

THE EFFECTS OF DIGITALIZATION ON LABOR MARKETS: DYNAMIC PANEL DATA ANALYSIS ON EUROPEAN UNION

DİJİTALLEŞMENİN İŞ GÜCÜ PİYASALARINA ETKİSİ: AVRUPA BİRLİĞİ ÜZERİNE DİNAMİK PANEL VERİ ANALİZİ

Tuğba Özışık¹

Gülgen Ülgen²

Öz

Sanayi devrimlerinin beraberinde getirdiği teknolojik gelişmeler ekonomik ve sosyal hayat üzerinde önemli etkiler yaratmıştır. Dijitalleşmenin ivme unsuru olarak kabul edilen dördüncü sanayi devrimi teknolojilerinin, günümüzde kullanım alanlarının genişlemesinden iş gücü piyasası da etkilenmektedir. Bu çalışmada; dijitalleşme ve dijital dönüşüm kavramları özetlendikten sonra iş gücü piyasalarına ilişkin teoriler incelenmiştir. Analiz bölümünde ise; Avrupa Birliği ülkelerinin 2002-2018 yılları arasındaki istihdam oranları Rutin Yoğunluk Endeksi'ne göre bilişsel, manuel ve rutin olarak gruplandırılarak analizin üç ayrı bağımlı değişkeni oluşturulmuştur. Avrupa Birliği'nin bilişsel, manuel, rutin istihdam oranları ile dijitalleşme arasındaki ilişki üç ayrı model üzerinden ayrı ayrı incelenmiştir. Sistem GMM tahmincisi ile çözümlenen panel veri analiz sonucunda dijitalleşmenin iş gücüne etkisinin bilişsel istihdam oranını artırıp, rutin istihdam oranını azalttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, İş Gücü, Avrupa Birliği

JEL Sınıflandırılması: J60, J01, J08, O33

Abstract

Technological developments brought by industrial revolutions have created significant effects on economic and social life. Technologies of the fourth industrial revolution, which is regarded as the accelerator of digitalization, also affect the work market through the expansion of their places of use. This study summarizes the concepts of digitalization and digital transformation before analyzing theories related to labor markets. Three different dependent variables of the analysis are formed in the analysis section after the employment rates of the European Union countries between 2002-2018 are grouped as cognitive, manual, and routine according to the Routine Intensity Index. The relationship between digitalization and European Union's cognitive, manual, and routine employment rates is analyzed through three different models. As a result of the panel data

¹ **Sorumlu Yazar:** Dr., T.C.İstanbul Kültür Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, t.ozisik@iku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1743-2446,

² Prof.Dr., İstanbul Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, gulgen@istanbul.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5165-9225

Makale Gönderim Tarihi: 19.12.2022

Makale Kabul Tarihi: 19.01.2023

analysis conducted by the System GMM estimator, it is observed that the effect of digitalization on labor increases cognitive employment rate, whereas it reduces the routine one.

Keyword: Digitalization, Labor, European Union

JEL Code: J60, J01, J08, O33

Giriş

Sanayi devrimlerinin tarihsel gelişim sürecine bakıldığında her biri bir öncekinin tamamlayıcısı ya da devamı olarak görünse de başlangıcı Üçüncü Sanayi Devrimi'ne dayanan dijitalleşme süreci; Dördüncü Sanayi Devrimi sonrasında ivme kazanmıştır. Dijitalleşmenin iş gücü piyasasına, üretim sürecine, sosyal yaşama, eğitim sürecine, dış ticarete, kamu otoritesi ve verimlilik üzerine etkisi oldukça fazladır.

Bu çalışma kapsamında, dijital dönüşümün iş gücü üzerinde yaratacağı etki kavramsal, teorik ve ampirik olarak analiz edilecektir. Dijital dönüşümün toplumların sosyal, kültürel ve ekonomik yapılarını çoğunlukla olumlu olarak etkilediğine yönelik bulgular yaygın olmakla birlikte, dijitalleşmenin özellikle bazı meslek dallarını yok etmekle tehdit ettiği ve bu tehdidin işsizliğe yol açacağı yönünde olumsuz yaklaşımlar da söz konusudur. Dijital dönüşüm sürecinin işsizlik üzerinde yaratacağı etki farklı bir boyuttadır. Ortadan kalkması muhtemel olan meslek dallarının yerine yeni teknolojileri içeren meslek gruplarının geçmesi beklenmektedir. Bu çalışmada, dijital dönüşüm sürecinin iş gücüne entegrasyonunu sağlamak amacıyla uygulanan ve planlanan süreçler Avrupa Birliği ülkeleri özelinde değerlendirilmektedir. Çalışmanın amacı günümüzde oldukça tartışılan bir konu olan dijitalleşmenin iş gücü piyasasına etkisini Avrupa Birliği ülkeleri üzerine gerçekleştirilen panel veri analizi ile değerlendirmek ve literature katkı sağlamaktır.

1.Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm

Teknoloji geliştiği zaman mal ve hizmetlerin gelişimi de buna bağlı olarak değişir. Fiziki verilerin dijital formata çevrilmesi, depolanması ve istenildiği zaman kullanılmasına sayısallaşma (dijitalizasyon) denir. Sayısallaştırma yardımı ile fiziki objeler dijital araçlar sayesinde, dijital ortamlara aktarılır ve dijitalleşme gerçekleşmiş olur. Dijitalleşmenin amacı, süreçleri iyileştirmek ve etkinleştirmektir.

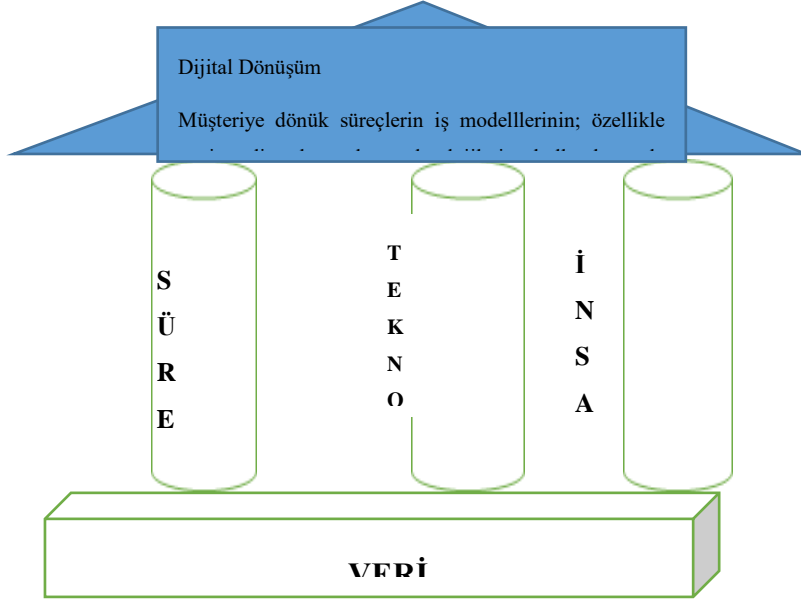
Dijitalleşme kavramı, Sanayi 4.0 öncesinde de var olan ama bu devrim ile ilişkili Sanayi 4.0 bileşenleri (Simülasyonlar, Entegre sistemler, Bulut bilişim, Nesnelerin interneti, Siber Güvenlik, Dev Veriler, Mantıksal Gerçeklik, Eklemeli Üretim, Siber-Fiziksel Sistemler (CPS

– Cyber-Physical Systems)) ve bu sistemleri birbirine bağlayan internet ile üretim şekillerimizin, iş modellerimizin, iş süreçlerimizin, yaklaşımlarımızın ve hayatımızın yenilenmesini, dönüşmesini ve gelişmesini içermektedir.

Dijital dönüşüm ise, dijitalleşmeyi kapsayan bir kavramdır. George Westerman'ın “Dijital dönüşümü doğru şekilde yapmak bir tırtılın kelebeğe dönüşmesi gibidir, ancak dijital dönüşümü yanlış yaptığımız zaman elinize geçen sadece çok hızlı bir tırtıl olacaktır” ifadesi bu kavramı iyi bir şekilde betimlemektedir. Başka bir ifade ile, dijital imkanları yalnızca sosyal medya ve mobil araçlar aracılığıyla gündelik kolaylıklar yaratmak için değil, kapsamlı bir dijital vizyonla kullanmak, katma değer yaratacak, gerçek anlamda dönüşüme hizmet edecektir (Arslan Olcay, Genç, 2021:2238-2247).

Dijital dönüşüm kavramı, ilk kez Patel ve McCarthy (2000) tarafından kullanılmış olup terime ilişkin kavramsal bir bakış geliştirilmemiştir. Özellikle, son on yıldır önemli bir kavram olan dijital dönüşümün genel bir tanımını; müşteriye yönelik süreçlerin, iş modellerinin; yeni dijital teknolojiler kullanılarak yeniden oluşturulması olarak yapılabilir.

Şekil 1. Dijital Dönüşüm Süreci



Kaynak: Acıhoğlu ve Kaya, 2021: 23.

Sanayi 4.0 teknolojilerinin temelini oluşturan yapay zeka, büyük veri ve nesnelerin interneti gibi yeni gelişen teknolojiler dijital dönüşümün gerçekleşmesi için zemin oluşturmaktadır. Bu dönüşüm süreci yalnızca üretim, satış ve iş süreçlerinin dijitalleşmesinden ibaret değildir.

McKinsey'e göre dijital dönüşüm doğrultusunda yapılan girişimlerin %70'i başarısızlıkla son bulmaktadır. Avrupa Parlemantosunu tarafından yayınlanan raporda; mevcut işlerin %90'nın minimumda da olsa dijital beceri gerektirdiği, günümüzde ise iş gücünün %37'sinin bu tür becerilere sahip olmadığı vurgulanmaktadır (Acılioğlu ve Kaya, 2021:24). Bu sürecin başarı ile tamamlanabilmesi için aşağıdaki şekilde belirtilen süreç, teknoloji, insan başlıklarında detaylandırılması gerekmektedir.

Süreç: Dijital dönüşüme dahil olan paydaşların iş süreçlerinin gözden geçirilmesi, bir hata var ise yeniden tasarlanması ve dijital çözümler sürecinin bu yeni yola entegre edilmesidir. Süreçte ihtiyaç duyulan eğitim ve iletişim dönüşümünün tamamlanması için önem arz eder (Acılioğlu-Kaya, 2021:23-24).

Teknoloji: Sürekli gelişen teknolojiler verimliliği artırarak müşteri etkileşimi sağlar. Teknolojilerin takip edilmesi, sorunların tespiti ve giderilmesi açısından önemli bir araçtır.

İnsan: Sürecin değişip, teknolojinin gelişmesiyle insanın da buna adaptasyonu konusu önem kazanmaktadır. Çünkü bu süreçleri uygulayacak, teknolojileri kullanacaklar insanlardır.

Dijital Dönüşümün üç önemli ayağından bahsedilirken bunun dinamik bir süreç olduğu vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda her alanda bir dönüşümü hedefleyen bu kavram dijitalleşme kavramını da kapsamaktadır. Makro ekonomik anlamda dijital dönüşümün istihdam, sürdürülebilir büyüme ve kalkınma gibi pek çok etkilerinin yanı sıra genel anlamda "dijital dönüşüm" kavramının faydaları mevcuttur. Bunlar; toplum ve çevreye fayda sağlar, yaşam kalitesini yükseltir, hızlı olduğundan zaman kaybını önleyicidir, tüketicinin yararına, eğitim düzeyinin yükselmesi için baskı yapar, yetenek dönüşümünü zorunlu kılar, ücret düzeyini düzenler, paylaşım ekonomisi modeli gibi yeni nesil ekonomi modellerinin doğmasına neden olur, yatırımcının yeni bir sermaye biriktirme sahasıdır, maliyetleri minimize eder, verimliliği artırır, müşteri memnuniyetini gözetir, küresel piyasalarda sektörün aktörlerinin yerini dijital kavramların almasını sağlar, kişiye özel tasarımlara odaklanır, e-ticarete ivme kazandırır, bilgi üretimini, paylaşımı ve iletişimi hızlandırır(Büyükuslu, 2018:15-16).

2.Dijitalleşmenin İş Gücü Piyasasına Etkisine İlişkin Teoriler

1970 yılından itibaren pek çok gelişmiş ülkenin iş gücü piyasalarında gözlemlenen eşitsizlikler, dijitalleşmenin etkisi ile artan teknolojilerin iş gücü piyasasına etkilerine ilişkin farklı yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Dijitalleşmenin iş gücü piyasalarına etkilerine

ilişkin üç ayrı hipotez söz konusudur. Bunlar; Beceri/Vasıf Yanlı Teknolojik Değişim (Skill Biased Technical Change - SBTC), Sermaye Beceri Tamamlayıcılığı (Capital Skill Complementarity - CSC) ve Rutin/Görev Yanlı Teknolojik Değişim Hipotezi (Routine Biased Technical Change - RBTC)'dir (Goos, 2018: 263).

2.1. Beceri/Vasıf Yanlı Teknolojik Değişim Hipotezi

Sanayi devrimlerinin her biri önceki devrime ilişkin mevcut teknolojilere eklemeler yaparak hem sosyal hem de ekonomik hayatı etkilemiştir. Teknolojinin hız kazanmasıyla iş gücü piyasasına ilişkin araştırma yapan iktisatçılar; dış ticaretten daha çok, iş gücü piyasasını şekillendiren unsurun beceriye ilişkin sınıflandırmalar ile değerlendirilmesi üzerinde durmuşlardır. Beceriye ilişkin yetkinliklerin ücret ve eğitim seviyesiyle ölçüldüğü Beceri/Vasıf Yanlı Teknolojik Değişim (Skill Biased Technological Change - SBTC) teorisini öne sürmüşlerdir (Katz ve Murphy (1992), Autor, Katz, Krueger (1998); Goldin ve Katz (2008, 2009). İş gücü kutuplaşmasını gösteren bu teori; gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde teknoloji kullanımının, fazla olması nedeniyle daha fazla etki yarattığını açıklamaktadır. Bu teori; teknolojik gelişmeler nedeniyle iş gücü talebinin teknoloji yoğun işlerde çalışma becerisine sahip yüksek eğitimli ve yüksek ücret kazanan gruplara yöneldiğini açıklamaktadır. Teoriye göre gelişen teknolojiler ile birlikte yapay zeka, internet, büyük veri gibi teknolojilerin kullanılması, düşük ve yüksek vasıflı işçilere talebi arttırarak tamamlayıcı etki, orta vasıflı işçilerin yerine geçerek ikame etkisi yaratmaktadır (Wang v.d. 2021:2). Beceri yanlı teknolojik değişim hipotezi teknolojinin yüksek beceriye dayalı iş gücü talebinin artmasına neden olduğundan yüksek becerili iş gücü verimliliğini arttırarak ücretlerin de artmasına neden olacaktır. Yüksek becerili iş gücü teknolojik şoklardan etkilenmeyecek olup düşük becerili iş gücünün teknolojik ilerlemeler karşısında yüksek becerili iş gücü tarafından dışlanmasına (crowding out) neden olmaktadır. Ayrıca iş arama ve rekabet durumunda ise basit işlerin de yüksek becerili iş gücü tarafından yapılması olasılığını arttırmaktadır (Çelik, 2008: 3).

2.2. Sermaye Beceri Tamamlayıcılığı Hipotezi

Sermaye-beceri tamamlayıcılığı (CSC) hipotezi olarak bilinen bu hipotez; aynı zamanda vasıflı ve vasıfsız işçiler için basit bir arz-talep çerçevesini de dikkate almaktadır. Bu hipotez, sermaye ile emek girdisi olan mavi yakalı ve beyaz yakalı işçiler arasındaki imalat üretimindeki ikame olasılıkları arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Griliches, 1969 yılında vasıfsız emeğin, vasıflı emek yerine sermaye tarafından daha kolay ikame edildiğini tespit ederek bu hipoteze sermaye-

beceri tamamlayıcılığı hipotezi adını vermiştir (Griliches,1969). SBTC için geçerli olan teknolojik ilerlemenin vasıflı işçiler için vasıfsız işçilerden daha fazla emek üretkenliğini arttırdığını varsaymaz. Bunun yerine, CSC hipotezi, (vasıflı ve vasıfsız işçilere ek olarak) üretimde üçüncü bir girdi faktörü olarak sermayenin rolünü açıkça dikkate alır ve teknolojik ilerlemenin zaman içinde sermaye fiyatındaki düşüşle yakalanacağını açıklar. Sermaye ve vasıflı emek arasındaki ikame edilebilirliğin, sermaye ve vasıfsız emek arasındaki ikame edilebilirlikten daha az olduğunu belirtir. Buna da 'sermaye-beceri tamamlayıcılığı' hipotezi adı verilir. Bu hipoteze göre, sermaye fiyatındaki düşüş nedeniyle işçi başına sermaye birikimi süreci anlamına gelen “Sermaye Derinleşmesi” vasıfsız emeğe oranla vasıflı emek talebini arttıracaktır. Örneğin, Moore Kanunu, dijital ekipmanın göreceli fiyatındaki düşüşü gösterir, bu da 1980'lerde sermaye-beceri tamamlayıcılığı nedeniyle sermaye derinleşmesini ve dolayısıyla beceri priminde bir artışı tetiklemiş olabilir. Özellikle, Krusell ve diğerleri (2000) tarafından girdi fiyatlarındaki düşüş hızının bazı dönemlerde hızlanmış olabileceği durumu 1970'lerin sonlarında, bunu izleyen beceri primindeki artışı açıklamak için kullanılmıştır (Goos, 2018:265).

2.3. Rutin/Görev Yanlı Teknolojik Değişim Hipotezi

Beceri ve meslek ayrımının gözlemlenmediği SBTC ve CSC modelinin, teknolojik gelişmenin iş gücü piyasalarına etkilerini tam açıklayamadığı öne sürülmüştür. Bu doğrultuda teknolojinin istihdam üzerindeki etkisini inceleyen David Autor ve bir grup akademisyenin geliştirdiği “görev modeli” ve bu modele ilişkin olarak Acemoğlu ve Autor’un geliştirdiği, Rutin/Görev Yanlı Teknolojik Değişim Hipotezi (RBTC) literatürde yer almaya başlamıştır. Autor, Levy ve Murnane 2003 yılında yaptıkları çalışmada teknolojiyi temsilen bilgisayar sermayesinin bilişsel ve manuel olmayan görevleri yerine getirirken ikame, rutin olmayan, karmaşık problemlerin çözümünü kapsayan görevler için ise tamamlayıcı etkisini araştıran çalışmalarında teknolojiyi içsel olarak kabul ederek, beceri ve görev ayrımı gözeterek RBTC ile iş gücü piyasalarına ilişkin kutuplaşma olgusunu açıklamışlardır.

Kutuplaşma teorilerinde ortaya çıkan sonuca göre, teknolojik değişim rutin orta gelirli işlere olan talebi azaltırken, ücret dağılımını etkileyecek rutin olmayan işlere olan talebi artıracaktır. Rutin görevler yeni teknolojilerle gerçekleştirilerek ortadan kalkıp ikame edilebilirken, rutin olmayan görevler kişisel etkileşim ve/veya otomasyonu zorlaştıran bilişsel becerileri

gerektirdiğinden teknoloji tarafından beslenip tamamlanabilir. Rutin olmayan görevler arasında;

- **Karmaşık, bilişsel ve soyut görevler (örneğin, bilginin işlenmesini gerektiren analitik ve etkileşimli görevler):** Bu görevler yüksek vasıflı işçiler tarafından gerçekleştirilir.
- **El emeğine ilişkin görevler (örneğin kişisel hizmetler, temizlik, inşaat ve ulaştırma sanayileri):** Bu gruba dahil olan görevler ise düşük vasıflı işçiler tarafından gerçekleştirilir.

Böylece, mesleki beceri dağılımının ortasındaki daha rutin işlerin ortadan kalkarak ya da azalarak, rutin olmayan beceri, vasıf ve yetenek gerektiren işlerin geliştiği iş gücü piyasalarının kutuplaşması durumu söz konusu olacaktır (Breau vd., 2014:355).

3. Rutin/Görev Yanlı Teknolojik Değişim Hipotezine İlişkin Literatür

Rutin/Görev Yanlı Teknolojik Değişim Hipotezi doğrultusunda dijitalleşmenin iş gücüne etkisini ele alan çalışmaların çoğunluğunda teknolojinin beceri gerektiren işler için tamamlayıcı, otomasyona yatkın ve tekrar edilen orta ücretli işler için ikame bir unsur olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada RBTC hipotezine ilişkin iş gücü sınıflandırılması yapıldığından literatür özet tablosu bu teoriye ilişkin olarak düzenlenmiştir.

Tablo 1: Dijitalleşmenin İş Gücüne Etkisi

Autor, Levy ve Murnane (2003)	Otomasyonun iş gücü talepleri üzerine etkisi incelenmiştir.	Bilgisayarlı teknolojinin beceri gerektiren iş gücünü tamamlayıcı nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.
Autor, Katz ve Kearney (2006)	ABD’de ücret yapısındaki değişiklik ve iş gücü kutuplaşması incelenmiştir.	Ücret eşitsizliğinin ve iş gücü kutuplaşmasının varolduğu sonucuna varılmıştır.
Spitz Oener (2006)	Batı Almanya Anket Araştırması üzerinden	Mesleklerin bilgisayarlaştırılmasında

	teknoloji değişikliğinin ücret dışındaki faktörlere yansımaları incelenmiştir.	becerinin daha fazla talep edildiği sonucuna varılmıştır.
Goos (2018)	Teknolojik değişmelerin iş gücüne etkisi incelenmiştir.	İş gücü piyasaları üzerine geliştirilen politikalar incelenmiştir.
Autor ve Dorn (2013)	1980-2005 yılları arasında ABD iş gücü ve ücret kutuplaşması değerlendirilmiştir.	ABD'nin iş gücünde düşük vasıflı işler ile yüksek vasıflı işlere olan talebin arttığı görülmüştür.
Autor ve Handel (2013)	Roll modeli kullanılarak iş görevlerinin tespit edilmesi incelenmiştir.	Modelin birincil amacı, iş görevlerinin çalışanla nasıl "ilişkilendirilmesi" gerektiğine dair bir sezgi oluşturmaktır
Goos, Manning ve Salomons (2014)	1993-2010 yılları arasında 16 AB ülkesi için kutuplaşma durumu incelenmiştir.	Düşük ücretli mesleklerde bir artış, orta ücretli mesleklerde ise bir azalma olduğuna dair bir kutuplaşma modeli tespit edilmiştir.
Kim ve Thompson (2021)	1980-2010 yılları arasında RBTC'nin göçmen iş gücü üzerine etkisi incelenmiştir.	Göçmen işçilerin teknolojik değişmelere adaptasyonunun daha zor olduğu tespit edilmiştir.

4. Yöntem

Çalışmada, görev bazlı teknolojik değişim (Routine Baised Technical Change); Goos, Manning ve Salomons (2014) tarafından hesaplanan ve her meslek grubuna ait routine (rutin), manuel (el emeği gerektiren) ve cognitive (bilişsel) görevlerin ağırlığını gösteren rutin yoğunluk endeksi (Routine Task Intensity, RTI)'ne dayanmaktadır. Rutin yoğunluk endeksi, ILO tarafından belirlenen ve meslekleri benzer beceri eğitim seviyesi kriterlerine göre gruplayan uluslararası standart meslek sınıflaması (ISCO) iki basamaklı kod sistemi baz alınarak hesaplanmaktadır. RTI endeksi, 1988 yılında belirlenen kriterlere göre hazırlanan ISCO-88 kodlamasına göre hesaplanmış, 2008 yılında ise ISCO-08 kod sistemine göre güncellenmiştir. Tablo 2.'de ISCO-88 ve ISCO-08 tek basamaklı ana meslek kod sınıflandırması yer almaktadır.

Tablo 2: Tek Basamaklı Ana ISCO-88/ISCO-08 Meslek Kodları Sınıflandırması

0	Silahlı kuvvetlerle ilgili meslekler
1	Yöneticiler
2	Profesyonel meslek mensupları
3	Teknisyenler, teknikerler ve yardımcı profesyonel meslek mensupları
4	Büro hizmetlerinde çalışan elemanlar
5	Hizmet ve satış elemanları
6	Nitelikli tarım, ormancılık ve su ürünleri çalışanları
7	Sanatkarlar ve ilgili işlerde çalışanlar
8	Tesis ve makine operatörleri ve montajcılar
9	Nitelik gerektirmeyen işlerde çalışanlar

Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSatirListeAction.do?surumId=210&seviye=1&detay=H&turl=41&turAdi=%209.%20Meslek%20Sınıflamaları>

ISCO-88 ile ISCO-08 kriterlerine göre iki basamaklı meslek gruplaması arasında bazı gruplar için detaylandırma gerçekleştirilmiştir. Goos, Manning ve Salomons (2014)'un çalışması; Autor, Levy ve Murnane (2003) ve Autor (2006; 2008)'in çalışmalarını baz almıştır. Autor, Levy ve Murnane (2003) tarafından 5 kategoride sınıflandırılan görevler Goos, Manning ve Salomons (2014)'un çalışmasında bilişsel, manuel ve rutin olmak üzere 3 kategori altında

toplanmıştır. Bu çalışmada, Goos, Manning ve Salomons (2014)'un sınıflandırması takip edilmektedir. Çalışmada ele aldığımız üç ayrı modelin bağımlı değişkenleri olan bilişsel, manuel ve rutin görev kategorilerinin hesaplamaları;

- **Bilişsel görev kategorisi (B); yönetim kontrol planlama ile sayısal muhakeme gerekliliğini,**
- **Manuel görev kategorisi (M); mesleklerin göz-el ayak koordinasyonu ile ilgili içeriklerini,**
- **Rutin görev kategorisi (R); sınır ve standart sınır koyma ve parmak becerisini göstermektedir.**

Rutin yoğunluk endeksi hesaplaması Denklem 1.'de ifade edilen formül ve alt endeksler kullanılarak hesaplanmıştır. Endeks değerinin artması mesleğin daha yüksek seviyede rutin-yoğun olduğunu göstermektedir.

$$RTI = \log R - (\log B + \log M) \quad (\text{Denklem 1.})$$

5. Veri ve Değişkenler

Tablo 3: Analizde Kullanılan Örneklem ve Yıllar

Yıllar	2002 – 2018 (t = 17)		
Örneklem Grubu	27 ülke (N = 27)		
	Avusturya	Belçika	Bulgaristan
	Hırvatistan	Kıbrıs	Çekya
	Danimarka	Estonya	Finlandiya
	Fransa	Almanya	Yunanistan
	Hollanda	Macaristan	İrlanda

	İtalya	Letonya	Litvanya
	Lüksemburg	Malta	Polonya
	Portekiz	Romanya	Slovakya
	Slovenya	İspanya	İsveç

Tablo 4: Değişkenlerin Özet Sunumu

Değişkenler	Tanım ve Hesaplama	Kaynak
cognitive_share	ISCO-08, ISCO-88 meslek grubu sınıflandırması dikkate alınarak Goos, Manning ve Salomons (2014) çalışmasındaki Rutin Yoğunluk Endeksi yardımı ile yazar tarafından oluşturulmuştur.	ILO https://www.ilo.org
manual_share	ISCO-08, ISCO-88 meslek grubu sınıflandırması dikkate alınarak Goos, Manning ve Salomons (2014) çalışmasındaki Rutin Yoğunluk Endeksi yardımı ile yazar tarafından oluşturulmuştur.	ILO https://www.ilo.org
routine_share	ISCO-08, ISCO-88 meslek grubu sınıflandırması dikkate alınarak Goos, Manning ve Salomons (2014) çalışmasındaki Rutin Yoğunluk Endeksi yardımı ile yazar tarafından oluşturulmuştur.	ILO https://www.ilo.org
		World Bank

AR-GE	AR-GE harcaması ülkelerin GSYİH içerisindeki payını göstermektedir.	World Development Indicators https://data.worldbank.org
GDP	GSYH büyümesi (yıllık, %)	World Bank World Development Indicators https://data.worldbank.org
CPI	Tüketici Fiyat Endeksi (2010=100)	World Bank World Development Indicators https://data.worldbank.org
Scholl enrollment, Secondary (% gross)	Toplam kayıtların orta/lise öğretim çağındaki nüfusa oranını göstermektedir.	World Bank World Development Indicators https://data.worldbank.org

5.1. Değişkenlerin Tanıtımı

Araştırmada, cognitive, routine, manuel, Ar-ge, CPI, GDP ve Scholl enrollment, Secondary (Sec. School) değişkenleri kullanılarak istatistiksel ve ekonometrik analizler yapılmıştır.

Tablo 5: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem ($N \times T$)	Ortalama	St. Sapma	En Küçük Değer	En Büyük Değer
Cognitive	459	33.12629	6.347722	18.64588	54.5955
Manuel	456	30.66743	4.061177	15.95481	40.81853
Routine	459	24.56252	4.075945	13.02127	42.95955
Ar-Ge	455	1.465394	0.887857	0.23886	3.73402
CPI	459	2.367706	3.656431	-14.8386	25.17624
GDP	459	98.19612	11.34227	52.70286	119.4228
Sec. School	459	105.4821	21.16443	0	163.9347

Tablo 5'te araştırma kapsamında ele alınan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı (özet) istatistikler sunulmaktadır. Araştırmada, 2002-2018 periyodunda (17 yıl) 27 ülkeye ait cognitive, routine,

manuel, ar-ge, cpi, gdp ve sec. school değişkenlerine ilişkin veriler incelenmiştir. Ayrıca panel veri setinin N>T özellikli (*uzun panel*) ve dengesiz (*eksik gözlemlerin yer aldığı*) panel olduğu görülmektedir.

Tablo 6: Korelasyon Tablosu

Değişkenler	Cognitive	Routine	Manuel	Ar-Ge	GDP	CPI	Sec. School
Cognitive	1						
Routine	-0.4135***	1					
	(0.0000)						
Manuel	-0.4759***	-0.0801*	1				
	(0.0000)	(0.0875)					
Ar-Ge	0.5908***	-0.242***	-0.2841***	1			
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)				
GDP	-0.0536	-0.0492	0.0911*	-0.1884***	1		
	(0.2516)	(0.2942)	(0.0512)	(0.0001)			
CPI	0.2386***	0.0914*	-0.3609***	0.2625***	-0.2693***	1	
	(0.0000)	(0.0510)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)		
Sec. School	0.2618***	-0.0124	-0.2209***	0.3682***	-0.0083	0.1861***	1
	(0.0000)	(0.7922)	(0.0000)	(0.0000)	(0.8593)	(0.0001)	

Not: *, ** ve *** sırasıyla, 0.10, 0.05 ve 0.01 önem seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 6.'da değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları ve istatistiki anlamlılıklarına ilişkin sonuçlar sunulmaktadır. Katsayılar incelendiğinde, cognitive değişkeninin arge, cpi ve sec. school ile pozitif korelasyon içerisinde olduğu görülmektedir. Routine değişkeni, ar-ge ile negatif bir ilişki sergilerken yalnızca cpi ile pozitif bir ilişki içerisindedir. Diğer bir değişken olan manuel ise ar-ge, cpi ve sec. school ile negatif; buna karşılık gdp ile pozitif yönlü ilişki

sergilemektedir. Araştırmada bağımlı değişken olarak gruplanan değişkenler içerisinde, aralarındaki korelasyon katsayıları en yüksek olan ikili değişkenler ise sırasıyla, cognitive ile ar-ge (%59); routine ile ar-ge (-%24) ve manuel ile cpi (-%36) şeklindedir. Bu aşamada, korelasyon katsayılarına ek olarak model tahmininden önce değişkenlerin arasındaki ilişkinin yönüyle alakalı, iktisadi teoriye destek sağlayacak öncül bilgiler sağlanmıştır.

5.2.Modeller

Bu çalışmada, dijitalleşmenin bilişsel (cognitive), manuel (manual) ve rutin (routine) istihdam oranları üzerindeki etkisi 3 ayrı model üzerinden incelenmiştir.

Birinci Model

$$C_{it} = \beta_0 + \beta_1 AR_{it} + \beta_2 X_{it} + u_{it}$$
$$u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, 27; t = 2002, \dots, 2018 \quad (\text{Model 1})$$

Model 1'de C_{it} cognitive (bilişsel istihdam oranı) değişkenini, AR_{it} AR-GE harcamalarının GSYİH içerisindeki payını gösteren değişkeni, X_{it} kontrol değişkenleri gösteren matris olup GDP, CPI ve secondary school enrollment (orta öğretimdeki kayıt oranı) değişkenlerini içermektedir. Ayrıca u_{it} ise hata bileşen terimini (error component term) göstermekte, β_0 skaler sabitini, β_1 ve β_2 ise açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi ölçen eğim katsayılarıdır.

İkinci Model

$$M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 AR_{it} + \gamma_2 X_{it} + u_{it}$$
$$u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, 27; t = 2002, \dots, 2018 \quad (\text{Model 2})$$

Model 2'de M_{it} manual (manuel istihdam oranı) bağımlı değişkenini, AR_{it} AR-GE harcamalarının GSYİH içerisindeki payını gösteren değişkeni, X_{it} kontrol değişkenleri göstermektedir.

Üçüncü model

$$R_{it} = \vartheta_0 + \vartheta_1 AR_{it} + \vartheta_2 X_{it} + u_{it}$$
$$u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, 27; t = 2002, \dots, 2018 \quad (\text{Model 3})$$

Model 3'te R_{it} routine (rutin istihdam oranı) değişkenini, AR_{it} AR-GE harcamalarının GSYİH içerisindeki payını gösteren değişken iken X_{it} kontrol değişkenlerini göstermektedir.

5.3. Ampirik Metodoloji

Bu çalışmada panel veri metodu kullanılmaktadır. Panel veri metodunda tahmin yapmadan önce kullanılan testler, varsayımlar doğrultusunda belirli bir metodolojik sırayı izlemektedir. Öncelikle, panel veri ile gerçekleştirilen çalışmalarda, model seçimi aşamasında veri (*gözlem*) büyüklüğü, yatay kesit bağımlılığı (*birimler arası korelasyon*) ve değişkenlerin durağanlık yapıları oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu ifadede kullanılan veri büyüklüğü, hem birim hem de zaman boyutunu içermektedir. Sohag vd. (2018:6-7) 'nin raporuna göre veri büyüklüğü ile ilişkili olarak model seçim çerçevesi önerilmektedir. Sohag vd. (2018:6-7), zaman boyutunun birim boyutunun küçük olması durumunda ve değişkenlerde de içsellik mevcutsa direkt olarak genelleştirilmiş momentler metodu (GMM) ile modelin tahminlenebileceğini ifade etmektedirler.

İktisadi araştırmalara konu olan çoğu ilişki doğası gereği dinamikdir. Ancak dinamik modellerin, statik modellere göre daha farklı sorunları da mevcuttur. Dinamik modellerde karşılaşılan içsellik sorunu literatürde bu sorunu dikkate alan tahmincilerin gelişimine zemin hazırlamıştır. Anderson ve Hsiao (1982), değişkenlerin birinci farkını alarak ve ardından gecikmesi alınmış bağımlı değişken yerine araç değişken kullanarak içsellik sorununa çözüm getirmişlerdir. Arellano ve Bond (1991) gecikmeli içsel değişkenlerin varlığını ele alan, diğer açıklayıcı değişkenlerde belirli bir içsellik derecesine izin veren ve bu sayede Anderson ve Hsiao (1982)'dan daha etkin olan genelleştirilmiş bir moment yöntemi kullanmışlardır. Arellano ve Bond (1991), dinamik panel veri modellerinde bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri ile hata terimi arasında var olan ortogonalite koşulunun kullanılmasıyla ek araç değişkenlerin üretilebileceğini ileri sürmüştür. Arellano ve Bover (1995) ise Hausman ve Taylor (1981) modeli bağlamında dinamik panel veri modelleri için etkin araç değişken tahmincilerini elde etmek için bir GMM yaklaşımı geliştirmişlerdir. Blundell ve Bond (1998) zaman boyutu T'nin küçük olduğu durumda dinamik panel veri modeli için etkin tahminciler üretmek için ekstra moment koşullarının önemli olduğuna vurgu yapmışlardır. Bu çalışmada, Arellano ve Bond (1991) ve Blundell ve Bond (1998) tarafından geliştirilen dinamik GMM tahmincileri kullanılmaktadır. Analizde kullanılan fark GMM tahmincisi Arellano ve Bond (1991)'un iki aşamalı fark tahmincisini gösterirken, sistem GMM tahmincisi ise, Windmeijer

(2005)'in sonlu örneklem düzeltmesini içeren Blundell ve Bond (1998)'un iki aşamalı sistem GMM tahmincisidir. Araç değişkenlerin ve moment koşullarının geçerliliği için Hansen testi kullanılmaktadır.

İktisadi araştırmalara konu olan birçok makroekonomik ilişki yapısı gereği dinamik bir süreç tarafından belirlenebilmektedir. Panel veri analizinde dinamik süreçlerin modellenmesi için geliştirilen ve bağımlı değişkenin gecikmeli değerini bağımsız bir değişken olarak modele dâhil etmek suretiyle genişletilen dinamik bir süreci aşağıdaki gösterildiği şekilde elde etmek mümkün olabilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2018).

$$y_{it} = x'_{it}\beta + \theta y_{i,t-1} + c_i + \varepsilon_{it} \quad \text{ve} \quad \delta_{it} = c_i + \varepsilon_{it} \quad (\text{Denklem 1.})$$

Denklem 1'de, y bağımlı değişkeni, x bağımsız değişkeni, c_i birim etkileri ve ε_{it} stokastik hata terimini belirtmektedir. Ancak, bu model önemli sorunları da ihtiva etmektedir: Modele dahil edilen bağımlı değişkenin gecikmeli değeri ($y_{i,t-1}$), birleşik hata terimi $\delta_{it} = c_i + \varepsilon_{it}$ ile ilişki içerisindedir. Bu durumun temel nedeni, birimlere özgü heterojenliğin ifade edildiği c_i 'nin her bir grubun her bir gözlemi için aynı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca birleşik hata terimiyle açıklayıcı değişkenler arasında bir ilişkinin varlığı yani içsellik problemi (dışsal olmama), en küçük kareler (EKK) tahmincisinin ve EKK temelli tahmincilerin sapmalı ve tutarsız olmasına neden olmaktadır (Baltagi, 2008:147). Arellano ve Bond (1991) ve Arellano ve Bover (1995) tarafından geliştirilen sistem GMM yaklaşımı, bu aşamada ilgili sorunun çözümüne yönelik olarak kullanılabilen tahminciler arasında yer almaktadır (Greene, 2012:497). Arellano ve Bover (1995) etkin araç değişken tahmincisi elde etmek amacıyla ortogonal sapmalar yöntemini önermektedirler. Ortogonal sapmalar yöntemi, birinci farklar (first difference) yönteminde yapılan cari gözlemlerden önceki dönem gözlemleri çıkarmak yerine, değişkenin erişilebilir tüm gelecekteki değerlerinin ortalamalarının çıkarılmasını önermektedir. Veri setinde eksik (kayıp) gözlemlerin olmaması bu durumda önemli olmayacaktır. Her bir kesitin sonuncu gözlemi hariç tüm gözlemler için türetim yapılabilecektir. Dolayısıyla, gecikmeli gözlemler dönüşüme dâhil olmadığından bunlar araç değişken olarak kullanılabilir.

Model tahmini aşamasına geçmeden önce, iktisadi literatür ayrıntılı bir şekilde incelenerek değişkenlerin olası içselliğine dair ön bilgi sağlanmalı ve eğer varsa içselliğin mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Zira, içsellik sorununun olması durumunda

kullanılacak tahminciler farklılık gösterecektir. İçsellik, açıklayıcı değişkenler ile hata terimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu durum, ilgili değişkenlerin ihmal edilmesi, ölçüm hataları, örneklem seçimi gibi nedenlerden kaynaklanabilmekte ve EKK tahmincilerinin sapmalı ve tutarsız olmalarına neden olmaktadır. Bu çalışmada ele alınan makroekonomik değişkenlere ve ilişkilere ilişkin önsel bilgiler içselliğin varlığı yönündedir. Bu nedenle araştırmada, Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (Generalized Method of Moments, GMM)'ne başvurularak regresyon modellerinin tahmini elde edilmiştir.

6. Araştırma Bulguları

Bu bölümde üç ayrı bağımlı değişken kullanılarak oluşturulan üç modele ilişkin sonuçlar farklı başlıklar altında incelenmiş ve yorumlanmıştır. Cognitive (bilişsel istihdam oranının) bağımlı değişken olarak belirlendiği birinci model için tahmin sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 7: Birinci Modelin Tahmin Sonuçları

Arellano&Bover / Blundell & Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM)				
Bağımlı Değişken Cognitive				
Regresörler	Katsayı	Std. Hata	t İstatistiği	Olasılık
Cognitive _{t-1}	0.465471***	0.027402	16.99	0.0000
Ar-Ge	2.283867***	0.196346	11.63	0.0000
GDP	0.054717***	0.010355	5.28	0.0000
CPI	0.034437***	0.008739	3.94	0.0010
Sec. School	0.001973	0.001526	1.29	0.2070
Sabit Terim	10.73128***	0.476081	22.54	0.0000
Model Bilgileri				
<i>F İstatistiği</i>	26233.89			
<i>Olasılık (F)</i>	0.0000***			
Otokorelasyon Testleri		İstatistik	Olasılık	
<i>Arellano-Bond AR(1) Testi</i>		-2.43**	0.015	
<i>Arellano-Bond AR(2) Testi</i>		-1.64	0.101	
Araç Değişkenlerin Geçerliliği Testleri		İstatistik	Olasılık	
<i>Hansen Testi (Heteroskedastisiteye Dirençli)</i>		25.02	0.160	
Fark Hansen Testleri				

<i>GMM Denklemi</i>	İstatistik	Olasılık
<i>Birinci Moment Koşulu Testi</i>	20.24	0.123
<i>İkinci Moment Koşulu Testi</i>	4.79	0.442

<i>Araç Değişkenler Denklemi</i>	İstatistik	Olasılık
<i>Birinci Moment Koşulu Testi</i>	21.51	0.121
<i>İkinci Moment Koşulu Testi</i>	3.52	0.475

Notlar:

- (i) *, ** ve *** sırasıyla, 0,10, 0,05 ve 0,01 önem seviyelerini ifade etmektedir.
- (ii) İki aşamalı (two step) sistem genelleştirilmiş momentler metodu ile tahminlenmiş ve Windmeijer (2005) dirençli standart hataları üretilmiştir.

Tahminlenen regresyon modelinde içsellik sorunu ile birlikte farklı varyans ve otokorelasyonun da var olması halinde GMM tahmincisi vasıtasıyla elde edilen tahminler etkin sonuçlar sağlamaktadır (Baltagi, 2005; Yerdelen Tatoğlu, 2018). Tablo 7’de sistem GMM aracılığıyla tahminlenen modelin sonuçları yer almaktadır. Bağımlı değişkenin bir gecikmeli değeri olan $cognitive_{t-1}$, ar-ge, gdp ve cpi değişkenleri $cognitive$ ’yi istatistiksel olarak açıklamaktadır. Elde edilen tahmin sonuçlarına göre, diğer değişkenlerin etkileri sabitken $cognitive_{t-1}$, Ar-ge, GDP ve CPI’de meydana gelen 1 birimlik bir artış $cognitive$ ’yi yaklaşık olarak sırasıyla 0.47; 2.28; 0.05 ve 0.03 birim arttırmaktadır. Sec. school değişkenine ilişkin olarak beklentilerle uyumlu pozitif yönlü bir tahmin sonucu elde edilmiş olsa da bu katsayının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Ayrıca, $cognitive$ değişkeni üzerinde en etkili olan değişken Ar-ge (2.28) ’dir ve bu durum bilhassa dikkat çekmektedir: Çünkü bağımlı değişkenin kendi gecikmeli değeri ($cognitive_{t-1}$) dahi ar-ge katsayısının gerisinde kalmaktadır.

Model bilgileri incelendiğinde, modelin genelini istatistiksel olarak anlamlı (F istatistiği) olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Fakat, model tahmin aşamasında GMM temelli bir tahminci kullanıldığı için bu regresyonun kullanılabilirliğine dair araç değişkenlerin geçerliliği ve kısıtlı otokorelasyon testlerinin sonuçlarının incelenmesi gerekmektedir. Bu tahmincinin varsayımlarında, birinci dereceden otokorelasyona izin verilirken, ikinci dereceden otokorelasyona ise izin verilmemektedir. Arellano-Bond AR(1) ve AR(2) testlerine göre, hesaplanan istatistik değerleri modelde birinci derece otokorelasyon varlığına işaret ederken ikinci dereceden otokorelasyonun ise olmadığını göstermektedir. Bu aşamada otokorelasyona ilişkin varsayımların sağlandığı anlaşılmaktadır.

Hansen ve Fark Hansen testleri aracılığıyla aşırı tanımlama kısıtlamalarının geçerliliği, diğer bir ifadeyle araç değişkenlerin geçerliliği test edilmektedir. Hansen testinin sonucuna göre, değişkenlerin dışsal olduğunu ifade edilen temel hipotez reddedilememektedir. Böylelikle, araç değişkenlerde içsellik sorunu görülmemektedir. Fark Hansen testinde ise araç değişkenlerin geçerliliği ayrı ayrı test edilmektedir. Bu testlere ait temel hipotezlerin reddedilememesi ise hem birinci moment koşulunun hem de ikinci moment koşulunun sağlandığını göstermektedir.

Bu aşamada, manuel (manuel istihdam oranının) değişkeninin bağımlı değişken olarak belirlendiği ikinci model için tahmin sonuçları paylaşılmaktadır.

Tablo 8: İkinci Modelin Tahmin Sonuçları

Arellano&Bover / Blundell &Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM)				
Bağımlı Değişken Manuel				
Regresörler	Katsayı	Std. Hata	t İstatistiği	Olasılık
Manuel _{t-1}	0.6521***	0.03017	21.61	0.0000
Ar-Ge	-0.3530*	0.180286	-1.96	0.0610
GDP	0.0376***	0.006951	5.41	0.0000
CPI	0.0160***	0.004114	3.88	0.0010
Sec. School	-0.0125**	0.005238	-2.39	0.0240
Sabit Terim	10.9410***	0.773031	14.15	0.0000
Model Bilgileri				
<i>F İstatistiği</i>	203048.32***			
<i>Olasılık (F)</i>	0.0000			
Otokorelasyon Testleri		İstatistik	Olasılık	
<i>Arellano-Bond AR(1) Testi</i>		-2.41 **	0.016	
<i>Arellano-Bond AR(2) Testi</i>		-0.18	0.855	
Araç Değişkenlerin Geçerliliği Testleri		İstatistik	Olasılık	
<i>Hansen Testi (Heteroskedastisiteye Dirençli)</i>		24.42	0.708	
Fark Hansen Testleri				
GMM Denklemi		İstatistik	Olasılık	
<i>Birinci Moment Koşulu</i>		21.89	0.586	

<i>Araç Değişkenler Denklemi</i>	İstatistik	Olasılık
<i>İkinci Moment Koşulu</i>	2.53	0.772
<i>Birinci Moment Koşulu Testi</i>	19.35	0.152
<i>İkinci Moment Koşulu Testi</i>	5.06	0.992

Notlar:

- (i) *, ** ve *** sırasıyla, 0,10, 0,05 ve 0,01 önem seviyelerini ifade etmektedir.
- (ii) İki aşamalı (two step) sistem genelleştirilmiş momentler metodu ile tahminlenmiş ve Windmeijer (2005) dirençli standart hataları üretilmiştir.

Araştırmanın ikinci modelinde, bağımlı değişkenin bir gecikmeli değeri olan $manuel_{t-1}$, Ar-ge, GDP, CPI ve sec. school değişkenleri manuel değişkenini istatistiki olarak açıklamaktadır. Tahmin sonuçlarına göre, diğer değişkenlerin etkileri sabitken $Manuel_{t-1}$, GDP ve CPI'de meydana gelen 1 birimlik bir artış manuel değişkenini yaklaşık olarak sırasıyla 0.65; 0.04 ve 0.02 birim artırmaktadır.

Diğer değişkenlerin etkileri sabitken, Ar-ge ve sec. school değişkenlerinde meydana gelen 1 birimlik bir artış ise manuel değişkenini yaklaşık olarak sırasıyla 0.35 ve 0.01 birim azaltmaktadır. Model tahminine ilişkin genel bilgiler incelendiğinde, modelin genelinin istatistiksel olarak anlamlı (*F istatistiği*) olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Arellano-Bond AR(1) ve AR(2) testlerine göre, hesaplanan istatistik değerleri modelde birinci dereceden otokorelasyon varlığına işaret ederken ikinci dereceden otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Bu aşamada, otokorelasyona ilişkin varsayımların sağlandığı anlaşılmaktadır. Hansen testinin sonucuna göre, değişkenlerin dışsal olduğunu ifade edilen temel hipotez reddedilememektedir. Böylelikle, araç değişkenlerde içsellik sorunu görülmemektedir. Fark Hansen testinden elde edilen sonuçlar ise, hem birinci moment koşulunun hem de ikinci moment koşulunun sağlandığını göstermektedir.

Routine (rutin istihdam oranının) değişkeninin bağımlı değişken olarak belirlendiği üçüncü modele ilişkin tahmin sonuçları bu bölümde sergilenmektedir.

Tablo 9: Üçüncü Modelin Tahmin Sonuçları

Arellano&Bover / Blundell &Bond Sistem Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM)				
Bağımlı Değişken Routine				
Regresörler	Katsayı	Std. Hata	t İstatistiği	Olasılık
Routine _{t-1}	0.5799***	0.056476	10.27	0.0000
Ar-Ge	-0.3472*	0.170963	-2.03	0.0530
GDP	0.0358***	0.008766	4.09	0.0000
CPI	-0.0369***	0.01306	-2.83	0.0090
Sec. School	-0.0077**	0.00293	-2.64	0.0140
Sabit Terim	15.1393***	2.495861	6.07	0.0000
Model Bilgileri				
<i>F İstatistiği</i>	16705.40***			
<i>Olasılık (F)</i>	0.0000			
Otokorelasyon Testleri		İstatistik	Olasılık	
<i>Arellano-Bond AR(1) Testi</i>		-2.33***	0.000	
<i>Arellano-Bond AR(2) Testi</i>		-0.38	0.706	
Araç Değişkenlerin Geçerliliği Testleri		İstatistik	Olasılık	
<i>Hansen Testi (Heteroskedastisiteye Dirençli)</i>		17.71	0.542	
Fark Hansen Testleri				
GMM Denklemi		İstatistik	Olasılık	
<i>Birinci Moment Koşulu Testi</i>		15.04	0.375	
<i>İkinci Moment Koşulu Testi</i>		2.67	0.751	
Araç Değişkenler Denklemi		İstatistik	Olasılık	
<i>Birinci Moment Koşulu Testi</i>		15.48	0.417	
<i>İkinci Moment Koşulu Testi</i>		2.23	0.694	

Notlar:

- (i) *, ** ve *** sırasıyla, 0,10, 0,05 ve 0,01 önem seviyelerini ifade etmektedir.
- (ii) İki aşamalı (two step) sistem genelleştirilmiş momentler metodu ile tahminlenmiş ve Windmeijer (2005) dirençli standart hataları üretilmiştir.

Tablo 9.'dan edinilen bulgulara göre; bağımlı değişkenin bir gecikmeli değeri olan $routine_{t-1}$, Ar-ge, GDP, CPI ve sec. school değişkenleri $routine$ 'yi açıklamakta istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durumda, diğer değişkenlerin etkileri sabitken $routine_{t-1}$ ve GDP'de meydana gelen 1 birimlik bir artış $routine$ 'yi yaklaşık olarak sırasıyla 0.58 ve 0.035 birim arttırmaktadır. Yine, diğer değişkenlerin etkileri sabitken Ar-ge, CPI ve sec. school değişkenlerinde meydana gelen 1 birimlik bir artış ise $routine$ 'yi yaklaşık olarak sırasıyla 0.35; 0.04 ve 0.001 birim azaltmaktadır. Bu aşamada, $routine$ değişkeni üzerinde, kendi gecikmesinden sonra ($routine_{t-1}$), en artırıcı etkinin GDP tarafından sağlandığı ve en azaltıcı etki yaratan değişkenin ise Ar-ge olduğu kaydedilmiştir. F istatistiği, modelin genelini istatistiksel olarak anlamlılığını belirtmektedir. Arellano-Bond AR(1) ve AR(2) testleri, modelde birinci dereceden otokorelasyon olduğuna işaret ederken, ikinci dereceden otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, otokorelasyon ile alakalı varsayımlar sağlanmaktadır. Hansen testinden edinilen sonuçlar, değişkenlerin dışsal olduğunu ifade ederken Fark Hansen testinden sağlanan sonuçlar ise birinci ve ikinci moment koşulunun sağlandığını göstermektedir.

7. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, Goos, Manning ve Salomons (2014) tarafından hesaplanan rutin yoğunluk endeksi doğrultusunda, dijitalleşmenin artmasıyla birlikte teknolojik ilerlemenin bilişsel, manuel ve rutin istihdam oranları üzerindeki etkisi AB ülkeleri bazında değerlendirilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda teknolojik gelişmenin bilişsel istihdam oranlarını arttırdığı, rutin istihdam oranlarını ise azalttığı gözlenmiş olup bu bağlamda iş gücü kutuplaşmasına dikkat çekilmiştir Autor, Levy ve Murnane (2003), Autor, Katz ve Kearney (2006), Autor ve Dorn (2013), Goos, Manning ve Salomons(2014). Çalışmada dijitalleşme ile birlikte bilişsel istihdam artarken, rutin istihdamı azaldığı tespit edilmiştir. . Dijitalleşme sonucu teknolojiye yapılan harcamaların artmasıyla bilişsel istihdam oranı artmaktadır. Bu sonuç teknolojinin, bilişsel görevlerin yoğun olduğu mesleklerde tamamlayıcı bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Analiz yapılan ülkelerde teknolojiye yapılan harcamalar arttıkça bilişsel mesleklerin toplam istihdam içerisindeki payının arttığı gözlenmektedir. Goos vd. (2014) çalışmasının sınıflandırmasını baz alan meslek grubu sınıflandırmasına göre bilişsel meslek grupları (İdari, ticari, ürün ve hizmet müdürleri, fen ve mühendislik ile ilgili profesyonel meslekler, sağlıkla ilgili profesyonel meslekler, yasal, sosyal ve kültürel alanlardaki profesyonel meslekler vb.) dijitalleşmenin teknolojiye etkisiyle istihdamda ağırlıklarını

arttırmıştır. İkinci modelde manuel istihdam oranı ile Ar-Ge harcamaları arasında negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalarda manuel istihdam oranına ilişkin net tespitler bulunmamakla beraber, bu çalışmada ortaya konulan analiz sonucuna göre teknolojinin etkisi ile birlikte manuel meslek gruplarının istihdam içerisindeki payı azalmaktadır. Bu doğrultuda ISCO08 / ISCO088 meslek grubu sınıflandırmasına göre manuel meslek gruplarının (Sürücüler ve makine operatörleri, temizlik işlerinde çalışanlar, satış ve hizmet ile ilgili nitelik gerektirmeyen işlerde çalışanlar, satış elemanları vb.) teknolojinin etkisi ile istihdamda ağırlığı azalmaktadır. Dijitalleşme teknolojilerinden yapay zeka, üç boyutlu yazıcılar, satış ve hizmet sektöründe yer almaya başlayan robotlar bu meslek grubunu ikame etmektedir. Üçüncü modelde rutin istihdam oranı ile Ar-Ge harcamaları arasında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmaları destekler nitelikte bir sonuç elde edilmiştir. Teknolojik gelişmeler; ISCO08 / ISCO088 meslek grubu sınıflandırmasına göre rutin meslek gruplarını (müşteri hizmetleri çalışanları, makine operatörleri, metal, makine işleri ile ilgili çalışanlar, montaj elemanları, kasiyerler vb.) ikame etmektedir.

Özetle bu çalışmada panel veri analizi sonucunda, teknolojiye yapılan yatırımların bilişsel mesleklerin toplam istihdam içerisindeki payını arttırdığı, rutin ve manuel mesleklerin toplam istihdam içerisindeki payını ise azalttığı görülmektedir. Modellerin değişkenleri arasındaki potansiyel içselliği göz önüne alarak dinamik model üzerinden sistem GMM tahmincisi ile elde edilen panel veri analiz sonuçları rutin yanlı teknolojik değişim hipotezinin ortaya attığı iş gücü kutuplaşması olgusunun Avrupa Birliği ülkeleri için geçerli olduğunu daha önce literatürde kullanılmamış bir yöntem ile desteklemektedir. Avrupa Birliği ülkeleri için Ar-Ge harcamalarının artması iş gücü kutuplaşmasına neden olmaktadır. Goos Manning ve Salomons'un (2014) çalışmasının da temel aldığı rutin yanlı teknolojik değişim hipotezinin ön gördüğü şekilde teknoloji; rutin meslekler için ikame, bilişsel meslekler için tamamlayıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum dijitalleşen dünyada rutin mesleklerin kaybolma tehlikesi ile karşı karşıya olduğunu ve bu mesleklerde çalışanların işsizlik, yoksulluk gibi ekonomik sonuçlar ile yüz yüze kalacaklarını ima etmektedir. Bu yüzden, Avrupa Birliği ülkelerinde rutin meslek gruplarına ilişkin strateji ve politika alanları belirlenmelidir. Geleceğin iş gücünün daha yüksek bilişsel görevleri yürüteceği dijitalleşmeye ilişkin yayınlanan raporlar ile de desteklenmektedir (WEF, 2016:13). Gelişen ve dijitalleşen dünyada Avrupa Birliği özelinde yapılan analizin, tüm dünyada geçerlilik göstereceği beklentisi içerisinde olmak yanlış olmayacaktır. Hal böyleyken, dijitalleşmenin iş gücü piyasaları üzerindeki etkisi kaçınılmaz

olduğundan, özellikle Avrupa Birliğı gibi dijitalleşme konusunda önde gelen gelişmiş ve dijitalleşme zincirine dahil olmaya başlayan gelişmekte olan ülkelerin iş gücü piyasalarına ilişkin izleyecekleri politikalar önem arz etmektedir. Dijital dönüşüm karşısında istihdamda kaybetmemek ülkelerin bu sürece adapte olma hızına, izleyecekleri politikalara bağlıdır.

Kaynakça

Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly journal of economics*, 118(4), 1279-1333.

Autor, D., Katz, L. F., & Kearney, M. (2006, May). Measuring and interpreting trends in economic inequality. In *AEA Papers and Proceedings* (Vol. 96, No. 2, pp. 189-194).

Autor, D. H., Katz, L. F., & Krueger, A. B. (1998). Computing inequality: have computers changed the labor market?. *The Quarterly journal of economics*, 113(4), 1169-1213.

Acılıoğlu, İ., & Kaya, N. N. (2021). Beyaz Yakalının Dijital Yakalıya Dönüşümü.

Aksu, H. (2019). *Dijitopya: Dijital Dönüşüm Yolculuk Rehberi*. Pusula.

Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Journal of life Economics*, 3(2), 19-30.

Arslan Olcay, C&Genç, Ö. (2021). Dijital Ekonomi: Kavram, Tanım Ve Ölçümü Üzerine Bir Değerlendirme. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, (Issn:2630-631X) 7(49), 2238-2247.

Anderson, T. W., & Hsiao, C. (1982). Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of econometrics*, 18(1), 47-82.

Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, 58(2), 277-297.

Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of econometrics*, 68(1), 29-51.

Baltagi, B. H., & Baltagi, B. H. (2008). *Econometric analysis of panel data* (Vol. 4). Chichester: John Wiley & Sons.

Bulut, E., & AKÇACI, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.

Büyüksulu, A. R. (2018). Dijital dönüşüm. *Basım, İstanbul: Der Yayınları*, 51.

Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143.

Breau, S., Kogler, D. F., & Bolton, K. C. (2014). On the Relationship between Innovation and Wage Inequality: New Evidence from Canadian Cities. *Economic Geography*, 90(4), 351-373.

Çelik, N. (2008). Beceri Yanlı Teknolojik Değişme Yaklaşımı ve Gelişmiş Ülkelerde İşgücü Talebi. *Bilim, Eğitim ve Düşünce Dergisi*, 8(3).

Demir, C. (2019). Endüstri 4.0: Yakın Geleceğin Sanayi Devrimleri. *Editörler: Burcu Türkcan, Utku Akseki. Endüstri*, 4, 59-80.

Erol, S. İ. İŞGÜCÜ PİYASALARININ DEĞİŞEN YAPISI VE SORUNLARI. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (2), 34-56.

Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014). Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *American economic review*, 104(8), 2509-26.

Greene, W. H. (2012). *Econometric analysis*. Harlow.

Goldin, C., & Katz, L. F. (2007). The race between education and technology: the evolution of US educational wage differentials, 1890 to 2005.

Hausman, J. A., & Taylor, W. E. (1981). Panel data and unobservable individual effects. *Econometrica: Journal of the Econometric society*, 1377-1398.

Kim, Y., & Thompson, E. (2021). Routine-Biased Technological Change and Declining Employment Rate of Immigrants. *Eastern Economic Journal*, 47(3), 319-353.

Patel, K., & McCarthy, M. P. (2000). *Digital transformation: the essentials of e-business leadership*. McGraw-Hill Professional.

Griliches, C. S. C., & Complementarity, C. S. (1969). *Review of Economics and Statistics*, 51 (4).

Sıla, G. E. N. Ç. (2018). Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye. *Sosyoekonomi*, 26(36), 235-243.

Spitz-Oener, A. (2006). Technical change, job tasks, and rising educational demands: Looking outside the wage structure. *Journal of labor economics*, 24(2), 235-270.

Yerdelen Tatoglu, F. (2018). İleri panel veri analizi. *Stata Uygulamalı (Advanced Panel Data Analysis)*. 3rd edition, Istanbul, Beta Yayıncılık.

World Economic Forum 2016 The Future of jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution, pp. 3, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf Erişim Tarihi: 20.05.2020

Windmeijer, F. (2005). A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. *Journal of econometrics*, 126(1), 25-51.

Wang, J., Hu, Y., & Zhang, Z. (2021). Skill-biased technological change and labor market polarization in China. *Economic Modelling*, 100, 105507.