayata girmesidir. Endüstri 4.0 robot çağına habercisi durumundadır.

Türkiye’de teknoloji kullanımı yüksek oranlarda görülse de dijitalleşen dünyada özellikle Nesnelerin İnterneti sistemlerinin gelişmekte olduğu da dikkate alındığında yeterli değildir. Hanehalklarındaki teknoloji kullanım oranlarının oldukça düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Diğer yandan Türkiye’de firmaların internet üzerinden pazar genişletme yöntemini yeterli ve yaygın olarak uygulamadığı yargısına da ulaşılabilir. Özel sektör ve kamunun harcamaları da dahil olmak üzere diğer ülkelerle karşılaştırıldığında gelişmiş ekonomilerin Ar&Ge harcama oranlarının yüksek seviyelerde seyretmesi Türkiye’nin bu alanda çalışmalarını genişletmesi gerektiği konusunda önemli bir gösterge niteliğindedir. Özellikle 2007 yılından sonra teknoloji ürünlerindeki ihracat hacminin artması Türkiye’de Ar&Ge harcamalarına daha fazla ağırlık verilmesi gerektiğinin en belirgin kanıtıdır.

Ülkemizde internet kullanımının giderek artan bir seyirde olduğu görülmekte birlikte diğer ülkelerin internet kullanımının nüfusa oranı çok daha yüksektir. Türkiye’de internet kullanım oranlarının son yıllarda ciddi olarak artmış olması olumlu bir gelişme olup, bilişim teknolojilerinin kullanılabilir hale gelmiş olması önemli bir husustur. Bu durum Endüstri 4.0’ı yakalama açısından önemli olsa da internet kullanım alanlarının incelenmesi gerekmektedir. Akıllı telefonların gelişimiyle internete ulaşım kolaylaşmıştır. Bunun sonucunda sosyal hayatta değişim gerçekleşmiştir. İnternet hayatımızı daha kolay hale getirmiş olsa da bilinçli ve etkin kullanımı Türkiye açısından incelenmesi gereken bir başka sorundur.

Yüksek teknoloji ihracatları verileri doğrultusunda, Türkiye’nin Ar&Ge harcamalarının teknoloji ihracatı yönünde arttırıcı etkisi olduğu gözlenmektedir. Bu durumun arttırılması yönünde çalışmalar teşvik edilebilir. Teknoloji alanında alınmış patentlerin üretime kazandırılması ile yeni teknoloji ürünleri pazarlarda yer alabilir. Ayrıca şu an üretimde bulunan teknolojik ürünlerinin geliştirilmesi Endüstri 4.0’ı yakalamak için önem arz etmektedir. Türkiye’nin küresel boyutta rekabet edebilme gücünü arttırabilmesi için yeni teknoloji ürünlerinin geliştirilmesi ve teknoloji ihracatının arttırılması hayati bir öneme sahiptir. Endüstri 4.0’a doğru ilerlerken Türkiye ekonomisi için yapılabilecek öncelikli önlem Almanya ve ABD’nin de yapmış olduğu gibi en kısa sürede dördüncü sanayi devrimi için bir komisyonun oluşturulmasıdır. Bu komisyonun öncelikli hedefi Endüstri 4.0 için ülkemizde alınması gereken önlemleri, Ar&Ge harcamalarının ve inovasyonun yönünü tam olarak belirlemek olmalıdır.

## KAYNAKÇA

Akbulut, U. (2011). “*Sanayi Devrimleri Dünya Gidişini Değiştirdi*”, <http://www.uralakbulut.com.tr/> (Erişim tarihi: 16.06.16).

Altın, O. ve Kaya, A. A. (2009). “Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi”, *Ege Akademik Bakış* / 9 (1) 2009: 251-259

Altıntaş, H. ve Mercan, M. (2015).” AR-GE Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Eşbütünlük Analizi”. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 70(2).

Araba Basan 3D Yazıcı. <http://www.veteknoloji.net/haber/araba-basan-3d-yazici-36189.html> (Erişim tarihi: 07.09.2016).

Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality). <http://www.endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/>(Erişim tarihi: 17.06.2016).

Ayvaz, Z. R., Kırbaslar, F.G. ve Güneş, Z. Ö. (2010). “Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kimya Öğretiminde B de Materyali Kullanımına İlişkin Düşünceleri”, Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı 14 (2), 1-18.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2016). Ar&Ge Merkezleri <https://agtm.sanayi.gov.tr/Upload/SingleFile/-Dosya-260-801.pdf> (Erişim Tarihi: 06.02.2017).

Börteçin, E. (2014). 4. “Endüstri Devrimi Kapıda mı?”, Bilim ve Teknik Dergisi.

Çelikleş, M. S., Sonlu, G., Özgel, S. ve Atalay, Y. (2015). “Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası”, Endüstri ve Mühendislik Dergisi, 54(662) s.24-34

Dünya Bankası, (2016). İstatistiksel veriler. <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> (Erişim tarihi: 02.10.2016).

EBSO. (2015). “Sanayi 4.0”, Ege Bölgesi Sanayiciler Odası, Araştırma Müdürlüğü

EKOIQ. (2014). “Endüstri 4.0; “Akıllı” Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi”, EKOIQ Dergisinin Özel Eki

Endüstri 4.0 Nedir? 4. Sanayi Devrimi Gerçekleşiyor <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/endustri-4-0-nedir--4-sanayi-devrimi-gerceklesiyor/11563#ad-image-04> (Erişim tarihi: 14.06.2016).

Endüstri 4.0 Uygulamada Atostan Yenilikçi Endüstri 4.0 Uygulama Örnekleri. <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-uygulamada-atostan-yenilikci-endustri-4-0-uygulama-ornekleri/> (Erişim tarihi: 07.09.2016).

Erkan, H. ve Erkan, C. (2007). “Bilgi Toplumu ve Ekonomik Kalkınma”, Üniversite ve Araştırma Kütüphanecileri Derneği Dergisi, İstanbul.

Göçer, İ. (2013). “Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri”. Maliye Dergisi,165(2), 215-240.

Görçün, Ö.F. (2016). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*, İstanbul: Beta Yayıncılık.

Kocacık, F. (2003). “Bilgi Toplumu Ve Türkiye, C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi”,27(1) 1-10.

Kojenerasyon Sistemi. <http://www.elektrikport.com/-teknik-kutuphane/kojenerasyon-sistemi/-4286#ad-image-0> (Erişim tarihi: 27.09.2016).

Koşan, L. (2014). “Muhasebe Eğitiminde Arttırılmış Gerçeklik Uygulamaları” Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi 18(2) ss.37-47.

Köroğlu, O. (2012). En yaygın iletişim ortamında arttırılmış gerçeklik uygulamaları, *Türkiye’de 17. İnternet Konferansı*. <http://inet-tr.org.tr/inetconf17/bildiri/14.pdf>

Köroğlu, O (2015). Nesnelerin İnterneti, algılayıcı ağları ve medya. *İçinde Akademik Bilişim Konferansı. Eskişehir*. <http://ab.org.tr/ab15/bildiri/113.doc>

KPMG. (2015). Sanayi 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi, Yarının Fabrikaları Neye Benziyor? <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/tr/pdf/2016/08/tr-sanayi-4.PDF>

Michio Kaku’nun Gelecek Öngörülleri <http://www.k-note.com.tr/michio-kakunun-gelecek-ile-iligili-ongoruleri/> (Erişim tarihi: 29.09.2016).

OECD, (2016). Ar&Ge Harcama İstatistikleri. <http://stats.oecd.org/> (Erişim tarihi: 07.09.2016).

Rifkin, J. (2015). *Nesnelerin İnterneti ve İşbirliği Çağı*, Çev. Levent Göktem, İstanbul: Optimist Yayıncılık

Schwab K. (2016). *Dördüncü Sanayi Devrimi*, Çev. Zülfü Dicleli, İstanbul: Optimist Yayıncılık

Siemens (2014). “Endüstri 4.0 Yolunda”, <http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/assets/common/downloads/publication.pdf> (Erişim tarihi: 23.11.2016).

Torun, İ. (2003). “Endüstri Toplumu’nun Oluşmasında Etkili Olan İktisadi Ve Sina-İ Faktörler”, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4(1) s. 181-196

TPE, (2016). <http://www.tpe.gov.tr/TurkPatentEnstitusu/statistics/>(Erişim tarihi: 19.06.2016).

TÜİK, (2016). <http://www.tuik.gov.tr/PreTabloArama.do?metod= search&araType=vt>

TÜSİAD. (2016). “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, Yayın no; TÜSİAD-T/2016-03/576. <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>

Yapay Zeka [https://tr.wikipedia.org/wiki/Yapay\\_zek%C3%A2#Tan.C-4.B1m](https://tr.wikipedia.org/wiki/Yapay_zek%C3%A2#Tan.C-4.B1m) (Erişim tarihi: 05.09.2016).

Yücel, F. (2004). “Sürdürülebilir Kalkınmanın Sağlanmasında Çevre Korumanın ve Ekonomik Kalkınmanın Karşılıklı ve Birlikteliği”, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11(11) s.100-120