

TÜRKİYE’DE TEKNOLOJİ YATIRIMLARININ EKONOMİK BÜYÜME VE İHRACAT ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SANAYİ 4.0 BAĞLAMINDA BİR UYGULAMA

Ali ÇELİK¹

ÖZET

Toplumsal yaşamın neredeyse bütün alanlarını etkisi altına alan Sanayi Devrimleri, esasen sermayeler arasındaki rekabetin koşulladığı bir süreçtir. Sanayi devrimleriyle birlikte dünya ekonomisi; üretim, tüketim, yatırım, ticaret, rekabet ya da bir bütün olarak mikro ve makro ekonomik açıdan önemli boyutlarda etkilenmiştir. Bu bağlamda çalışmada, dünyada ekonomisinin en aktüel üretim stratejisi olan Sanayi 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) uygulamalarının Türkiye ekonomisi özelinde irdelenmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen istatistiksel bulgulara göre; Türkiye ekonomisi için emek yoğun malların toplam üretim ve ihracat içindeki göreceli payının yıllar itibariyle düşüş eğiliminde olduğu tespit edilmesine rağmen, emek yoğun mal üretiminde uzmanlaşan sektörler hali hazırda öncü sektörler olma niteliğini korumaktadır. Öte yandan, Türkiye ekonomisinin süregelen yapısal sorunlarının yanında teknoloji temelli ve katma değerli ürünlerin toplam üretim ve ihracat içindeki göreceli payının düşük olması, Türkiye ekonomisi için Dördüncü Sanayi Devrimi'nin önem derecesini ortaya koymaktadır. Yapılan zaman serisi analizine bakıldığında; uzun dönemli eş bütünleşme testi sonucuna göre, teknolojik gelişmenin ve inovasyonun belirleyicileri olarak kabul edilen yüksek teknolojik ürün ihracatı, Ar-Ge harcamaları, patent sayısı ve Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısındaki artış ile ihracat ve ekonomik büyüme performansı arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmektedir. Yani, söz konusu sektörlerle yönelik yapılan yatırımlar ihracat ve ekonomik büyüme performansını olumlu yönde etkileyecektir. Sonuç olarak, Türkiye ekonomisinin teknolojik yatırımlara tahsis ettiği pay arttıkça bunun makroekonomik göstergeler üzerindeki etkisinin pozitif yönlü olacağı ileri sürülmektedir. Ancak Sanayi 4.0 bağlamında geliştirilen üretim stratejisinin henüz birçok ülke ekonomisine nazaran teknolojik yönü zayıf ve emek yoğun olduğu görülmektedir. Bahsi geçen üretim stratejisinin sürdürülmesi özellikle katma değerli ürünlerde rekabetçi olma konusunda Türkiye ekonomisini aşağıya çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Teknoloji Yatırımları, İhracat, Ekonomik Büyüme, Sanayi 4.0

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Uluslararası Ticaret Bölümü, alcelik@gelisim.edu.tr, ORCID bilgisi: 0000-0003-3794-7786.

THE EFFECT OF TECHNOLOGY INVESTMENT ON ECONOMIC GROWTH AND EXPORT IN TURKEY: AN APPLICATION IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

ABSTRACT

Industrial Revolutions, which affect almost all areas of social life, are essentially a process conditioned by competition between capitals. With the industrial revolutions, the world economy was affected in terms of production, consumption, investment, trade and competition. In this context, the most current production strategy of the economy in the world, Industry 4.0 (Forth Industrial Revolution) applications of the Turkish economy is aimed to examine. According to the statistical findings obtained; although the relative share of labor-intensive goods in total production and exports for the Turkish economy has been found to be declining over the years, the sectors that specialize in labor-intensive goods currently remain the leading sectors. On the other hand, besides the ongoing structural problems of the Turkish economy, the fact that the relative share of technology-based and added value products in total production and exports is low reveals the importance of the Fourth Industrial Revolution for the Turkish economy. When time series analysis examined; according to long-term integration test results, high-tech product exports, R & D expenditures, number of patents and the number of personnel employed in the field of R & D, which are considered determinants of technological development and innovation. A positive long-term relationship between these variables and export and economic growth performance is determined. That is, investments in these sectors will positively impact on export and economic growth performance. As a result, it is suggested that as the share allocated by the Turkish economy to technological investments increases, the effect of this on macro economic indicators will also be positive. However, the production strategy developed in the context of Industry 4.0 seems to have a weak technological aspect and labor intensive compared to many countries economies. That production strategy is driving down the Turkish economy, especially in terms of being competitive in added value products.

Key Words: *Technology Investment, Export, Economic Growth, Industry 4.0*

1. GİRİŞ

Dünya ekonomisi, sanayi devriminin getirdiği yeniden yapılanma süreciyle birlikte, üretim hacmi, yapısı ve yönü değişmeye başlamıştır. Ülke ve sermayelerin bu değişime ayak uydurabilmelerinin koşulu rekabet avantajı sağladıkları alanları geliştirmek ve dünya pazarıyla bu alanlar üzerinden ilişkilennemeleridir. Rekabetin motor gücü olan teknolojik yatırımlar ve bugünkü biçimiyle yapay zeka, akıllı robotlar ve dijitalleşme adı altında açığa çıkan Sanayi 4.0 uygulamaları bu bağlamda ele alınmaktadır.

Bu çalışmanın amacı da dünya ekonomisinin en aktüel üretim stratejisi olan Sanayi 4.0 uygulamalarının Türkiye ekonomisi özelinde değerlendirmektir. Ayrıca Türkiye ekonomisinin Sanayi 4.0 uygulamalarına ne düzeyde hazır olduğunu, hali

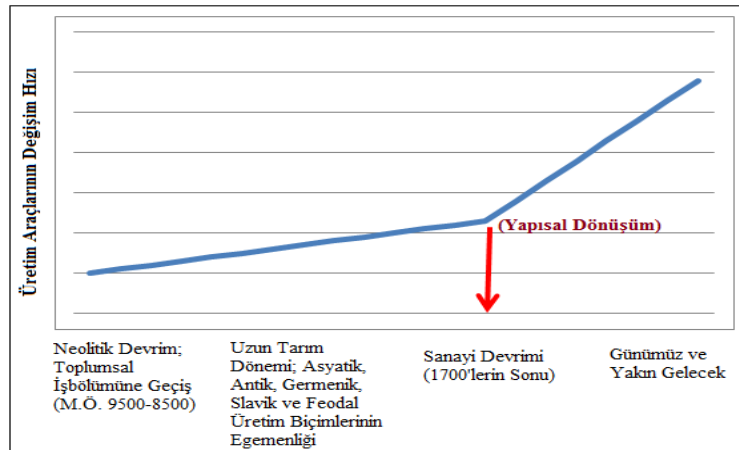
hazırda yapmış olduğu teknoloji yatırımlarının makro ekonomik göstergelerine nasıl yansıdığını hem istatistiksel hem de ampirik olarak karşılaştırmalı kanıtlar sunmaktır.

Bu bağlamda çalışmanın teorik kısmında, sanayi devrimlerinin ne amaçla yapıldığına kısa bir giriş yapılmakta; sanayi devrimlerinin ayırt edici özellikleri ele alınmakta ve son olarak Sanayi 4.0 uygulamalarının Dünya ve Türkiye’deki konumu tartışmaya açılmaktadır. Çalışmanın uygulama kısmında ise, Türkiye ekonomisi için 1990-2017 dönemini kapsayan yıllık seriler kullanılarak; yüksek teknolojlü ürün ihracatının imalat sanayi ihracatının içindeki payı, Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payı, patent sayısı, Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısı gibi ülke ekonomilerinin teknoloji düzeyinin belirleyicisi olarak kabul edilen parametrelerin ekonomik büyüme ve ihracat değişkenleri üzerindeki etkisi zaman serisi analizi yardımıyla sınımlanmaktadır.

2. Üretim İçin Teknoloji: Sanayi Devrimleri

Maddi malların üretimi, toplumsal yaşamın devamlılığı açısından vazgeçilmesi olanaksız bir faaliyettir. Maddi malların üretimi, insanın insanla; insanın doğayla ilişkisini de belirler. Bu süreç üretim ilişkileri çerçevesinde kavranabilir. Tarihsel süreç içinde insanın doğayla etkileşimi başından itibaren kendi istek ve ihtiyaçlarına göre onu değiştirmek ve dönüştürmek olmaktadır. Ancak söz konusu eylemi gerçekleştirmenin yani doğayı dönüştürüp doğanın kendisinde olmayan, doğaya yabancı bir ürünü ortaya çıkarmanın yolu esasen çeşitli düzeylerdeki işbölümü ile birlikte emek aletlerinin kullanımıyla mümkündür. İşte, en yalın ve basit üretim araçlarından günümüzdeki kompleks ve kaotik olanlara doğru teknolojide yaşanan gelişmeler bu ihtiyaçlar doğrultusunda açığa çıkmaktadır. Yani, teknolojik gelişmenin birincil amacı üretim sürecini geliştirmek ve ivme kazandırmaktır. Ne var ki, teknolojinin niteliği ve kullanım amacı, üretim biçimlerine göre farklılık göstermektedir. Son kertede kapitalizm altında teknoloji, karı en çoklaştırmının ve sermayeler arasındaki rekabet yarışında öne geçmenin temel unsuru olarak kabul edilmektedir. Grafik 1’de sanayi devrimleri öncesi ve sonrasındaki teknolojik/üretim araçlarının değişim temposu betimlenmektedir.

Grafik 1: Teknolojinin/Üretim Araçlarının Değişim Hızı



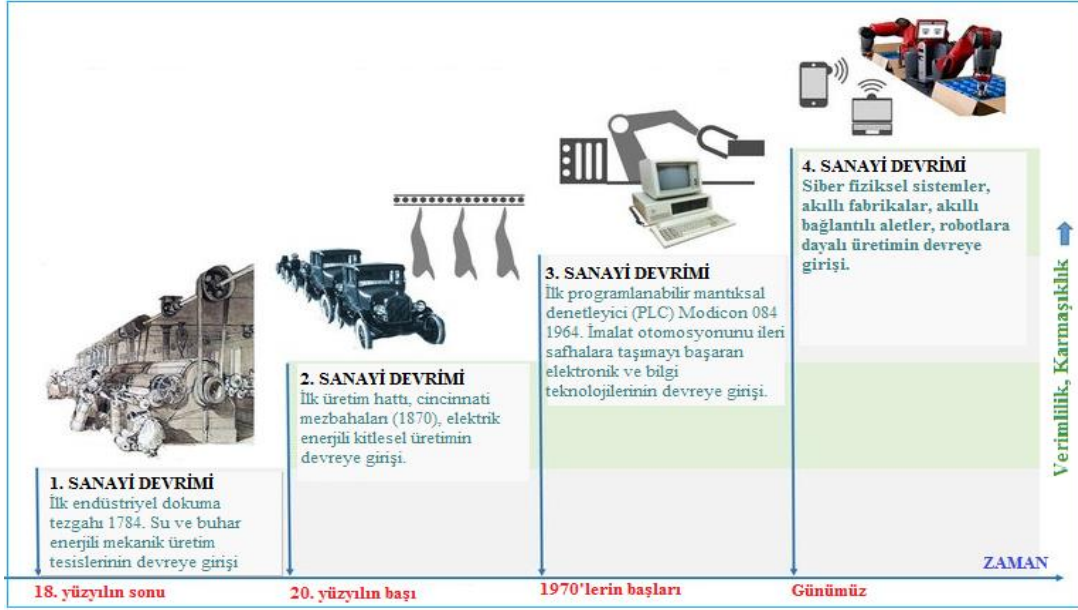
Kaynak: Aksoy (2017)'den faydalanılarak çizilmiştir. Grafikte sunulan bilgiler resmi bir veri setine dayanmamaktadır. Yalnızca okuyucuya üretim araçlarının gelişim hızı hakkında fikir sunması amaçlanmaktadır.

14.yy'da İtalya kent devletlerinde nüveleri ortaya çıkan kapitalist üretim ilişkilerinin, yaygınlık kazanmaya başladığı dönem 16.yy olarak kabul edilmektedir. Ancak söz konusu üretim biçimini ekonomik anlamda tam bir dünya sistemi haline getiren gelişme kuşkusuz sanayi devrimidir. Üretim araçlarındaki muazzam ilerlemenin yanı sıra ulaşım, iletişim ve haberleşme araçlarındaki gelişmeler dünyanın en ücra köşelerine kadar meta ticaretini geliştirmiş, bu bölgelere kapitalist üretim ilişkilerinin nüfuz etmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte Fransız Devrimi, söz konusu gelişmelere paralel seyreden özellikle kapitalist üretim biçiminin kurumlarının oluşturulmasına, hukuksal veya üstyapısal diğer unsurlarının küresel düzlemde gelişmesini sağlayan bir diğer önemli gelişme olmuştur.

İngiltere'de ortaya çıkan Birinci Sanayi Devrimi ile birlikte, insan ve hayvan gücü temeline dayanan üretim biçiminden, makine gücünün tahakkümüne dayanan üretim biçimine geçiş başlamıştır. Üretim tekniğinin söz konusu biçimi alması 18. yüzyıl İngiltere'sinde, ilk olarak dokuma sektöründe ortaya çıkmış, ardından aşamalı biçimde farklı alanlara yaygınlık göstermiştir. Makineye dayalı üretime geçişle birlikte üretimin şekli ve miktarı da artmıştır (Yediyıldız, 1994: 78).

Sanayi devrimlerine ve bununla birlikte hızlı teknolojik değişimler süreci izlendiğinde, üretim araçlarını devindiren gücün azımsanamayacak önemde olduğu görülmektedir. Üretimi devindiren gücün kendisi, makineli üretim ile aletli üretim arasındaki temel farkı da imler. Alet kullanımında devindirici güç, aleti kullananın kas gücüyle sınırlıyken makineye geçişle birlikte, bu gücün, kas gücünden farklı bir mekanizmadan gelmesi söz konusudur. Makine devindirici gücünü; ya buhar makinesi, ısı makinesi vb. ile kendisi üretir ya da bu gücü rüzgar, su, petrol veya bir bütün olarak doğada hazır bulunan doğa kuvvetlerinden alır. Makine mekanizmasındaki gelişmeler ve devindirici gücün sistematik bir hal alması; artık işin konusunu oluşturan hammadde, yardımcı madde ve benzeri üretim nesnelarini istenilen biçimi vermek ve istenilen boyutta üretme potansiyelini ileri taşımaktadır. 18. yüzyıl, sanayi devrimiyle birlikte üretim araçlarının, makineli üretimin ve teknolojik ilerlemelerin niteliksel dönüşüme uğradığı ve sıçramalı değişimleri beraberinde getirdiği bir tarihsel momentumdur. Fabrikadaki organize makine sistemiyle karakterize olan büyük sanayinin çıkış noktası, emek araçlarını devindiren güç kaynağının değişimiyle ilişkilendirilmektedir. Böylece, kapitalizm asıl kimliğini kazanması, sanayi kapitalizmin gelişmesi ve fabrika sistemine geçişle başladığı ileri sürülmektedir. Kuşkusuz fabrika sisteminin iskeletini makine oluşturmaktadır. Şekil 1'de günümüze kadarki sanayi devrimlerinin temel özellikleri sunulmaktadır.

Şekil 1: Günümüze Kadarki Sanayi Devrimleri



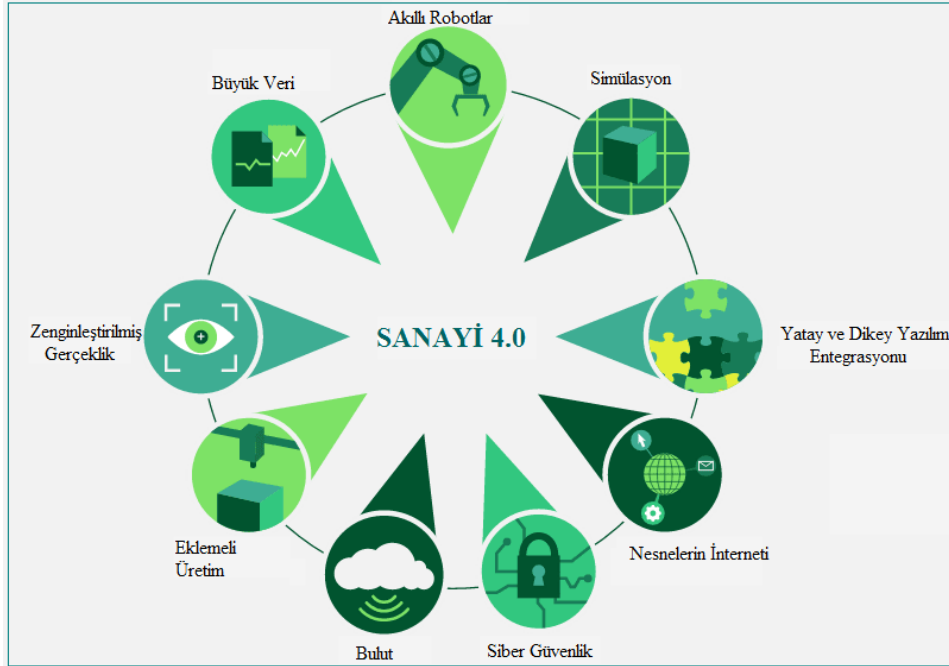
Kaynak: The Boston Consulting Group

Birinci Sanayi Devrimi, buharlı makineler ve su gücünün üretim sürecine uygulanmasıyla karakterize edilirken; İkinci Sanayi Devrimi, petrol ve elektrik enerjisi kullanımının başlamasıyla kitlesel üretimdeki artışın sağlanması yol açtığı biçimde nitelenmektedir. Birinci Sanayi Devrim ile beraber artış gösteren demir-çelik üretimi ve tüketimi, İngiltere ve kıta Avrupa'sından başlayarak tüm dünyanın demir yollarını ağlarıyla donatılmasını sağlamaktaydı. Ayrıca emek verimliliği sayesinde üretim süreci kısalmış ve maliyetler azalmaktaydı. Bu durum, doğrudan lojistik endüstrisini pozitif anlamda etkilemiştir. İletişim ve haberleşme teknolojisinin gelişimine katkı sunmuştur. Elektrik enerjisinin teknolojideki kullanımı ve yaygınlaşmasıyla beraber Fordist tarzdaki üretim örgütlemesi de ikinci sanayi devriminin temel özelliği olarak ortaya çıkmaktadır (Özdoğan, 2017). 20. yüzyılın ortalarında dünya gündemine oturmuş olan Üçüncü Sanayi Devrimi, üretimde mikro elektronik teknoloji ve otomasyonun kullanıma başlamasıyla tanımlanmaktadır. Ayrıca bu dönemde, atom enerjisi, bilgisayar, fiber-optik ve çip gibi mikro elektronik teknolojisine dayalı gelişmeler yaşanmıştır. Dijitalleşme sayesinde, bilgisayar ve internetin hızla gelişme göstermesi, beraberinde bilgi işlem ve haberleşme tekniklerinin gelişmesine yol açmaktadır (Gehrke vd., 2015: 6). Dördüncü Sanayi Devrimi ise akıllı fabrikaların, stoksuz üretimin, yapay zekanın, robotlu üretimin, nesnelerin internetinin ve siber fiziksel ağların üretime uygulandığı bir süreç olarak ifade edilmektedir.

Şekil 1'de, Birinci Sanayi Devriminden günümüze kadarki temel olarak sermayeler arasındaki rekabetin ortaya çıkardığı endüstriyel gelişimin tarihsel manzarası sunulmaktadır. Bu doğrultuda Sanayi 1.0 (Birinci Sanayi Devrimi), ev sanayisi, manüfaktür ve toprağa dayalı üretimi zamanla tasfiye edildiği ve aynı zamanda insan ve hayvan gücüne dayalı üretimin yerini doğal kaynaklar (su ve buhar

gücü vb. gibi) sayesinde çalışan mekanik tezgahların üretime dahil edildiği dönemi içermektedir. Üretim sürecine koşturucu olarak yeni enerji kaynaklarına yönelim, elektrik enerjisinin üretim alanına uygulanmaya başlamasını beraberinde getirmektedir. Bu süreç, aynı zamanda Sanayi 2.0 (İkinci Sanayi Devrimi)'a geçişin koşullarını oluşturmuştur. 20 yüzyılın ikinci yarısından itibaren de Sanayi 3.0 (Üçüncü Sanayi Devrimi) dönemi başlamaktadır. Söz konusu tarihsel uğrakta, elektronik ve bilgi teknolojilerinin bir arada kullanılmasıyla birlikte üretimde ilk kez programlanabilir makineler kullanılır ve otomasyon dönemi meydana gelmektedir. Sanayi 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) dönemi çip kullanımının ve internetin yaygınlaşması ile birlikte canlı ve cansız nesnelerin iletişime ve etkileşime geçebildiği, akıllı üretimin yapıldığı, siber-fiziksel sistemlerin kullanıldığı, nesnelerin interneti olarak da geçen yeni üretim sistemi olarak nitelendirilmektedir (Aksoy, 2017: 37). Şekil 2'de Sanayi 4.0'ı tanımlayan unsurlar sunulmaktadır.

Şekil 2: Sanayi 4.0'ı Tanımlayan Unsurlar



Kaynak: The Boston Consulting Group

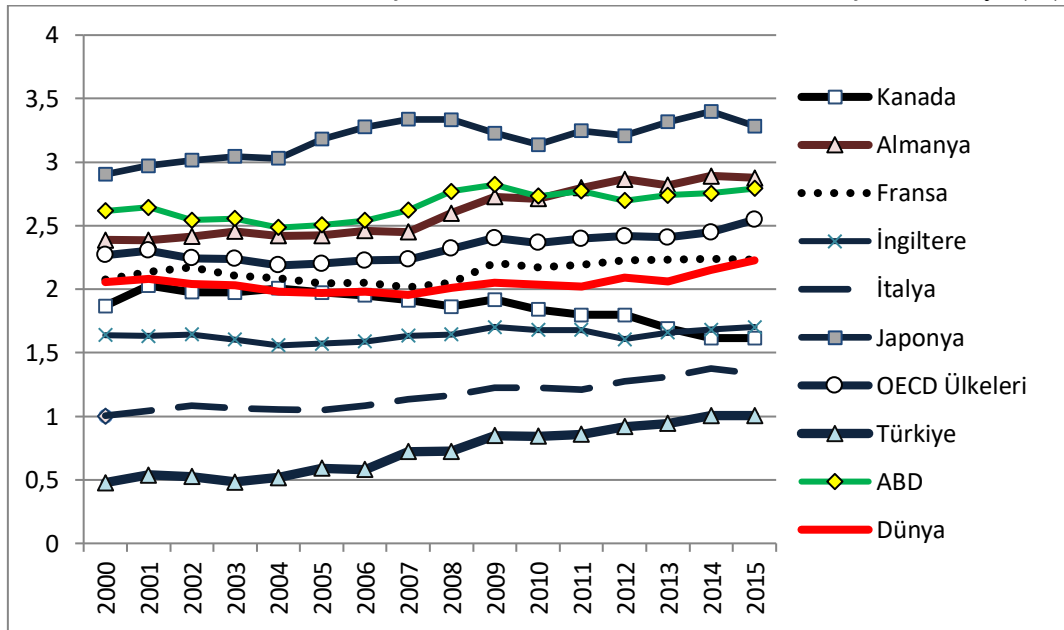
Şekil 2'de Sanayi 4.0'ı tanımlayan unsurlar sıralanmıştır. Ancak Sanayi 4.0'ın kapsamı yukarıda sıralanan unsurlardan çok daha geniştir. Akıllı fabrikalar ve robotlarının yanında gen dizilemeden nano-teknolojilere, alternatif enerjilerden kuantum mekaniğine bir dizi farklı alanda eşanlı gelişmeler yaşanmaktadır. Bu bağlamda, Dördüncü Sanayi Devriminin ayırt edici özelliği, bugüne kadarki söz konusu teknolojilerin içerilip kaynaştırılması vesilesiyle fiziksel, dijital, biyolojik alanlarda karşılıklı etkileşimde bulunulmasının sağlanmasıdır (Schwab, 2016: 17).

3. SANAYİ 4.0 SÜRECİNDE DÜNYA’NIN VE TÜRKİYE’NİN DURUMU (NE KADAR HAZIR?)

Dördüncü sanayi devriminin dünya ekonomisi üzerinde çok yönlü etkileri olacağı ve bu durumun tüm makro değerleri etkileyeceği öngörülmektedir (Schwab, 2017). Rekabet baskısı altında uygulamaya konulan yeni üretim strateji ve teknikleri; üretim, tüketim, yatırım, istihdam gibi bir dizi makro ekonomik değişken üzerinde ciddi boyutlarda etkiler yaratmaktadır. Rekabet yarışında öne geçmek amacıyla hareket eden bireysel sermayeler, temel motivasyonlarını yeni teknolojiyi üretim sürecine dahil etmekten almaktadır.

Ancak herhangi bir sermaye ya da sermaye grubu istediği her koşulda teknolojik yatırım yapamayabilir. Sermaye birikimi düzeyi, teknolojik yatırım yapabilmenin esas belirleyicisidir. Böylece hem sektörel hem bölgesel hem de ülkeler bazında rekabetçi konuma gelmenin yegane koşulu, sahip olunan üretim koşulları göz önünde tutularak, maliyet avantajı sağlayacak en uygun seçeneği tercih etmeleri ve bu temelden hareketle sermaye birikimlerini sağlamalarıdır. Grafik 2, 2000 ile 2015 yılları arasındaki Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payını göstermektedir.

Grafik 2: 2000-2015 Yılları İçin Ar-Ge Harcamalarının GSYİH İçindeki Payı (%)

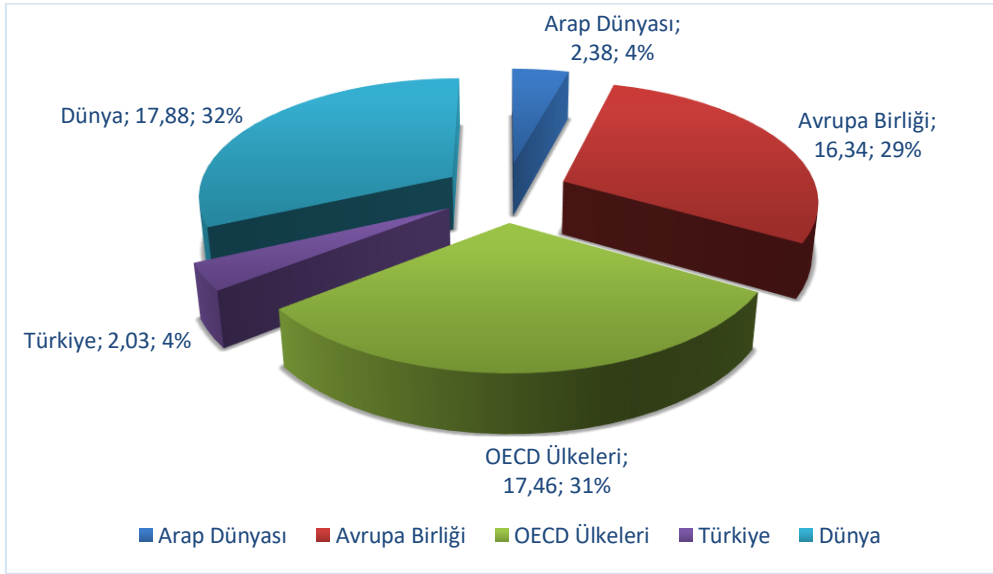


Kaynak: Dünya Bankası

Grafik 2’de, üretim teknolojisindeki gelişimin en önemli ayaklarından biri olan Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payı sunulmaktadır. Buna göre; Türkiye ekonomisi, seçilmiş ülkeler arasında son sıradadır. Özellikle Ar-Ge harcamaları noktasında Dünya ortalamasının altına düşmesi olması dikkat çekicidir. Ar-Ge harcamalarına ayrılan paydaki artış, ülke ekonomilerinin teknolojik gelişimlerini sağlamaları açısından barometre işlevi görmektedir. Dördüncü Sanayi Devrim’ini uygulamayı hedefleyen bir ülke söz konusu durumu göz önünde bulundurması

gerekmektedir. Öte yandan, Türkiye ekonomisinin hali hazırdaki sanayileşme stratejisinde ısrar etmesi ülke ekonomisinin geleceği açısından olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Dünya Bankası'nın en güncel verilerine göre, 2017 yılında Ar-Ge harcamaların GSYİH içindeki payının Japonya'da %3,20, Almanya'da %3,03, OECD'ye üye ülkelerde %2,57, dünya ortalamasının %2,30 ve nihayetinde Türkiye'de %0,96 olarak tespit edilmektedir. Grafik 3'te 2016 yılı için yüksek teknolojili ürün ihracatının toplam imalat içindeki payı yüzdesel olarak sunulmaktadır.

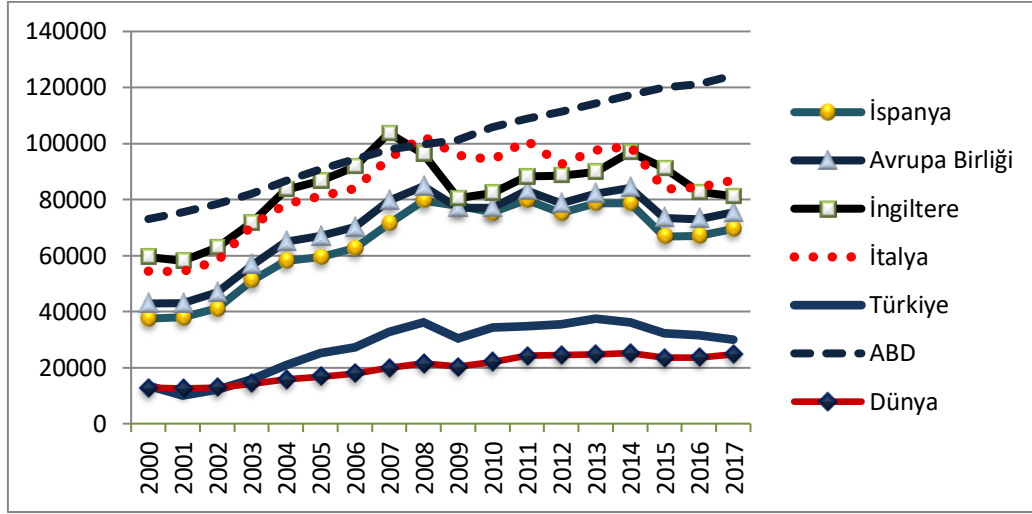
Grafik 3: 2016 Yılı İçin Yüksek Teknolojili Ürün İhracatının Toplam İmalat İçindeki Payı (%)



Kaynak: Dünya Bankası

Türkiye ekonomisinin, rekabetçi konumunu koruması ve geliştirmesinin önünde bir dizi yapısal sorun söz konusudur. Sorunlardan birinin, Türkiye ihracatının ithalata bağımlılık oranının yüksek seyrediyor olması; bir diğerinin, toplam üretim içinde katma değerli ürünlerin payının düşük olması olduğu ifade edilmektedir. Grafik 3'te görüldüğü üzere, Türkiye'nin yüksek teknolojili ürün ihracatının toplam imalat içindeki payı Avrupa Birliği, Arap Dünyası, OECD ülkeleri ve Dünya ortalamasına kıyasla daha düşük bir seviyede olduğu tespit edilmektedir. Türkiye ekonomisinin süregelen yapısal sorunlarının yanında teknoloji temelli ve katma değerli ürünlerin toplam üretim ve ihracat içindeki göreceli payının düşük olması, Türkiye ekonomisi için Dördüncü Sanayi Devrimi'nin önem derecesini ortaya koymaktadır. Grafik 4'te 2000-2017 yılları arası dünyada ve Türkiye'de emek verimliliğindeki değişimin görünümü sunulmaktadır.

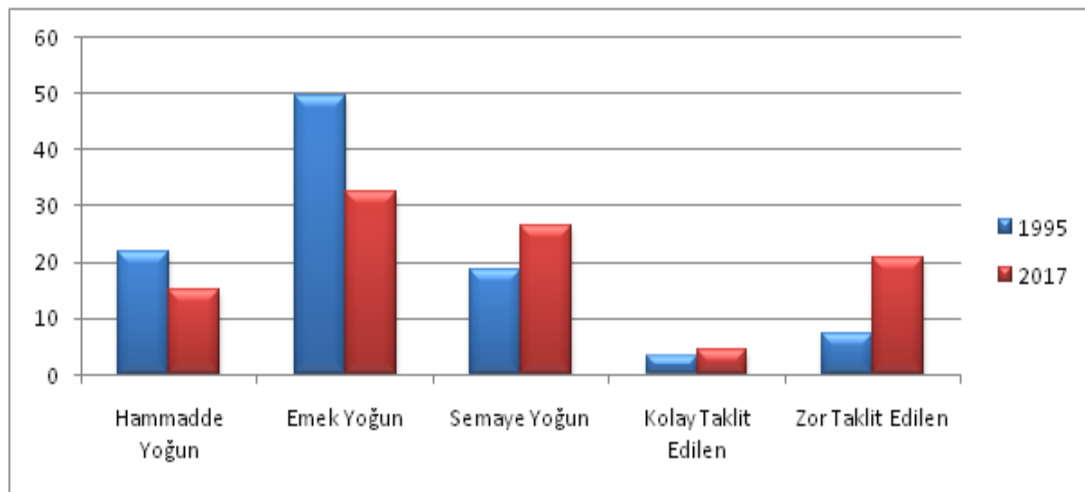
Grafik 4: 2000-2017 Yılları Arası Dünyada ve Türkiye’deki Emek Verimliliğinin Görünümü (Ortalama)



Kaynak: Dünya Bankası ve ILO verilerinden derlenmiştir.

Emek verimliliği, bir ülkenin teknolojik gelişme düzeyinin en temel belirleyicisi olarak kabul edilmektedir. Ülkeler, katma değeri yüksek üretim alanlarında rekabetçi olmak istiyorsa izlemesi gereken en önemli yollardan biri teknoloji yoğun mal üretiminde bulunmaktır. Ülkelerin teknolojik gelişmişlik derecesini ölçmenin yöntemlerinden biri olan emek verimliliği değişkenine bakıldığında, Türkiye'nin dünya ortalamasına yakın bir yerde konumlandığı tespit edilmiştir. Yukarıdaki grafikte, teknolojik yatırımlara önem veren gelişmiş ülkelerin emek verimliliği açısından başarısı göze çarpmaktadır. Grafik 5'te Türkiye'nin faktör donatımına göre ihracat payı yüzdesel olarak sunulmaktadır.

Grafik 5: Türkiye'nin Faktör Donatımına Göre İhracat Payı (%) (1995,2017)



Kaynak: Comtrade veri tabanı kullanılarak derlenmiştir. SITC (Standart Uluslararası Ticaret Sınıflandırması) mal gruplarına göre kategorize edilmiştir.

Grafik 5'teki Türkiye ekonomisinin üretim ve ihracatındaki faktör donatımları payları incelendiğinde, emek yoğun malların toplam ihracatın içindeki payının nispeten yüksek olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte, 1995 yılında Türkiye'nin toplam ihracatının %49.5'i emek yoğun malların üretiminden oluşurken, 2017 yılında bu rakamın %32.7'e kadar gerilediği tespit edilmektedir. Türkiye ekonomisi için emek yoğun malların toplam üretim ve ihracat içindeki göreceli payının yıllar itibarıyla düşüş eğiliminde olduğu tespit edilmesine rağmen, emek yoğun mal üretiminde uzmanlaşan sektörler hali hazırda öncü sektörler olma niteliğini korumaktadır. 1995 yılında Türkiye'nin toplam ihracatında en büyük ikinci payı alan hammadde yoğun mal grubunun 2017 yılında dördüncü sıraya gerilemesi dikkat çekicidir. Bu durum, Türkiye'nin faktör donatımlarının yıllar itibarıyla nispi olarak değiştiğini ifade etmektedir. Türkiye'nin faktör donatımları açısından bir diğer gelişme, sermaye yoğun ve zor taklit edilen Ar-Ge bazlı mal ihracatının toplam ihracatındaki payının yıllar itibarıyla yükselme eğiliminde olduğudur. Ancak bu payın nispi büyüklüğü henüz yeterli seviyelerde değildir. Türkiye için teknoloji tabanlı yüksek katma değerli mal grubunun toplam üretim ve ihracatı içerisindeki payının nispi büyüklüğü, ülke ekonomisinin Dördüncü Sanayi Devrimine ne düzeyde hazır olduğunun tespiti açısından yaşamsal öneme sahiptir.

4. LİTERATÜR TARAMASI

Dünyada ve Türkiye'de Ar-Ge faaliyetleri ile teknolojik yeniliklerin önemi, ülkelerin üretim gücü ve rekabet edebilirliği bakımından her geçen gün artmaktadır. Birinci Sanayi Devrimiyle ivme kazanan ve yapısal kırılmaya uğrayan teknolojik değişimler özellikle ikinci paylaşım savaşından bugüne değin ağırlığını yükselterek korumakta; ülkelerin makroekonomik göstergelerinin neredeyse tamamına doğrudan etkide bulunmaktadır. Bu bağlamda, konunun önemine istinaden hem kuramsal hem de ampirik olarak gerek ulusal gerekse de uluslararası literatürde önemli sayıda çalışma ortaya konulmuştur. Bunlardan bazıları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: Ar-Ge, İnovasyon, Yüksek Teknolojili Ürün İhracı ile Ekonomik Büyüme ve İhracat Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmaların Özeti²

Yazarlar	Çalışmanın Adı	Örneklem ve Kullanılan Ekonometrik Yöntem	Temel Bulgular
Sylwester (2001)	Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme: Bilgi, Teknoloji ve Politika	1981-1996 Tarihleri Arasında 20 OECD ve G-7 Ülkeleri Panel Veri Analizi Yardımıyla İncelenmiştir.	OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki tespit edemezken, G-7 ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.
Ağır ve Utku (2011)	Ar-Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği	1981-2008 Yılları Arasında 17 OECD Ülkesi Panel Veri Analizi Yardımıyla İncelenmiştir.	Ar-Ge harcamaları ile büyüme arasında kısa dönemli herhangi bir ilişki tespit edilmemiş, uzun dönemde ise Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümenin nedeni olduğu tespit edilmiştir.
Akıncı ve Sevinç (2013)	Ar-Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2011 Türkiye Örneği	1990-2011 Dönemleri Arasında Türkiye İçin Zaman Serisi Analizi Yardımıyla İncelenmiştir.	Eşbütünleşme testi sonucunda Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir. Öte yandan, Ar-Ge harcamalarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır.
Goel vd. (2008)	Ar-Ge Harcamaları ve ABD'nin Ekonomik Büyümesi: Bütünsel Olmayan Bir Yaklaşım	1953-2000 Dönemleri Arasında ABD Ekonomisi İçin Sınır Testi Yaklaşımı Yardımıyla Analiz Gerçekleştirmiştir.	Ekonomik büyüme ile Ar-Ge harcamaları arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Fakat ekonomik büyüme ile kamu kesimi tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının özel kesim tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarına nazaran daha güçlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Özer ve Çiftçi (2009)	Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi	1990-2005 Yılları Arasında 30 OECD Ülkesi Üzerinden Panel Veri Analizi Kullanılmıştır.	OECD ülkelerinde Ar-Ge ile ihracat arasında pozitif ve güçlü bir ilişkinin var olduğuna yönelik bulgular elde edilmiştir.
Sökmen ve Aççı (2017)	BRICS-T Ülkelerinde Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyümeye Etkisi	BRICS-T Ülkelerinin 1999-2015 Yılları İçin Ar-GE Harcamaları İle GSYİH Büyüme Oranı Arasındaki İlişkinin Yönü Panel Veri Yöntemi ile İncelenmiştir.	Panel eşbütünleşme testi sonucunda, Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.
Zhang vd. (2012)	Bilimsel Yenilik İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ampirik Analizi	Çin'in 1991-2010 Dönemleri Arasındaki Ekonomik Büyüme ve Bilimsel Yenilik İlişkisi VAR Modeliyle İncelenmiştir.	Patent sayısının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin pozitif yönlü olduğu, bilimsel yenilik ile ekonomik büyüme arasında da güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.
Köse ve Yıldırım (2015)	Ar-Ge Harcamaları ve Patent Harcamaları İle Dış Ticaret Arasındaki İlişki Üzerine Ampirik Bir Analiz: Türkiye Örneği	Türkiye'de 1989 Yılı ile 2013 Yılı Arasındaki Çeyrek Dönemlik Ar-Ge, Patent Harcamaları ile İhracat Verileri Kullanılarak Değişkenler Arasındaki İlişki Zaman Serisi Ekonometrisi Yardımıyla Saptanmaya Çalışılmıştır.	Ar-Ge harcamaları ve patent sayısındaki artışın ihracat rakamları pozitif yönde etkilemektedir. Söz konusu değişkenler ile ihracat arasındaki bu göreceli güçlü ilişki Granger Nedensellik analizi ile de ortaya konulmuştur. Fakat ihracattan Ar-Ge harcamalarına doğru herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir.
Külünk (2018)	Türkiye'de Arge Harcamaları, İhracat ve Büyüme Arasındaki İlişki: 1996-2016	Türkiye'nin 1996 – 2016 Yılları Arasında Ar-Ge Harcamaları, İhracat ve GSYH Serileri Arasındaki İlişki Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi ile İncelenmiştir.	Analiz sonuçlarına göre; Ar-Ge harcamalarının ihracat üzerinde pozitif etkisinin olduğu, ihracatın da büyüme üzerinde pozitif etkisinin olduğu ortaya çıkmıştır. Ar-Ge harcamaları ile GSYH arasında ise doğrudan bir ilişki bulunamamıştır.

² Bujari ve Martinez (2016) ile Tarı ve Alabaş (2016) tarafından yapılan çalışmalar, sırasıyla teknolojik yenilikler ve Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme ile ilişkisini ele almaktadır.

5. VERİ SETİ VE EKONOMETRİK YÖNTEM

Çalışmada, Türkiye ekonomisi için 1990-2017 dönemini kapsayan yıllık seriler kullanılarak; yüksek teknolojlili ürün ihracatının imalat sanayi ihracatının içindeki payı, Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payı, patent sayısı, Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısı gibi ülke ekonomilerinin teknoloji belirleyicisi olan parametrelerin ekonomik büyüme ve ihracat değişkenleri üzerindeki etkisi zaman serisi analizi yardımıyla sınanmıştır. Bu çerçevede, analizde kullanılan değişkenler Tablo 2’de sunulmuştur

Tablo 2: Analizde Kullanılan Değişkenler

Değişkenler	Değişkenin Açıklaması	Kaynak
lnGDP	Ekonomik Büyümenin Doğal Logaritması	Worldbank
lnEXP	İhracatın Doğal Logaritması	Worldbank
HT	Yüksek Teknolojlili Ürün İhracatı (%)	Worldbank
AG	Ar-Ge Harcamalarının GSYİH Payı (%)	OECD
lnPAT	Patent Sayısının Doğal Logaritması	Worldbank
lnAGİ	Ar-Ge Alanında İstihdam Edilenlerin Doğal Logaritması	TÜİK

Ayrıca çalışma aşağıda sunulan iki model temelinde sürdürülecektir. Bu modeller;

$$\text{Model 1: } \ln GDP_t = \alpha_0 + \alpha_1 HT_t + \alpha_2 AG_t + \alpha_3 \ln PAT_t + \alpha_4 \ln AGİ_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\text{Model 2: } \ln EXP_t = \beta_0 + \beta_1 HT_t + \beta_2 AG_t + \beta_3 \ln PAT_t + \beta_4 \ln AGİ_t + \mu_t \quad (2)$$

şeklinde sunulmuştur.

Analizde kullanılan veri seti aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Fakat analiz yapılırken ekonomik büyüme ile ihracat değişkenleri parasal cinsden seçilmiş ve doğal logaritması alınarak test edilmiştir. Tablo 3’te ise ilgili değişkenlerin yüzdelik olarak verilmesi uygun görülmüştür.

Tablo 3: Analizde Kullanılan Veri Seti

Yıllar	Ekonomik Büyüme (%)	İhracat (%)	Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı/İmalat Sanayi İhracatı (%)	Ar-Ge/GSYİH (%)	Patent Sayısı	Ar-Ge Alanında İstihdam Edilen Personel Sayısı
1990	9.27	13.37	1.21	0.24	1228	36 376
1991	0.72	13.84	1.00	0.38	1205	38 323
1992	5.04	14.39	1.18	0.36	1252	39 817
1993	7.65	13.67	1.34	0.32	1226	44 349
1994	-4.67	21.36	1.66	0.26	1367	46 643
1995	7.88	19.89	1.21	0.28	1690	51 193
1996	7.38	21.54	1.61	0.33	924	58 315
1997	7.58	24.58	2.14	0.36	1530	63 601
1998	2.31	20.57	2.18	0.36	2483	62 181
1999	-3.39	18.58	4.14	0.46	3020	66 330
2000	6.64	19.45	4.83	0.47	3433	76 074
2001	-5.96	26.58	3.87	0.53	3212	75 960
2002	6.43	24.46	1.79	0.51	1838	79 958
2003	5.61	22.24	1.93	0.47	837	83 281
2004	9.64	22.75	1.90	0.50	917	86 680
2005	9.01	21.02	1.47	0.57	1146	97 355
2006	7.11	21.65	1.85	0.56	1232	105 032
2007	5.03	21.22	1.89	0.69	2021	119 738
2008	0.85	22.83	1.62	0.69	2397	125 142
2009	-4.70	22.57	1.74	0.81	2732	135 043
2010	8.49	20.45	1.93	0.80	3357	147 417
2011	11.11	22.26	1.84	0.80	4113	164 287
2012	4.79	23.67	1.83	0.83	4666	184 301
2013	8.49	22.27	1.88	0.82	4661	196 321
2014	5.17	23.76	1.94	0.86	5097	213 686
2015	6.09	23.35	2.16	0.88	5841	224 284
2016	3.18	21.97	2.03	0.94	6848	242 213
2017	7.44	24.80	2.53	0.96	8555	266 478

Kaynak: World Bank, OECD, TÜİK

6. AMPİRİK ANALİZ

Çalışmanın bu aşamasında söz konusu modellere ait serilerin ampirik sınanması yapılacaktır. Bu çerçevede ilk olarak serilerin durağanlık analizi yapılacak sonrasında uygun görülmesi durumunda uzun dönemli eş bütünleşme analiziyle

birlikte kısa dönemli hata düzeltme modeli kullanılacaktır. Son olarak değişkenlerinin yönünü tespit etmek amacıyla nedensellik analizi uygulanacaktır.

6.1. Birim Kök Analizi

Durağan olmayan zaman serileriyle tahmin edilen modellerde sahte regresyon sorunuyla karşılaşılması nedeniyle analize başlamadan önce birim kök testleri yapılır. Eğer durağan olmayan serilerle çalışılmaya devam edilirse elde edilen sonuçlar gerçek ilişkiyi yansıtmaz. Böyle bir durumda t ve F testleri geçerliliğini yitirir (Granger ve Newbold, 1974). Bu çalışmada serilerin durağanlıkları, Genişletilmiş Dickey Fuller(ADF), Philips Perron(PP) testi kullanılarak incelenmiştir. Bu bağlamda Tablo 4’de elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

Tablo 4: Birim Kök Test Sonuçları

		Değişkenler	ADF	PP			Değişkenler	ADF	PP
DÜZEY	SABİT	lnGDP	-0,76 [0,81]	-0,76 [0,81]	BİRİNCİ FARKLAR	lnGDP	-5,63* [0,00]	-5,62* [0,00]	
		lnEXP	-1,34 [0,59]	-1,34 [0,59]		lnEXP	-4,40* [0,00]	-4,40* [0,00]	
		HT	-2,86 [0,16]	-2,07 [0,25]		HT	4,00* [0,00]	-3,88* [0,00]	
		AG	0,70 [0,99]	-0,18 [0,92]		AG	-6,72* [0,00]	-6,52* [0,00]	
		lnPAT	-1,01 [0,73]	-0,68 [0,83]		lnPAT	-3,80* [0,00]	-3,78* [0,00]	
		lnAGİ	0,68 [0,98]	1,27 [0,99]		lnAGİ	-5,41* [0,00]	-5,55* [0,00]	
	SABİT VE TREND	lnGDP	-2,07 [0,53]	-2,19 [0,47]		lnGDP	-5,41* [0,00]	-5,54* [0,00]	
		lnEXP	-1,03 [0,92]	-1,22 [0,88]		lnEXP	-4,63* [0,00]	-4,62* [0,00]	
		HT	-2,79 [0,21]	-2,02 [0,56]		HT	-3,92* [0,02]	-3,78* [0,03]	
		AG	-2,51 [0,31]	-2,48 [0,33]		AG	-6,98* [0,00]	-6,80* [0,00]	
		lnPAT	-2,21 [0,46]	-1,80 [0,67]		lnPAT	-3,80* [0,03]	-3,77* [0,03]	
		lnAGİ	-1,94 [0,60]	-1,95 [0,59]		lnAGİ	-5,42* [0,00]	-5,67* [0,00]	

Not: * işareti, %5’lik anlamlılık düzeyinde durağanlık seviyelerini göstermektedir. []sembölü, olasılık değerlerini ifade etmektedir. Ayrıca, ADF testi için Schwarz bilgi kriteri kıstas alınırken, maksimum gecikme uzunluğu altı olarak seçilmiştir. PP testi için ise bant genişliği Newey-West Temelli Bartel Kernel tekniği kullanılarak analiz edilmiştir.

Tablo 4’te görüldüğü üzere, düzey değerlerinde ele alınan değişkenlerin tümünün ADF ve PP test istatistik sonuçlarına göre herhangi bir anlamlılık düzeyinde

durağan olmadığı, fakat birinci farkları alındıktan sonra tüm değişkenlerin durağan oldukları tespit edilmektedir. Bu test sonucuna göre; çalışmanın ileri evresinde eşbütünleşme analizi uygulanabilmektedir. Çünkü eşbütünleşme analizinin yapılabilmesi için serilerin birinci fark $I(1)-I(1)$ seviyesinden durağan olması gerekmektedir. Ulaşılan sonuçlara göre; söz konusu gereklilik sağlanmaktadır.

6.2. Eş bütünleşme Analizi

Söz konusu serilerin birinci farkı alındıktan sonra durağanlaşan seriler arasındaki uzun dönem ilişkisinin varlığı, Johansen (1988) ve Johansen & Juselius (1990) tarafından geliştirilen uzun dönem eşbütünleşme yöntemine göre araştırılmıştır. Johansen yöntemine geçmeden yapılması gereken ilk aşama gecikme uzunluğunun belirlenmesidir. Bunun için yapılması gereken, kısıtsız bir VAR modeli tahmini yapmaktır. Nitekim, tahmin edilen VAR modelinde Model 1 ve Model 2 için uygun gecikme uzunluğunun $k=3$ olduğuna karar verilmiştir. Tablo 5’de Model 1 için tahminlenen Johansen Eş Bütünleşme Analizi sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 5: Model 1 İçin Tahminlenen Johansen Eş Bütünleşme Analizi Sonuçları

Ho Hipotezi	Özdeğer İstatistiği	İz İstatistisi	%5 Kritik Değer	Prob.**	Max-Özdeğer İstatistiği	%5 Kritik Değer	Prob.**
None*	0,90	130,76	69,81	0,00	59,62	33,87	0,00
At most 1*	0,78	71,14	47,85	0,00	38,27	27,58	0,00
At most 2	0,44	32,87	29,79	0,02	14,74	21,13	0,30
At most 3	0,34	18,13	15,49	0,01	10,71	14,26	0,16
At most 4*	0,25	7,41	3,84	0,00	7,41	3,84	0,00
Normalize Edilmiş Eş Bütünleşme Katsayıları							
Değişkenler		Eşbütünleşme Katsayısı		Standart Hata			
HT		0,56*		0,10			
AG		4,23*		1,22			
lnPAT		2,17*		0,20			
lnAGİ		10,7*		1,34			

Not: * işareti eşbütünleşmenin olduğunu gösterir. ** işareti ve “Prob.” Mackinnon-Haug-Michells (1999) olasılık değerleridir. İz istatistiği ve Maksimum özdeğer testi sırasıyla büyük ise %5 kritik değerlerden eşbütünleşme eşitliğinin bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 5’deki eşbütünleşme sonuçları incelendiğinde ekonomik büyüme, Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ürünü ihracı, patent sayısı ve Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısı arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğu yani eşbütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Tabloda sunulduğu üzere İz istatistiğinin ve maksimum özdeğer istatistiğinin olasılık değerleri %5’den küçük olduğu için H_0 reddedilmiş, H_1 kabul edilmiştir. Yani, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin varlığına karar verilmiştir. Bu sonuca göre, değişkenler arasında en az üç eşbütünleşme

vektörü bulunmaktadır. Normalize edilmiş eş bütünleşme katsayıları yorumlandığında ilgili değişkenlerin tümü için t-İstatistiği anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre; uzun dönemde yüksek teknoloji ürün ihracatında %1’lik artış, ekonomik büyümeyi %0,56; Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik artış, ekonomik büyümeyi %4,23; patent sayısındaki %1’lik artış, ekonomik büyümeyi %2,17, Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısındaki %1’lik artış, ekonomik büyümeyi %10,7 arttırmaktadır. Böylece, teknolojik gelişmenin ve inovasyonun belirleyicileri olarak kabul edilen yüksek teknoloji ürün ihracatı, Ar-Ge harcamaları, patent sayısı ve Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısındaki artış ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur. Yani, bu sektörler veya üretim alanlarını yapılacak yatırımların ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyeceği tespit edilmektedir. Tablo 6’da Model 2 için tahminlenen Johansen Eş Bütünleşme Analizi sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 6: Model 2 İçin Tahminlenen Johansen Eş Bütünleşme Analizi Sonuçları

Ho Hipotezi	Özdeğer İstatistiği	İz İstatistiği	%5 Kritik Değer	Prob.**	Max-Özdeğer İstatistiği	%5 Kritik Değer	Prob.**
None*	0,89	107,34	69,81	0,00	55,93	33,87	0,00
At most 1*	0,61	51,40	47,85	0,02	23,65	27,58	0,00
At most 2	0,39	27,74	29,79	0,08	12,38	21,13	0,81
At most 3	0,35	15,36	15,49	0,05	11,15	14,26	0,42
At most 4	0,15	4,21	3,84	0,04	4,21	3,84	0,35
Normalize Edilmiş Eş Bütünleşme Katsayıları							
Değişkenler		Eşbütünleşme Katsayısı		Standart Hata			
HT		0,64*		0,09			
AG		2,31*		1,26			
lnPAT		1,79*		0,21			
lnAGİ		10,50*		1,39			

Not: * işareti eşbütünleşmenin olduğunu gösterir. ** işareti ve “Prob.” Mackinnon-Haug-Michells (1999) olasılık değerleridir. İz istatistiği ve Maksimum özdeğer testi sırasıyla büyük ise %5 kritik değerlerden eşbütünleşme eşitliğinin bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 6’daki eşbütünleşme sonuçları incelendiğinde ihracat ile Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ürün ihracı, patent sayısı ve Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısı arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğu yani eşbütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Tabloda sunulduğu üzere İz istatistiğinin ve maksimum öz değer istatistiğinin olasılık değerleri %5’den küçük olduğu için H_0 reddedilmiş, H_1 kabul edilmiştir. Yani, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin varlığına karar verilmiştir. Bu sonuca göre, değişkenler arasında en az iki eşbütünleşme vektörü bulunmaktadır. Normalize edilmiş eş bütünleşme katsayıları yorumlandığında ilgili değişkenlerin tümü için t-İstatistiği anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre; uzun dönemde yüksek teknoloji ürün ihracatında %1’lik

artış, ihracat performansını %0,64; Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik artış, ihracat performansını %2,31; patent sayısındaki %1'lik artış, ihracat performansını %1,79, Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısındaki %1'lik artış, ihracat performansını %10,50 arttırmaktadır. Böylece, teknoloji gelişmenin ve inovasyonun belirleyicileri olarak kabul edilen yüksek teknolojlü ürün ihracatı, Ar-Ge harcamaları, patent sayısı ve Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısındaki artış ile ihracat performansı arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur. Yani, bu sektörlere yapılacak yatırımlar ihracat performansını olumlu yönde etkileyecektir. İncelenen değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı, değişkenlerin kısa dönemdeki dengeden sapmalarını vektör hata düzeltme modeli çerçevesinde ele alınabileceğini göstermektedir.

6.3. Kısa Dönem Analizi: Hata Düzeltme Modeli

Değişkenlerin dinamik davranışları uzun dönemde birlikte hareket ederken bazı sapmalar gösterirler. Bu durum uzun dönemde eşbütünleşik olan değişkenlerin üzerinde görülebilecek bir durumdur ve kısa dönemin belirleyicileri olmaktadır (Johnstan ve Dinardo,1997). Bu durumun sonucunda ortaya hata düzeltme modeli (error correction model) çıkar. Aşağıda, çalışmada kullanılan iki modele ilişkin hata düzeltme modeli denklemleri sunulmuştur.

Model 1 için kullanılan hata düzeltme modeli:

$$\Delta \ln GDP_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Hata Terimi}_{t-1} + \alpha_2 \Delta HT_t + \alpha_3 \Delta AG_t + \alpha_4 \Delta \ln PAT_t + \alpha_5 \Delta \ln AGI_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Model 2 için kullanılan hata düzeltme modeli:

$$\Delta \ln EXP_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Hata Terimi}_{t-1} + \beta_2 \Delta HT_t + \beta_3 \Delta AG_t + \beta_4 \Delta \ln PAT_t + \beta_5 \Delta \ln AGI_t + \mu_t \quad (4)$$

Yukarıdaki " Hata Terimi_{t-1} " , uzun dönem analizinden elde edilen hata terimi serisinin bir dönem gecikmesini ifade etmektedir. Tablo 7'de Model 1 için tahminlenen hata düzeltme modeli sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 7: Model 1'in Hata Düzeltme Modeli Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	t-İstatistik	Olasılık Değerleri
D(HT)	-0,01	-0,27	0,78
D(AG)	0,16	0,26	0,79
D(lnPAT)	0,10	1,00	0,32
D(lnAGİ)	0,61	0,79	0,43
Hata Terimi(-1)	-0,59*	-2,93	0,00
Sabit Terim	0,01	0,20	0,84

Not: * işareti anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Uzun dönemde birlikte hareket eden seriler, kısa dönemde belirli sapmalar göstermektedir. Ortaya çıkan bu sapmaların giderilmesinde Hata düzeltme modelinin rolü önemli boyutlardadır. Hata düzeltme modeli analizi yapılırken, hata düzeltme

parametresinin istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olması beklenir. Tablo X'deki Hata düzeltme modelinin test sonuçlarına göre, hata düzeltme katsayısı -0,59, olasılık değeri 0,00 olduğundan hata düzeltme mekanizması çalışmakta olduğu söylenebilir.

Bu sonuç, bir dönemde meydana gelen dengesizliklerin sonraki dönemlerde düzelebileceğini ifade etmektedir. Dolayısıyla ele alınan dönemler için oluşturulan modellerin uzun dönem ilişkisi güvenilirdir. Yani dengeden sapma olduğunda uzun dönemde tekrar dengelenme sürecinde olacağını göstermektedir. Böylece elde edilen sonuçlara göre kısa dönem sapmalarının $1/0,59 \cong 1,69$ dönem sonra ortadan kalkmaktadır. Tablo 8'de Model 2 için tahminlenen hata düzeltme modeli sonuçları sunulmaktadır

Tablo 8: Model 2'nin Hata Düzeltme Modeli Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	t-İstatistik	Olasılık Değerleri
D(HT)	-0,04	-1,34	0,19
D(AG)	-0,75	-1,78	0,08
D(lnPAT)	0,08	1,25	0,22
D(lnAGİ)	0,48	0,93	0,36
Hata Terimi(-1)	-0,28*	-1,92	0,06
Sabit Terim	0,06	1,62	0,11

Not: * işareti anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Hata düzeltme modelinin sonuçlarının, istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olması gerektiğine yukarıda değinilmiştir. Tablo 8'deki Hata düzeltme modelinin test sonuçlarına göre, hata düzeltme katsayısı -0,28, olasılık değeri 0,06 olduğundan hata düzeltme mekanizması çalışmakta olduğu söylenebilir. Bu sonuç, bir dönemde meydana gelen dengesizliklerin sonraki dönemlerde düzelebileceğini ifade etmektedir. Dolayısıyla ele alınan dönemler için oluşturulan modellerin uzun dönem ilişkisi güvenilirdir. Yani kısa dönem dengesinde sapmalar gerçekleştiğinde uzun dönemde tekrar dengelenme sürecinde olacağı ileri sürülmektedir. Böylece elde edilen sonuçlara göre kısa dönem sapmalarının $1/0,28 \cong 3,57$ dönem sonra ortadan kalkmaktadır.

6.4. Granger Nedensellik Analizi

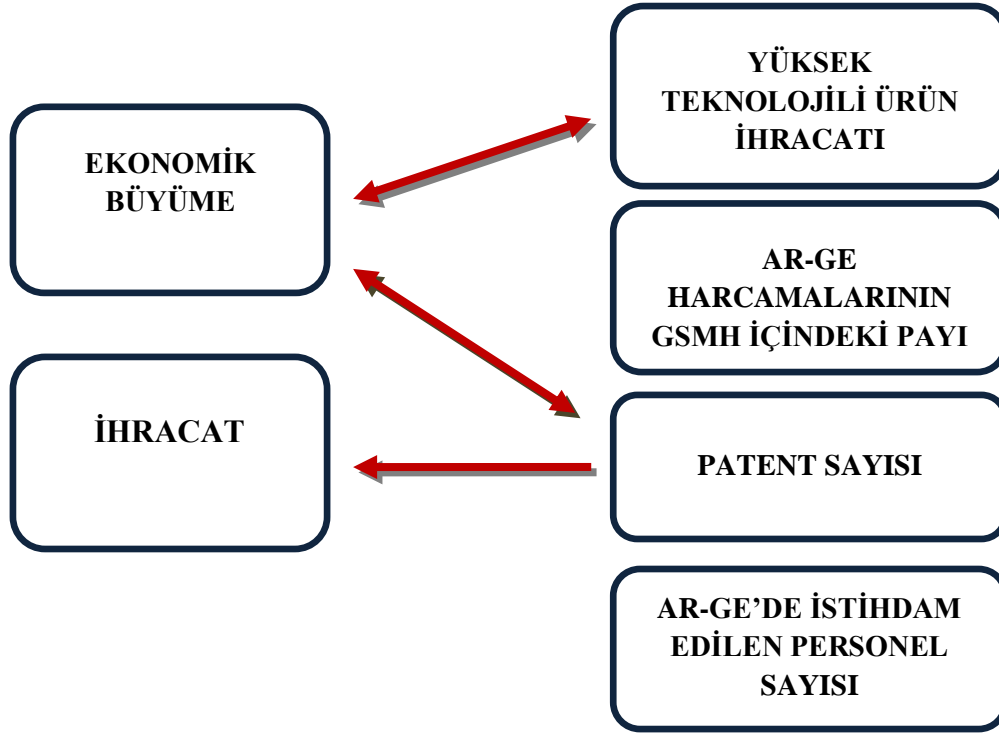
Çalışmada, Granger (1969) yöntemi kullanılarak seriler arasındaki nedensellik ilişkileri araştırılmıştır. Bu doğrultuda VAR analizi temelinde optimum gecikme uzunlukları Akaike bilgi kriterleri çerçevesinde seçilmiştir. Bununla birlikte, Granger (1969) nedensellik testinin uygulanmasının ön koşulu, serilerin birinci farklarının alınması sonrası durağanlaşmasıdır. Bu koşullar altında yapılan analiz ve elde edilen sonuçlar Tablo 9'da sunulmaktadır.

Tablo 9: Granger Nedensellik Test Sonuçları

Model 1		Model 2	
Nedenselliğin Yönü	Olasılık Değeri	Nedenselliğin Yönü	Olasılık Değeri
lnGDP→HT	0,02*	lnEXP→HT	0,37
lnGDP→AG	0,34	lnEXP→AG	0,60
lnGDP→lnPAT	0,01*	lnEXP→lnPAT	0,42
lnGDP→lnAGİ	0,74	lnEXP→lnAGİ	0,79
HT→lnGDP	0,03*	HT→lnEXP	0,24
AG→lnGDP	0,68	AG→lnEXP	0,40
lnPAT→lnGDP	0,08**	lnPAT→lnEXP	0,03*
lnAGİ→lnGDP	0,76	lnAGİ→lnEXP	0,26

Not: *, ** işareti ile belirtilen değerler sırasıyla %5 ve %10 anlam seviyelerinde seriler arasında nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermektedir.

Grafik 6: Granger Nedensellik Analizi Sonuçlarının Grafikselleştirilmesi



Grafik 6'daki Granger nedensellik test sonucuna göre, Model 1 için ekonomik büyümeden patent sayısına, patent sayısından ekonomik büyümeye doğru çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir. Model 1 için elde edilen bir diğer sonuç, ekonomik büyümeden yüksek teknoloji ürün ihracatına, yüksek teknoloji ürün ihracatından ekonomik büyümeye doğru ortaya çıkan çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığıdır. Model 2 için ise patent sayısından ihracat değişkenine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Böylece inovasyon parametresinin ölçümünde kullanılan patent sayısı değişkeni ile ekonomik büyüme ve ihracat arasında güçlü bir ilişki saptanmaktadır. Yüksek teknoloji ürün ihracatı ile ekonomik büyüme arasında

tespit edilen sonuçların da inovasyon parametresi sonuçlarını destekler nitelikte olduğu söylenebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kapitalist üretim biçimi altında esas olarak rekabetin teşvik ettiği, birbirinden farklı karakteri ve dinamiği olan sanayi devrimleriyle birlikte bir dizi teknolojik altüst oluşlar meydana gelmiştir. Bu çalışmada, dünyada ekonomisinin en aktüel üretim stratejisi olan Sanayi 4.0 uygulamalarının Türkiye ekonomisi özelinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen istatistiksel bulgulara göre, Türkiye ekonomisi için emek yoğun malların toplam üretim ve ihracat içindeki göreceli payının yıllar itibarıyla düşüş eğiliminde olduğu tespit edilmesine rağmen, emek yoğun mal üretiminde uzmanlaşan sektörler hali hazırda öncü sektörler olma niteliğini korumaktadır. Türkiye'nin uzun süredir devam eden yapısal sorunları arasında yüksek katma değerli teknoloji ürünlerinin üretim ve ihracat içerisinde payının düşük olması, Türkiye ekonomisinin Dördüncü Sanayi Devrimine ne kadar hazır olduğunu göstermesi açısından oldukça değerlidir. Eş bütünleşme sonucuna göre, teknoloji gelişmenin ve inovasyonun belirleyicileri olarak kabul edilen yüksek teknolojili ürün ihracatı, Ar-Ge harcamaları, patent sayısı ve Ar-Ge alanında istihdam edilen personel sayısındaki artış ile ihracat ve ekonomik büyüme performansı arasında uzun dönemde pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur. Yani, bu sektörlerde yapılacak yatırımlar ihracat ve ekonomik büyüme performansını olumlu yönde etkileyecektir. Kısa dönem analizi sonuçları, uzun dönem analizinde elde edilen bulgularının güvenilir olduğunu ispatlamaktadır. Nedensellik sonuçlarına göre ise, inovasyon parametresinin ölçümünde kullanılan patent sayısı değişkeni ile ekonomik büyüme ve ihracat arasında güçlü bir ilişki saptanmış, yüksek teknolojili ürün ihracatı ile ekonomik büyüme arasında tespit edilen sonuçların da inovasyon parametresi sonuçlarını destekler nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye ekonomisinin teknoloji yatırımlara ayırmış olduğu pay arttıkça bunun makroekonomik göstergeler üzerindeki yansımaları pozitif yönlü olmuştur. Ancak hali hazırda söz konusu üretim alanlarına veya sektörlere tahsis edilen yatırımların birçok ülke ekonomisine nazaran düşük seviyelerde olduğu belirtilmelidir. Bu üretim stratejisi, birçok parametrenin yanında özellikle katma değeri yüksek ürünlerde rekabetçi olma ve ekonomik gelişmişlik konusunda Türkiye ekonomisini aşağıya çekmektedir.

Öte yandan, Türkiye ekonomisinin karşısında duran endüstriyel dönüşüm sürecine uyum sağlayabilmesi için özel ve kamu kesimlerinin ortak hareket etmesi, çeşitli teşvik ve sübvansiyon olanaklarının yaratılmasıyla birlikte stratejik vizyon ve yol haritasının daha fazla geç kalmadan hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, Türkiye'nin ekonomik yapısına bağlı ve sahip olduğu kaynaklarıyla doğru orantılı olarak dünya pazarına ürün ihraç edebilecek öncül sektörler tespit edilmeli ve söz konusu sektörler için ayrıca bir destek ve teşvik programı geliştirilmelidir. Aynı zamanda teknolojik yeniliklere uyumlu bir işgücü piyasası oluşturmak için genel olarak eğitim sisteminde çeşitli reformlar yapılmalı, eğitimciler de bu çerçevede

yeniden eğitilmelidir. Bu bağlamda yetiştirme programları, kurs ve seminerler düzenlenmelidir. Son tahlilde, Türkiye ekonomisi iktisadi gelişimini ve kalkınması sağlamak amacıyla zaman kaybetmeden Ar-Ge faaliyetleri ile yüksek teknolojiyi üretimi gerçekleştirecek yatırımlara yönelmeli ve buna uyumlu bir toplumsal ortam oluşturmalıdır.

KAYNAKLAR

AĞIR, H. ve UTLU, S. (2011), Ar-Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği, 9. Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Konferansı: 269-279.

AKINCI M. ve SEVİNÇ H. (2013). Ar-Ge Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2011 Türkiye Örneği. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(27):7-17.

AKSOY S. (2017), Değişen Teknolojiler ve Sanayi 4.0: Endüstri 4,0'ı Anlamaya Dair Giriş, SAV Katkı, s. 34-44.

BUJARİ, A., ve MARTÍNEZ, V. F., (2016). Technological Innovation and Economic Growth in Latin America. Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época/Mexican Journal of Economics and Finance, 11(2).

JOHANSEN, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. Journal of Economics Dynamic and Control, 12(2-3), 231–254.

JOHANSEN, S., & JUSELIUS, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with application to the demand of money. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 52(2), 169–210.

JOHNSTON, J. and DİNARDO, J.; (1997). *Econometric Methods*, Fourth Edition, McGraw-Hill Companies, United States.

GEHRKE, L., KÜHN, A. T., RULE, D., MOORE, P., BELLMANN, C., SİEMES, S., DAWOOD, D., LAKSHMİ, S., KULİK, J. & STANDLEY, M. (2015). A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. VDI / ASME Industry 4.0 White Paper, pp. 1–28.

GOEL, R.K., PAYNE J.E. ve RAM R. (2008). R&D Expenditures and U.S. Economic Growth: A Disaggregated Approach. Journal of Policy Modelling, 30:237-250.

GRANGER, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods, *Econometrica*, 37, 424-438.

KÖSE Z. ve YILDIRIM M. (2015). Ar-Ge Harcamaları ile Dış Ticaret Arasındaki İlişki Üzerine Ampirik Bir Analiz: Türkiye Örneği, Akademik Bakış Dergisi, Sayı: 52. ss. 2019-227

KÜLÜNK İ. (2018), Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları, İhracat ve Büyüme Arasındaki İlişki: 1996-2016, Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Cilt: 4 Sayı: 2.

ÖZDOĞAN O. (2017), Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarı, Pusula Kitaplık, İstanbul.

ÖZER M., Çiftçi N., (2009). “Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi”, Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 1(16), s.219-240.

PERRON, P. (1989), “ Testing For A Unit Root In a Time Series With A Changing Mean” Princeton University and C.R.D.E, *Economic Research Program, Research Memorandum No: 347*.

PERRON, P. (1990). “*Testing For A UnitRoot in A Time Series With A ChangingMean.*” *Journal of Business and Economic Statistics*, 8, 153-62.

SÖKMEN, F, AÇCI, Y. (2017). BRICS-T Ülkelerinde AR-GE Harcamalarının Ekonomik Büyümeye Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7 (2), 83-100. Retrieved from <http://iibfdergisi.ksu.edu.tr/issue/33603/372921>

SYLWESTER K. (2001). R&D and Economic Growth. *Knowledge , Technology & Policy*, 13(4):71-84

TARI R. ve ALABAŞ M. (2017), The Relationship Between R&D Expenditures and Economic Growth: The Case of Turkey (1990-2014), AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 17, Yıl: 17 Sayı: 2, 17:1-17.

YEDİYILDIZ B. (1994) Tarih, MEB Yayınları, 2. Cilt, İstanbul.

ZHANG, L., SONG, W., & HE, J. (2012). Empirical Research on the Relationship Between Scientific Innovation and Economic Growth in Beijing. *Technology & Investment*, 3(3), 168-173.

<https://www.worldbank.org/>

<https://www.tuik.gov.tr/>

<https://www.oecd.org/>