

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ODAKLI DİJİTALLEŞME BELİRLEYİCİLERİNİN VERİMLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE SINIFLANDIRILMASI

Senem DEMİRKIRAN¹, Ayça BEYOĞLU², Mehmet Kenan TERZİOĞLU³, Aysu YAŞAR⁴

ÖZET

Amaç: Dijital dönüşüm sürecinde dijitalleşme ve dijitalleşmenin verimlilik üzerindeki etkisinin teorik ve pratik olarak incelenmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: 2005-2020 yıllık dönemleri kapsamında, Türkiye’de verimlilik üzerinde etkili olan dijitalleşme sürecini niteleyen değişkenlerin ortaya konması ve önem sıralamalarının gerçekleştirilmesinde yapay sinir ağ mimarisi kullanılmaktadır.

Bulgular: Dijitalleşme süreci çerçevesinde hem sosyoekonomik ortamın oluşturulması hem de önem düzeylerinden yola çıkılarak verimlilik artışının teşvik edilmesi sonucunda kapsayıcı sürdürülebilir kalkınma potansiyeline katkı sağlanabileceği bulgusu elde edilmektedir.

Özgünlük: Dijitalleşmenin etkilerine ilişkin bu ampirik çalışmanın, konuyu inceleme şekli ve yapılan detaylı ampirik analizler kapsamında farklı modelleme tekniğinin ele alınması sonucunda alanında ilk olma özelliği ile literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Verimlilik, Sürdürülebilir Kalkınma, Yapay Sinir Ağları.

JEL Kodları: H83, H89, C45, C10.

CLASSIFICATION THE EFFECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ORIENTED DIGITIZATION DETERMINANTS ON PRODUCTIVITY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT

Purpose: It is aimed to examine the situation of digitalization and the effects of digitalization on productivity in the digital transformation process both in theoretically and practically.

Methodology: The order of importance of the variables that characterize the digitalization process, which is effective on productivity in Turkey, is examined, in the 2005-2020 annual periods, within the framework of the artificial neural network architecture.

Findings: Within the framework of the digitalization process, it is found that inclusive sustainable development potential can contribute as a result of both the creation of the socio-economic environment and the promotion of productivity increase based on the importance levels.

Originality: It is expected that this empirical study on the effects of digitalization will make a contribution to the literature, as it differs from the studies carried out with the way of examining the subject with the feature of being the first in its field as a result of the different modeling techniques within the scope of detailed empirical analyzes.

Keywords: Digitization, Productivity, Sustainable Development, Artificial Neural Networks.

JEL Codes: H83, H89, C45, C10.

¹ Öğr. Gör., Trakya Üniversitesi, İpsala Meslek Yüksek Okulu, Hukuk Bölümü, Edirne, Türkiye, senemdemirkiran@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9835-4963 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Doktora Öğrencisi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Bölümü, aycabeyoglu@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6094-4009.

³ Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, kenanterzioglu@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6053-830X.

⁴ Arş. Gör., Nişantaşı Üniversitesi, İktisadi ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, aysu.yasar@nisantasi.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2200-2915.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca ortaya çıkan köklü teknolojik değişimler ve devrimler toplumları şekillendirmektedir. 1760'lardaki ilk sanayi devrimi ve buhar makinesinden bu yana teknoloji sürekli kendini yenileyerek ve yeni teknolojilerin eski teknolojiler tarafından yaratıldığı bir özyineleme ile gelişmektedir. 19.yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında ikinci devrim, elektriğin gelişmesiyle tetiklenerek seri üretime olanak sağlamıştır. 20. yüzyılın 60'lı yıllarında üçüncü sanayi devrimi veya dijital devrim adı verilen dönemi şekillendiren bilgisayarlar ortaya çıkmış ve bu çağ ile birlikte kişisel bilgisayarlarla birlikte internet insan hayatına girmiştir. Son olarak dördüncü sanayi devrimi olan ve öncesindeki dijital devrime dayanan; Yapay Zekâ, Makine Öğrenimi ve Nesnelerin İnterneti tarafından yönetilen çağa girilmiştir. Günümüzde de beşinci sanayi devriminin, Toplum 5.0, Süper Akıllı Toplum gibi isimlerle ortaya çıkmaya başladığı görülmektedir. Bilgi işlem gücüne, dijital veri yayılımına ve algoritma gelişmelerine eşlik eden hızlı teknolojik değişim günlük hayatı etkileyen her şeyde değişimlere neden olmaktadır (Walkowiak, 2021; Schwertner, 2017). Teknolojik devrimler ve bulut teknolojileri sayesinde gelişen dijitalleşme, internet teknolojilerinin, analitik teknolojilerin ve mobil teknolojilerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Dijitalleşme yaşam biçimlerini, devlet politikalarını, işletme yönetimlerini değiştirmekte ve sürdürülebilir kalkınma için temel bir değer oluşturmaktadır (Henriette ve diğerleri,2016). Dijitalleşme sürecinde, istihdam olgusu, emek verimliliği, fiziki-beşerî sermaye kalitesi ve sürdürülebilir kalkınma kavramları politika yapıcılar için önem arz etmektedir (Dobrolyubova, 2021). Sanayi toplumunun post-endüstriyel dönüşümüne katkıda bulunan pandemiler sonucunda da kamu yönetiminin hizmet anlayışının teknolojik gelişmeler çerçevesinde kurgulaması ve dönüşümünün sağlanması gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Demirkıran, 2020: 37; Jovanović ve diğerleri, 2018).

Dijital altyapının yaygın kullanımı kamu yönetimini vatandaşlar, özel sektör, kamu yönetim organları ve sivil toplum kuruluşları ile ilişkilerde yeni bir düzeye taşımaktadır. 1990 dönemi itibarıyla kamu kurumları tarafından büyük miktar veri depolama, işleme ve kamu-özel sektör düzenleme zorluklarının üstesinden gelme çabaları sonucunda, özellikle e-Devletin benimsenmesi ve yaygınlaştırılması ile BİT benimsenerek Kamu BİT Yatırımlarına (KBİTY) önem verilmektedir. Kamu yönetiminin işleyişinde temel araç olan altyapı odaklı yazılım ürünleri Kamu BİT Yatırımlarında (KBİTY) önemli rol oynamakta ve BİT aracılığıyla süreçlerin yeniden düzenlenmesi ve optimizasyonu kamu yönetiminde kamu idareleri için büyük bir potansiyel taşımaktadır (Becker ve diğerleri, 2008). Kamu sektöründe verimlilik iyileştirmeleri vaad edilmesine rağmen; Kamu BİT Yatırımlarının (KBİTY) tam etkisi sadece kamu yönetiminde dijitalleşme dahil olmak üzere tüm süreçler göz önüne alındığında değerlendirilebilmektedir (Liu ve Yuan, 2015). Sürdürülebilir kalkınma odaklı dijitalleşme ve verimlilik unsurlarının merkezinde yer alan yeni politikalar ile özel sektörün ve kamu yönetiminin dijitalleşmesinin en verimli olacak şekilde gerçekleşmesi hedeflenmektedir. BİT kullanımını içeren dijitalleşme; kamu yönetiminde ve özel sektörde performans artışı ve iş iyileştirmesi sonucunda verimlilik artışı sağlamaktadır (Dobrolyubova, 2021). Andriushchenko ve diğerleri (2020), kamu hizmet verimliliğini artırmasının yanı sıra işletmelerin dijitalleşme süreçlerinin de üretim verimliliğinde doğru orantılı artışa eşlik ettiğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede, politika önerilerine dijitalleşme sürecinin de dahil edilmesi, özellikle kamu yönetimi hizmet sunumunu ve verimliliğini artırıcı yönde etkilemektedir (Demirkıran, 2020: 40). Sürekli gelişen dinamik yapıya sahip olan dijitalleşme ile artan teknoloji kullanımı kamu hizmetlerine olan talep artışını hızlandırmaktadır. Dijital teknoloji kullanımı beklentilerin arttığı kamu yönetiminde, dijitalleşme ile kamu yönetiminin kalitesi, verimliliği ve etkinliği artırılabilir (Bondarenko ve diğerleri, 2020). Kamu hizmetlerinde BİT araçlarının kullanımının artması ile kamu yönetimi işlevleri ve kalitesi geliştiğinden hem vatandaş katılımında artış hem de kamu değeri yaratılarak kamu hizmet verimliliğinde artış sağlanabilmektedir (Demirkıran ve diğerleri, 2021). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesinde teknolojik gelişmelere öncelik verilmesi, verimlilik ve rekabet edebilirlik seviyelerinde ilerleme sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Dijitalleşme faktörü ile ilişkili ve üretim işletmelerinin göstergelerinden olan emek verimliliği, farklı ekonomik ve teknolojik gelişme seviyesine sahip ülkelerde/bölgelerde farklılık gösterebilmektedir (Aly, 2020). Gelişmekte olan ekonomilerde, dijitalleşme sosyal, ekonomik ve yönetim ile ilgili alanlarda daha dinamik hale gelerek, büyüme ve sürdürülebilirlik fırsatı yaratabilmektedir. Bu çerçevede hem kamu yönetimi hem özel sektör için verimlilik artışlarının sürdürülebilir ve etkili olabilmesi için dijitalleşmenin eksikliklerinin belirlenmesi ve etkin bir şekilde gerçekleşmesi için adımların atılması önem arz etmektedir.

Büyüme ve gelişim sürecinde, verimlilik ve kalkınmanın temeli ile ilgili atılacak bu adımları insan ve insan ihtiyaçları oluşturmaktadır. Yaşam standardı ve ulusal zenginliğin belirleyicisi olan verimlilik, hızlı değişen koşullar ile birlikte, sürdürülebilir kalkınma adımları çerçevesinde ele alınmaktadır. Her ülkenin kendi gelişim çizgisi içerisinde yapısal gelişim ve beraberinde gelen ekonomik refah artışına bağlı olan verimlilik ve kalkınma; kalifiye emek gücü, eğitim, sağlık ve sosyal güvenlik gibi temel ihtiyaçları karşılanan bir nüfus ve kültürel-çevresel zenginlik ile birleşmiş bir yaşam kalitesi düzeyinin göstergesidir (Beyoğlu, 2021:25). Ekonomi ve birey/toplum perspektifinde, bir ülkenin verimlilik seviyesinin ölçülmesi o ülkedeki

yaşam standardının seviyesi hakkında bilgi vermektedir. Bu kapsamda, bir ülkenin verimliliğinin her yıl %1 artması, her 70 yılda bir o ülkenin sahip olduğu yaşam standardının ikiye katlandığını gösterdiğinden, ülke ekonomisinin büyüme hızı ile ilişkili temel göstergeler verimlilik düzeyi olmaktadır (Serin, 2015:32). Bir ülkede belirli bir zaman diliminde elde edilen gayri safi yurt içi hasılanın nüfusa oranlanması ulusal ekonomik refah göstergesini ve çalışan sayısına oranlanması ise ulusal verimlilik göstergesini belirtmektedir.

Emek ile üretim arasındaki ilişkiyi anlatan kritik bir kavram olan verimlilik, hasılanın üretim faktörlerine oranı olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2021). Verimlilik, harcanan emeğin miktarı, zaman, ücret, para, fiyat-miktar, fiyat-kazanç gibi oranlama yöntemlerini kullanarak; mal, ürün/hizmetler vb. biçimlerdeki çıktılar, sermaye, emek, bilgi, ham madde, araç/gereç, enerji, teknoloji ve çeşitli materyallerden oluşan girdilere oranlanmasıyla ölçülmektedir. Emek verimliliği, bir ülke ekonomisinde bir saatlik emeğin ürettiği gerçek gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) miktarını göstermektedir (Talas, 1997:99). Verimlilik kavramı ve emek ilişkisi iktisadi düşünce tarihi içinde üretim süreci ve tekniklerinde yaşanan dönüşüme bağlı olarak evrimleşmekte ve yorumlanmaktadır. Verimlilik, Merkantilist dönemde "verimi artıran yöntemler" üzerinden ele alınırken Agricola (1556); Fizyokratlar tarafından "verimli/verimsiz emek" ayrımına gidilerek girdi-çıktı ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Sermaye, iş bölümü ve bilgi-beceride uzmanlaşma ise Klasik iktisadi dönemde üretimde değeri yaratan güç olarak tanımlanan emeğin gücünün verimliliğini artıran faktörler olarak ele alınmaktadır (Suiçmez, 2002b). Neo-klasik dönemde ise üretim faktörlerinin verimlilik üzerindeki etkisi, çıktılarının niteliği ve çıktılarda meydana gelen artış ya da azalış, marjinal verimlilik teorisi kapsamında açıklanmaktadır. Emek verimliliği ve ücret ilişkisinde, emeğin değerinin ürettiği ürünün değeri ile ilişkilendirildiği marjinal verim teorisi, emeğin farklılaşmasını emeğin marjinal ürünü olan "ücret" üzerinden tanımlanmaktadır (Bocutoğlu, 2012). Solow (1957), emeğin elde ettiği geliri, üretim faktörlerinin etkisi üzerinden inceleyerek, kişi başına düşen gelir artışında teknoloji faktörünün etkisini, bir çıktıda meydana gelen artışın emek ya da sermayenin marjinal verimliliği ile açıklanamadığı durumlarda teknoloji ile ilişkili şekilde ortaya çıktığını belirtmektedir. Emeğin refahı ve teknolojik etkinliği ilişkilendiren Pareto optimumu (Pareto verimliliği) -üretici, tüketici ve faktör sahipleri arasındaki ilişkide birinin durumunun iyileştirilmesinin diğerlerinden birinin kötüleşmesi mümkün olmadan gerçekleşmeyeceğini ifade eden durum- ele alındığında ise üretim maliyetlerinin en aza indirgenmesi ile birlikte hem üretim hem de tüketim etkinliğinin birlikte sağlandığı ifade edilmektedir (Ateş ve Halisçelik, 2014:2).

Ülkeler bazında kişi başına gayri safi yurt içi hasıla oranının farklılaşmasının altında yatan temel nedenlerin başında ise verimlilik artışı üzerinde etkili olan teknolojik gelişmeler gelmektedir (Suiçmez, 2002a). Üretimde yaşanan gelişmelerin teknolojik devrimler ile artan birlikteliği, girdi-çıktı bileşenlerinde artan çeşitliliğe sebep olmakta ve verimlilik ölçümünde yeni formülasyonların geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Prokopenko, 1998:28). Uzun vadede ekonomik büyüme ve refahın temel göstergesi olarak ele alınan toplam faktör verimliliği (TFV), toplam çıktının toplam girdilere oranı olarak, üretim sürecinde kullanılan tüm kaynakların birim miktarına düşen üretim miktarını ifade etmektedir (Gerşil, 2007). Ek olarak, etkinlik, teknolojik değişim ve refahın iyi bir ölçüsü olan emek verimliliğindeki değişikliklerin ortaya çıkarılmasına neden olan faktörlerin kaynaklarının da tanımlayıcısı olarak değerlendirilmektedir (Mete, 2010:28). Teknolojik gelişimin etkisiyle verimlilik artışı, müşteri değeri artışı, risk yönetimi ve para kazanma fırsatları yaratmak amacıyla süreçler, ürünler ve varlıklar üzerinde dijital yeteneklerin uygulanması dijitalleşme olarak ifade edilebilmektedir.

Dijitalleşme, dijital teknolojilerin karışımının, potansiyel değişimlerden/fırsatlardan ve bunların toplum genelindeki olası etkilerinden, bugün ve gelecekte stratejik ve öncelikli şekilde tam olarak yararlanmak için iş ve organizasyonel faaliyetlerin, yetkinliklerin ve modellerin derin dönüşümü olarak verimlilik çıktısına vurgu yapmaktadır. Bu nedenle, Büyük Veri'ye odaklanan dijitalleşme çabaları (Elmassah ve Mohieldin, 2020) fiziksel dünyanın sanal aktarımını temsil etmekte ve nesnelerin/görsellerin/seslerin sinyal kanalı aracılığıyla hızlı ve kendiliğinden bilgi akışını gerçekleştirmesi sonucu gelişim göstermektedir. Dijitalleşme ile birlikte tanımsal olarak meydana gelen değişimler sonucunda ise yeni tür sosyoekonomik büyüme fırsatları, yeni verimlilik seviyeleri ve daha fazla şeffaflık talebi ortaya çıkmaktadır (Bhutani ve Paliwal, 2015). Bu talepler neticesinde, verimlilik ve refah artışının uzun dönemli olarak teminat altına alınması anlayışına dayanan sürdürülebilirlik ilkesi, ekonomik büyümenin sosyal yapı ve çevre ile etkileşiminin koordineli şekilde ele alınması gerektiğini vurgulayan Ortak Geleceğimiz (1987) Raporu'nda, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarının karşılanması olarak tanımlanmakta ve insanlığın refahının; ekonomik büyüme, sosyal eşitlik, çevre koruma ve kültür ile ilişkili olduğunu ifade etmektedir (Jovanović ve diğerleri, 2018).

İnsan ihtiyaçlarının artması ile birlikte devletlerin sürdürülebilir kalkınma politikaları uygulaması yönünde baskı altına alan süreç; teknolojik değişikliklerin sürdürülebilir kalkınma, ekonomi, toplum ve çevrenin sinerjik gelişimi üzerindeki etkisini ölçmeyi gerekli kılmaktadır. Dijitalleşmeden aldığı güç ile iş süreçlerinin odağını fiziksel ürünlerden veriye dayalı hizmetlere çeviren bu yeni süreç, IoT gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu gelişmeler ile derin öğrenme ve yeni nesil iletişim ağları toplumun günlük yaşamını

basitleştirebilen daha verimli hizmet taleplerini (Nizetic ve diğerleri, 2020) karşılamaktadır. Gelişmelerin merkezinde yer alan akıllı teknolojiler ise devletlerin ve özel sektörün gelecekteki dijitalleşmesini yönlendirerek değişimlerin uygulamaya konmasını teşvik ederek sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamaktadır (Maheswar ve Kanagachi Dambaresan, 2020). Dijitalleşme ve sürdürülebilirlik ilişkisi çerçevesinde Büyük Veri, meta veri, analitik, bulut altyapısı vb. pek çok unsur, sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmek için ekonomik gelişme, teknoloji düzeyi ve fiziksel çevre gibi unsurlarla etkileşime girerek (Layton, 2009) maliyet verimliliği ve büyüme fırsatı yaratılmakta ve genel büyüme hedefi üzerinden sürdürülebilir kalkınma desteklenmektedir (Bhutani ve Paliwal, 2015). Bu süreçte, IoT, dijital veri odaklı ekosistemi geliştirmek için temel bir dijitalleşme platformu sunmaktadır. Geniş alana hizmet edebilen, sınırlı güçle çalışan, daha az kurulum süresi olan ve farklı düzeylerde çalışan IoT (Degada ve diğerleri, 2021), dijitalleşme ve verimlilik ilişkisinde bir diğer önemli araç olan Yapay Zekâ (AI) le birleşerek, öğrenme ve problem çözme gibi insan zihniyle ilişkilendirilen bilişsel işlevleri taklit eden makineler veya bilgisayarlar aracılığı ile dijitalleşmeyi hızlandıran kritik araçlar olarak sürdürülebilir süreçler için kalkınmanın destekleyicisi niteliğini kazanmaktadır (Yiğitcanlar ve Cugurullo, 2020).

Kamu ve özel sektörde girdileri çıktıya çevirerek katma değeri yaratan verimlilik (Kepil, 2010), teknolojik değişiklikleri yakından izleyen süreç olarak, plan-proje bazında soyut şekillerde ya da çıktı miktarı ve kalitesinde kaydedilen ilerlemeler olarak somut şekillerde (Griliches, 1987:100) ortaya çıkmaktadır. Bu süreçte, üretimde yaşanan gelişmelerin teknolojik gelişmeler ile artan birlikteliği ve BİT'in ekonomik/sosyal hayata hızla entegre olan yayılımı, emek ve sermayenin verimliliğini artırarak ekonominin geneline yayılan bir verimlilik artışı yaratmaktadır. BİT kullanımında gerçekleşen artış ile birlikte sürdürülebilir kalkınma önündeki engellerin aşılması da kolaylaşmaktadır. Teknoloji faktörlerinin kullanımındaki artışa paralel olarak verimlilik üzerinde etkili olan teknolojik araştırmalar ise BİT girişim sayısında ve pazar payında büyüme ortaya koymaktadır.

Hüresel teknoloji kullanılarak PSTN'ye erişim sağlayan *Mobil Hüresel Abonelikler (MHA)* ve hızı 512 Kbit/s-2 Mbit/s arasında olan interneti ifade eden *geniş bant aboneliği*, verimlilik ve sürdürülebilir kalkınma üzerinde önemli katkılar sunmaktadır (International Telecommunication Union-ITU, 2021). Luo ve Bu (2016), bulut bilişim, Büyük Veri, akıllı terminaller gibi yeni bilgi iletişim kanallarının hızlı gelişiminin verimlilik üzerinde etkili olarak sürdürülebilir rekabet avantajına katkı sağladığını ifade etmektedir. Kontrollü İnternet Erişimi (İE) ile geniş ağ bağlantısı, yüksek otomasyona sahip işlerde emek verimliliği üzerinde önemli düzeyde etkili olmaktadır (Yılmaz, 2021). Geniş bant aboneliği, uzak bölgelerin birbirine bağlanması, sosyal hizmetlere erişimin teşvik edilmesi ve eğitim fırsatlarında yarattığı imkanlarla üretkenliği artırarak ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır. Ek olarak, kamu hizmetlerine erişimi kolaylaştırması ile sosyoekonomik kalkınma için kapsayıcı ve sürdürülebilir bir büyüme yaratabilmektedir. Analog sabit telefon hatlarının, IP üzerinden ses (VoIP) aboneliklerinin, sabit kablosuz yerel döngü (WLL) aboneliklerinin, ISDN ses kanalı eşdeğerlerinin ve sabit kamu ankesörlü telefonlarının aktif sayısının toplamını ifade eden Sabit Telefon Abonelikleri ise bireylerin günlük yaşamı, üretim ilişkileri, beşeri faaliyetleri, iletişim için gereksinimleri üzerinde etkili olarak kullanılan bilgi işlem gücünde, bilgi sistemlerinde ve alınan/sağlanan hizmetlerin değişime uğramasını sağlamakta ve bu durum dijitalleşmenin hızlanarak verimlilik üzerinde etkili olmasına olanak sunmaktadır (Khotamov, 2019).

Sürdürülebilir kalkınma adımı olarak dijitalleşme ve BİT'in tüm alanlarda yoğun kullanımı, devletleri, dijitalleşme politikalarında e-Devlet, IoT, Büyük Veri ve AI odaklı politikalar geliştirmeye zorlamakta ve verimlilik odaklı *kamu BİT yatırımlarının* uzun dönemli olarak kalkınma politikalarına dahil edilmesini gerekli kılmaktadır. BİT yatırımlarının büyüme üzerinde yarattığı etki, emek verimliliği (beşeri sermayenin bilgi, beceri ve analiz yeteneği), sermayenin derinleşmesi ve talep üzerindeki artış gibi farklı kanallar üzerinden yaratılan zincirleme etki vasıtasıyla toplam faktör verimliliğinde artışa neden olmaktadır (Erçakar ve Çolakoğlu, 2019). Devletin iş hizmetleri sürecindeki rolü; emek gücünün eğitilmesinde dijitalleşme araçlarının kullanımı ile dijital devrimin yayılımının emek üzerindeki etkisinin daha kısa sürede ortaya çıkarılması ve emek yoğun işletmelerin sermaye yoğun işletmelere kıyasla daha ucuz olması gibi nedenler de dijitalleşme sürecine uyum sağlanması olarak gösterilmektedir (Yılmaz, 2021). BİT'in büyüme hızı ve yaygınlaşması ile birlikte, veri işleme ve bilgi ağları ile milyarlarca cihazın etkileşim halinde olduğu ve insan-makine etkileşiminin de aynı hızla arttığı görüldüğünden *İnternet Erişimi (İE)* sağlanması da önemli faktörlerin içinde yer almaktadır. Dijitalleşme sürecinde, 2000'li yıllardan itibaren artan İnternet Erişimi (İE), Yapay Zekâya (AI) sahip akıllı cihazların kullanımı ile birlikte verimlilik üzerinde, yatırım imkanları ve daha yetenekli emeğin iş gücü piyasasına girişini kolaylaştıracak bir etki yaratmaktadır (Yılmaz, 2021).

Devletin dijitalleşme sürecinde; ulusal dijital altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi, teknoloji transferinin sağlanması, Ar-Ge merkez kurumlarının gerçekleştirilmesi, teknoloji merkezli iş süreçlerinin geliştirilmesi vb. dijital yöntem, süreç ve uygulamaların planlanması önem arz etmektedir. Emek verimliliğindeki büyümenin ana faktörlerinden biri olan teknolojik ilerlemenin sağlanması *Ar-Ge faaliyetleri* ile mümkün olmaktadır. Ar-Ge faaliyetlerinin yaygınliğı hem üretim sürecinde kullanılan teknoloji

seviyesini yükseltmekte hem de emek gücünün daha fazla çıktı üretmesini sağlamaktadır. Bu çerçevede, teknolojik ilerlemenin göstergelerinden olan Ar-Ge faaliyetleri, toplam faktör verimliliği üzerinde olumlu katkı sağlamaktadır (Ünsal, 2017). Verimlilik üzerinde doğrudan etkiye sahip olan ve dijitalleşmenin bir aracı olarak sürdürülebilir kalkınma için etkili bir araç olarak görülen *BİT girişim sayısı*, kamu sektörü reformlarını gerçekleştirmede ülkelerin ekonomik büyümelerine katkı sağlamaktadır. Özellikle gelişmekte olan Türkiye gibi ülkelerde, sosyal ve ekonomik kalkınmayı sağlamak için Birleşmiş Milletler ve Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlar tarafından BİT girişimleri önerilmekte ve finanse edilmektedir. Ülke ve girişimci ölçeğinde artan *BİT pazar büyüklüğü*, kazandırdığı rekabet gücü sayesinde katma değeri yüksek olan ürün ve hizmetlerin üretilmesi ile sonuçlandığından sürdürülebilir sosyoekonomik büyüme sağlayarak verimlilik üzerinde etki yaratmaktadır (Mofleh ve diğerleri, 2008).

Dijitalleşmenin, üretilen varlıkların amortismanı veya doğal kaynakların tükenmesi ve bozulması için kesinti yapılmadan hesaplanan ve ekonomideki tüm yerleşik üreticilerin katma değeri artı ürün verileri ve ürünlerin değerine dahil edilmeyen sübvansiyonların toplamı olan *Sabit Sermaye Oluşumu* üzerinde etkisi bulunmaktadır (World Bank, 2021). Büyüme performansını belirleyen faktörlerden biri olan Sabit Sermaye Oluşumu, ülkenin ekonomik büyüme performansını belirleyen yatırımlarının artması ve emek gücünün üretkenliğindeki artış ile birleşerek üretimde kullanılan sermaye yoğunluğu artışı üzerinden ekonominin genelinde verimlilik artışı ortaya çıkarmaktadır (Ekren ve diğerleri, 2020). Sürdürülebilir kalkınmanın gerekliliklerinden olan ve üretimde daha az Enerji Kullanımı ile daha fazla mal/hizmet üretimini ifade eden Enerji Kullanımı verimliliği, üretimin performans ve kalitesini düşürmeden enerji tasarrufunun sağlanabilmesi için yeni teknolojik gelişmelerin kullanımından kaynaklanan bir gelişmeyi ifade etmektedir. Enerji verimliliğindeki artış, yenilenebilir enerjinin genişletilmesi ile birlikte gayri safi yurt içi hasıla ve ek iş imkanları üzerinden emeğin refah artışını sağlamaktadır (Aydın, 2016). Üretim sürecinde çevre üzerinde kirlenici etkileri olan girdi ve üretim teknikleri ile çevre üzerinde kirlilik yaratan tüketim mallarının vergilendirilmesi *emisyön* olarak ifade edilmektedir (Yıldız, 2017). Kirlilik Emisyonları (EMS) üzerinden vergi olarak elde edilen gelir ekonominin diğer alanlarındaki vergilerin azaltılmasının finansmanı için kullanılmaktadır. Bu uygulama, sürdürülebilir kalkınma ve verimlilik açısından, Karbondioksit Emisyonları (EMS) azaltma ve daha düşük işsizlik amacına hizmet ederek çevre dostu BİT uygulamalarının kullanımını teşvik etmektedir (İnan, 2018).

Dijitalleşme, sürdürülebilir kalkınmanın elde edilmesi için gerçek bir sanallık yaratmaya yönelik çok iyi bir adımdır (Bhutani ve Paliwal, 2015). Sürdürülebilirliğin emek gücü ile olan ilişkisi; bilgiyi öğrenme, değerlendirme ve üretime sokabilme yeteneği ile ilgili olduğundan, BİT'e yönelik eğitim alanlarının kodlama ve yaratıcılık ekseninde sistematik bir şekilde yenilenebilmesi gerekmektedir (Göçenoğlu, 2016). Teknoloji ve verimlilik ilişkisi ele alındığında BİT, emek verimliliğindeki artışın en önemli belirleyicisi olarak görülmektedir (Akarsu ve diğerleri, 2020). BİT ile gelişmişlik düzeyi ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki bağlantının gösterilebilmesi için Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından, ülkelerin BİT alanındaki gelişmişliklerini ölçmek için geliştirilen bilişim ve iletişim teknolojileri geliştirme endeksi kullanılmaktadır. Bu çerçevede gelişmiş ekonomiler üzerinden eğitim, sağlık, yaşam kalitesi, okur-yazarlık gibi kritik göstergeler bazında elde edilen sonuçlar ile BİT alanında kaydedilen gelişmişliğin, ekonomik ve sosyal gelişmişlik ile ilişkisi ortaya konmaktadır (YASED, 2012:60). Dijitalleşme sürecinde toplam faktör verimliliğinin artırılmasına yönelik izlenen kamu politikaları ele alındığında, dijitalleşmenin büyük bir hız ile kamu program ve politikalarına entegre edilmesi gerekliliği (Örneğin Almanya'nın yenilikçilik kapasitesinin artırılmasını destekleyen devlet yatırımları ve emeğin eğitimi temeli üzerinde yükselen emek gücü piyasasına yönelik düzenlemeleri, Kore'nin teknolojik yeteneği geliştirme çabalarını ekosistem, emek, yenilikçilik ve rekabeti artırma adımlarında milli bir proje olarak benimsemesi) ön plana çıkmaktadır (Çağlar ve Koyuncu, 2018:52).

Bu çalışmanın amacı; verimlilik odaklı, istikrarlı bir büyüme-gelişme için kalkınmanın yönünün daha sürdürülebilir bir yöne evrilmesine dikkat çekmek ve dijitalleşme-sürdürülebilirlik ilişkisinin verimlilik üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında; 2005-2020 dönemleri kapsamında dijitalleşmenin emek verimliliği üzerindeki etkisinin yapay sinir ağları kullanılarak ortaya çıkartılması ve ele alınan dijitalleşme göstergelerinin verimlilik üzerindeki etkilerinin önem sıralaması yapılarak politika önerilerinde bulunulmasıyla literatüre katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Çalışmayı literatürdeki benzerlerinden ayıran en önemli özellikleri; dijitalleşme ve verimlilik kavramları sürdürülebilir kalkınma bağlamında incelenerek, 2005-2020 dönemleri kapsamında dijitalleşmenin emek verimliliği üzerindeki etkisinin yapay sinir ağları kullanılarak ortaya çıkartılması ve ele alınan dijitalleşme göstergelerinin verimlilik üzerindeki etkilerinin önem sıralamasının yapılmasıdır. Çalışmanın kapsamı, temel amacı ve özgünlüğü; sürdürülebilir kalkınma odaklı dijitalleşme belirleyicilerinin verimlilik ile ilişkisi ve tanımlamaların yapıldığı giriş bölümü; konuyla ilgili yapılmış çalışmaların kısa özetinin sunulduğu literatür bölümü; ampirik analizin gerçekleştirildiği yöntem ve bulgular bölümü ve son olarak sonuç ve değerlendirmelerin yer aldığı sonuç bölümü olmak üzere çalışma dört bölümden oluşmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Dijitalleşmenin verimlilik üzerindeki etkisini ölçmeye yönelik olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, dijitalleşme sürecinde BİT'in yaygın kullanımına bağlı olarak, 1990'lı yıllardan itibaren hızla arttığı bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda konuyla ilgili ampirik analizlerin eksik olduğu ve ulaşılabilen sınırlı sayıdaki ampirik çalışma incelendiğinde ise yapay sinir ağları ile yapılan analiz olmadığı görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınma odaklı dijitalleşme belirleyicilerinin verimlilik üzerindeki etkileri ile ilgili yapılmış çalışmaların kısa özeti tarih sırasına göre burada sunulmaktadır.

Bassanini ve diğerleri (2000) OECD ülkelerinde 1985-1996 yılları arasındaki dönemde verimlilik ve Ar-Ge harcamaları ilişkisini incelemekte ve yeni teknolojilerin verimliliği olumlu yönde etkilediğini ifade etmektedir. Gust ve Marquez (2004), 1993-2000 yılları arasındaki dönemde emek verimliliğindeki artışa ilişkin olarak, 13 OECD ülkesi için ülkeler arasındaki büyüme farklılıklarını BİT, nüfus oranı ve istihdam girdilerini kullanarak büyüme muhasebesi tekniği ile incelemekte ve BİT üretimi ve BİT yatırımlarının verimlilik artışı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

Şoltan (2009), enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin bir göstergesi olan GSYİH'deki değişimler arasındaki nedensellik ilişkisini incelediği çalışmada, GSYİH'deki değişim sonrasında enerji tüketiminde de değişim yaşandığını ve bu durumun yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki ile verimlilik ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi vurguladığını ifade etmektedir. Czernich ve diğerleri (2011) geniş bant altyapı çalışmalarının ekonomik büyüme üzerine olan etkisini 25 OECD ülkesi için incelemiştir. Çalışmada panel veri analizi 1996-2007 yılları için kullanılmıştır. Geniş bant altyapısındaki yayılımının ekonomik büyüme üzerine olumlu etkisi, geniş bantlı altyapı yayılımının %1 oranında bir artış göstermesi ile kişi başına yıllık büyüme oranında ortaya çıkan %0,09-0,15 oranında artış sağlaması olarak ifade edilmektedir. Mittelstaedt ve diğerleri (2014), makroekonomik değişkenler ile ilgili olarak ortaya çıkan faaliyetlerinin toplumu bilinçlendirerek davranış değişikliğine teşvik ettiğini ve dijitalleşmenin toplum tarafından benimsenmesini sağladığını, dijitalleşme ise sürdürülebilir kalkınma için en uygun değer birimi olduğunu ifade etmektedir.

Dang ve Pheng (2015), yeni ekonomik kalkınma teorileri çerçevesinde sürdürülebilir kalkınmanın uluslar ve işletmeler için giderek artan bir şekilde öncelik haline geldiğini vurgulamaktadır. Sabbagh (2015), dijitalleşme sürecinde küresel olarak dijitalleşme girişimlerinin yaşanmasını ve teknoloji kullanım sayısının artmasıyla, tüm faaliyetlerde dijitalleşmenin etkisinin artarak emek verimliliğinin arttığını ifade etmektedir. Bertini (2016), hızla dinamik bir hale gelen dijitalleşme sürecinin sadece yaşamı değil bireylerin deneyimlerini de etkilediğini vurgulamaktadır. Şaf (2015), BİT'in emek verimliliği üzerindeki etkilerini ele aldığı çalışmada, Türkiye'de BİT sektöründe hane halkı tüketimi ve sabit sermaye birikimindeki artışın ülkenin milli geliri ve diğer sektörlerle olan etkilerini ele almakta ve BİT tüketimi ile GSYİH'deki artış arasındaki pozitif ilişkiyi BİT sermaye birikiminin emek verimliliği artışı için önemli avantajlar sunduğu yönünde açıklamaktadır. Schwab (2016), dijitalleşme sürecinin Yapay Zekâ (AI), makine öğrenimi ve Nesnelerin İnterneti (IoT) tarafından yönetildiğini ifade etmektedir. McKinsey Global Institute (2017) tarafından hazırlanan Rapor'da; Yapay Zekâ (AI) ve robotik dahil olmak üzere otomasyon teknolojilerinin artan oranda benimsenmesinin verimliliği ve ekonomik büyümeyi artırdığı ve sürdürülebilir kalkınma ile ilgili geniş kapsamlı bir etki yarattığı belirtilmektedir. Arthur (2017), dijital devrim olarak adlandırılan yeni bir ekonomik çağa geldiğini ifade etmektedir. Zheng ve diğerleri (2017), yatırım, yabancı yatırım ve ihracat düzeylerinin dijitalleşme farklılıklarından etkilendiğini ifade etmektedir. Samargandi (2018), dijitalleşme sürecinde istihdam oranları, emek verimliliği, beşerî ve sabit sermaye, ticari açıklık ve inovasyon arasındaki ilişkiyi belirtmektedir.

Lee ve diğerleri (2020), BİT'in emek verimliliği üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Tayyar (2021), BİT araçlarını sınıflandırılması kapsamında, Türkiye'de 1990-2015 yılları arasında mobil hücresel abonelikler ve sabit hat telefon aboneliği ile enerji yoğunluğu olarak belirlenen değişkenler arasındaki uzun vadeli ilişkilerin tespiti için Johansen & Juselius (1990) eşbütünleşme testinden yararlanmakta ve sabit telefon aboneliği kullanımındaki %1'lik artışın enerji yoğunluğunu %0,68 oranında artırdığını, mobil telefon aboneliğinde %1'lik artışın ise enerji yoğunluğunu %0,15 oranında azalttığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte dijitalleşmenin verimliliği üzerindeki etkisini yapay sinir ağ mimarisi ile inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamakla birlikte, dijitalleşmenin belirleyicilerinin verimlilik üzerindeki etkilerinin ayrımını ortaya koyan neredeyse hiçbir çalışmaya ulaşılamamaktadır. Geleneksel istatistikî yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar hem örnekleme ilişkin verilerden hem de geçmiş verilerden yola çıkılarak tahminleme işlemi yaparak gelecekte ortaya çıkması muhtemel sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Bu kapsamda, küreselleşme ve dijitalleşme faaliyetlerinin artmasıyla sosyal ve ekonomik verilerde ortaya çıkan karmaşık problem yapısının çözümünde, ihtiyaçların karşılanabilmesi için öğrenme yeteneğine sahip yapay zekâ uygulamalarını içinde barındıran yöntemlerle tahmin ve öngörü aşamalarına geçilmektedir. Bu kapsamda, sinir hücrelerinden yola çıkılarak modelleme yapısı kurgulanan yapay zekâ modeline dayalı yapay sinir ağ mimarisinin ele alınmasıyla verimlilik üzerindeki dijitalleşmeye

ilişkin belirleyicilerin etki oranlarının etkin ve güvenilir bir yapıda belirlenmesi sağlanarak birçok etkene bağlı olan dijitalleşmenin karmaşık yapısı çözümlenmekte ve verimlilik üzerindeki etkisi ortaya konabilmektedir.

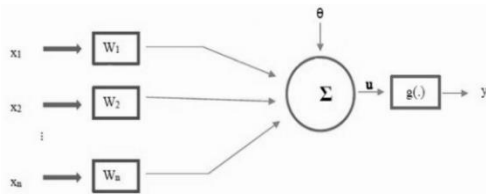
3. YÖNTEM ve BULGULAR

3.1. Makine Öğrenmesi ve Yapay Sinir Ağları

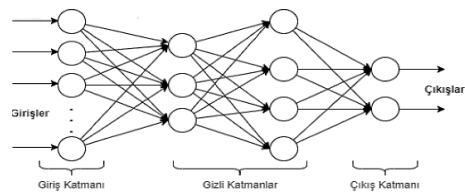
Veri miktar ve boyutlarının artması ile yaygınlık kazanan Büyük Veri kavramı, Yapay Zekâ (AI), makine öğrenmesi ve yapay sinir ağları gibi kavramları ortaya çıkarmaktadır (Russel, 2019:73). Mevcut verilerden model veya algoritma oluşturarak yeni verilerin tahmin edilmesi olarak tanımlanan makine öğrenmesi, bilgisayara programlamasız öğrenme kabiliyeti veren çalışma alanı olarak ifade edilebilmektedir (Albon, 2018:36). Matematik ve istatistik altyapısına sahip olan makine öğrenmesi, sınıflama ve tahmin/öngörü alanlarında başarılı algoritmalara sahip olmaktadır. Sınıflandırma uygulamalarında hedef değişken nominal değerler alırken; regresyon uygulamalarında hedef değişken sürekli değerler almaktadır (Müller ve diğerleri, 2016:200).

Makine öğrenmesinin eğitim alanında kullanılan yöntemlerinden biri olan yapay sinir ağları, insan beyninin öğrenme ve yeni bilgiler üretebilme kabiliyetleri esas alınarak geliştirilen bilgisayar sistemleri olarak değerlendirilen sayısal zekâ yapısına sahip sistemler olarak ifade edilmektedir (Öztemel, 2012:150). Yapay sinir ağları, sayısal zekâ veya zeki sistemler olarak bilinmekte olup insan beyninin çalışma şeklini taklit eden gelişen bir makine öğrenme yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Sinir hücresi mimarisine sahip yapay sinir ağları, geleneksel model tabanlı yöntemlerin aksine varsayımlara değil veriye dayalı kendinden uyarlamalı bir yöntem olup bilgi iletimini çoğunlukla tek taraflı sağlamaktadır (Silva ve diğerleri, 2016:86). Yapay sinir ağları kullanılarak örneklerden öğrenme işlemi gerçekleştirilmekte ve tanımlanması zor olan veriler arasındaki fonksiyonel ilişkiler yakalanabilmektedir. Ek olarak, yapay sinir ağları, eksik gözlemleri doğru bir şekilde tamamlayabilmektedir. Geçmiş gözlemlerden yararlanarak gelecek tahmini yapılmasına olanak sağlandığından yapay sinir ağları çok değişkenli doğrusal olmayan yöntemler arasında yer almaktadır (Cheng ve Titterton, 1994).

Geleneksel istatistiksel yöntemlerden daha genel ve esnek işleve sahip olmasıyla gerçek hayattaki problemlerin karmaşıklığının çözümü için iyi bir alternatif tahminci olan yapay sinir ağları, sisteme giren verilere göre en uygun kuralı veya fonksiyonu kullanarak, model seçimini, işlev tahminini, en uygun değeri bulmayı ve veri sınıflandırmasını başarılı şekilde gerçekleştirmektedir (Elmas, 2011:42). Hazır algoritmaları kullanan ve işlem adımları belli olan geleneksel yöntemler ile kıyaslandığında; karşılaştığı önceki durumlara ilişkin veriler ile kendi kendini eğiten yapay sinir ağları ile elde edilen sonuçlar daha gerçekçi olabilmektedir (Swingler, 2001:94). Yapay sinir ağlarında kullanılan verilerin ele alınan problemle ilgili benzer durumları içermesi oranı eğitim aşamasının verimli olarak geçirilmesini ve dolayısıyla sonuçların güvenilirliğini artırmaktadır (Russel, 2019:27). Yapay sinir ağı mimarisinde, ele alınan konunun tasarımı, fizibilitesi, verinin toplanması ve kodlanması, ağı tasarımı ve fizibilitesi, eğitim-test-geçerlilik aşamaları, hata analizi, ağı analizi ve sistem uygulaması önem arz etmektedir (Swingler, 2001:98).



Şekil 1. Yapay bir sinir hücresinin yapısı



Şekil 2. Çok katmanlı yapay sinir ağı mimarisi

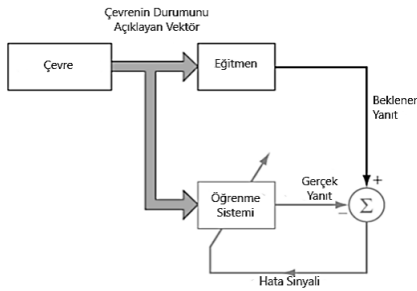
Yapay sinir ağları, hücre gövdesi (hücre aktivitelerini yönlendirme), dendrit (diğer hücrelerden gelen mesajları alma ve nakletme) ve akson (mesajları diğer hücrelere veya kaslara iletme) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Yapay sinir hücresi biyolojik sinir hücresine benzer olarak dış çevreden ağa gelen çoklu girdi sinyalleri (girdileri) x_i , ağdaki sinaps kavşakları tarafından gerçekleştirilen ağırlıklandırma işlemi W_i , toplama fonksiyonu Σ , aktivasyon fonksiyonu $g(\cdot)$, aktivasyon potansiyeli (u) ve eşik değeri θ yapılarını barındırmaktadır. Şekil 1'de yapay sinir ağının yedi temel bileşenden oluştuğu gözlemlenmektedir. Veri girişinin sağlandığı nöronların bulunduğu katman giriş katmanı olarak tanımlanmaktadır. x_1, x_2, \dots, x_n olarak gösterilen girdi sinyalleri çevreden gelen örneklerle olup öğrenme algoritmasının sayısal etkinliğinin artması için aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen limit değerleri içerisinde normalleştirilmektedir. W_1, W_2, \dots, W_n ağırlıkları girdi değişkenlerini ağırlıklandırarak nöronun fonksiyonelliğinin ölçümünde kullanılmaktadır. Toplama fonksiyonu Σ ile bir aktivasyon gerilimi üretmek için ağırlıklandırılan girdilere ait tüm sinyallerin toplanması sağlanmaktadır (Yakut,2020:55). θ olarak gösterilen aktivasyon eşik değeri veya sapması uygun eşik değerinin belirlenmesinde kullanılan bir değişkendir. Doğrusal toplama ve aktivasyon eşik değeri arasındaki farktan meydana gelen aktivasyon potansiyeli $u \geq 0$ olmadığında engelleyici potansiyel

üretmektedir. Eşitlik 1'de j . nöronunun girdisi a_j , j . ve i . nöron arasındaki bağlantı ağırlığı w_j , i . nöronunun çıktı değeri x_i ve eşik değeri θ_j olmak üzere, nörona ilişkin toplam girdi ile aktivasyon fonksiyonu kullanılarak işlenen girdi sonucunda son süreç elemanı olarak ifade edilen çıktı (y),

$$a_j = \sum_i w_{ij}x_i + \theta_j \quad (1)$$

$$y = g(\sum_i w_{ij}x_i + \theta_j) \quad (2)$$

şeklinde gösterilmektedir. Eşitlik 2'de $g(\cdot)$ aktivasyon fonksiyonu yapay sinir hücrelerinin hareketini yönetirken; y çıktı sinyali ilgili nöron tarafından üretilen son değeri içermekte olup komşu nöron için girdi olarak kullanılabilir. Sadece girdi ve çıktı katmanından oluşan yapay sinir ağı karmaşık problem çözümünde başarılı olamadığından ağ yapısında en az bir adet gizli katmanın bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, yapay sinir ağı girdi katmanı, gizli (ara) katmanlar ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Giriş katmanındaki nöronlar, girilen verileri, ağın yapısına göre gizli katmanlara ya da çıkış katmanına iletmektedir. Ağ mimarisinde gizli katmanlar mevcutsa, giriş katmanından alınan veriler ağırlıklandırılarak bir sonraki gizli katmana veya çıkış katmanına iletilmektedir. Gizli (ara katman veya görülmez) katmanda, sürecin veya sistemin analiz edilebilmesi için örüntülerin çıkarılmasından sorumludur. Çıkış katmanında bulunan nöronlar ise giriş katmanından veya gizli katmanlardan elde ettikleri veriler ile nihai ağ çıktısını oluşturmaktadır. Nöronlar birçok nörondan giriş almakla birlikte diğer nöronlara aktarılan tek bir çıkış üretmektedir. Katmanlar arasında kullanılan bağlantı yapıları tam bağlantı, kısmi bağlantı, ileri beslemeli, çift yönlü, hiyerarşik ve rezonans bağlantı olarak sınıflandırılmaktadır (Elmas, 2011:74). Şekil 2'de bir giriş, iki gizli katman ve bir çıkış katmanı olmak üzere dört katmandan oluşan yapay sinir ağı mimarisi verilmektedir. Bir katmandaki her bir nöron, bir sonraki katmanın bütün nöronlarına bağlanmakla birlikte aynı katmandaki nöronlar arasında bağlantı bulunmamaktadır.



Şekil 3. Denetimli öğrenme süreci

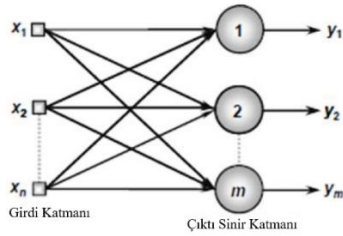


Şekil 4. Denetimsiz öğrenme süreci

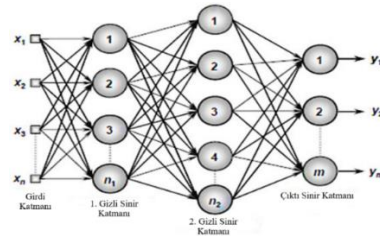
Yapay sinir ağı öğrenme kurallarına göre denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli ağlar olmak üzere üçe ayrılmaktadır; yapı açısından ise ileri ve geri beslemeli ağlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Şekil 3'te gösterilen denetimli öğrenmede bir öğreticiye ihtiyaç duyulmaktadır. Denetimli öğrenme yaklaşımı, yapay sinir ağı modeline tahmini çözümlerini karşılaştırması amacıyla ağa her adımda beklenen çıktının etkin bir şekilde bildirilmesi temeline dayanmaktadır. Denetimli öğrenme algoritmalarında, öngörülen çıktı ile belirli çıktının karşılaştırılması yapılarak sinir ağına ağırlığı olan tüm parametreler karakterize edilmektedir (Eberhart ve Shi, 2007:67). Denetimli öğrenmede çıkış hatasının düşürülmesi ve ağırlıkların uyarlanabilir hale getirilmesi ile ağ çıktısının elde edilmesi istenmektedir. Bu öğrenmedeki eğitim süreci, yapay sinir ağı tarafından üretilen tahmini çözümlerin gerçek çözümler ile karşılaştırılarak sonuçlara ilişkin hata miktarının belirlenmesi ve modelin yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantıların kuvvetlerini en küçük hata değerine ulaşana kadar güncellemesi şeklinde gerçekleşmektedir. Her bir giriş değeri için istenen çıkışın sisteme tanıtıldığı ve yapay sinir ağlarının giriş-çıkış ilişkisini gerçekleştirene kadar ağırlıkların aşamalı ayarlandığı denetimli öğrenme sürecinde, kapalı döngü geri beslemeli bir sistem oluştururken; bilinmeyen çevre ise döngü dışında kalmaktadır (Haykin, 2008:16). Şekil 4'te gösterilen kendi kendini örgütlenme olarak da adlandırılan denetimsiz öğrenmede, eğitim sırasında ağ tarafından üretilen tahmini çözümlerin karşılaştırılabileceği gerçek çözümler mevcut olmamakta, öğrenme işlemi kendi kendine gerçekleşmekte ve öğrenme işleminin ne zaman tamamlanacağına ağ karar vermektedir. Ağ, veriyi üyeleri birbirinin benzeri olan öbeklere ayırmaktadır (Elmas, 2011:25). Tüm uyarılma süreci boyunca yalnızca yerel bilgilere yer veren denetimsiz öğrenme algoritmalarında verilerin kümelenmesini sağlamakta ve sunulan veriler düzenlenerek ortaya çıkan kolektif özellikler keşfedilmektedir (Eberhart ve Shi, 2007: 47). Denetimli ve denetimsiz algoritmalar tek başlarına doğru sonuçları elde etmek için yeterli olmadığında iki veya daha fazla algoritma analizde bir arada kullanılmaktadır. Denetimli ve denetimsiz algoritmaların bir arada kullanıldığı algoritmalar olan pekiştirmeli öğrenme yönteminde ise ağ doğrudan gerçek ağ çıkışını vermemekte ve ağ çıkışının iyi veya kötü olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Elmas, 2011: 302).

Pekiştirmeli öğrenme, dinamik bir yapıya sahiptir ve deneme yanılma etkileşimleri yoluyla öğrenme işlemi gerçekleşmektedir (Kaelbling ve diğerleri, 1996).

Yapay sinir ağı yapısında, nöronların konumlanması ve birbirleriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi sinir hücrelerinin sinaps bağlantıları (ağırlıklar) tarafından belirlenmektedir. Yapay sinir ağları, düğümleri ve bağlantıları farklı biçimlerde bir araya getirmekte, bu düğüm ve bağlantı yapılarına göre farklı isimler almaktadır (Elmas, 2011: 25). Yapay sinir ağları, nöronlar arasında oluşturulan bağlantıların bilgi taşıma yönlerine göre geri döngüye girmeden ileriye doğru tek yönlü ileri beslemeli ağ ve aynı düzeyde veya bir öncekinin girdisi olan düğüm çıktısında geriye döngü bağlantı oluşturabilen geri beslemeli ağ olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Esnek-çoklu katmanlar şeklinde oluşturulan ve farklı fonksiyonları tahmin edebilen çok katmanlı algılayıcı, bir veya birden fazla gizli katman ve çıktı katmanından oluşan ileri beslemeli sinir ağı olarak ifade edilmektedir. İleri beslemeli ağ yapısında bir girdi belirli bir çıktıyla ilişkili ve sinyaller tek yönlü hareket ettiği için durağan (statik) olmaktadır. Aynı işlem, çıkış katmanındaki nöron tarafından da yapılarak tamamlanmaktadır. Şekil 5'te gösterilen tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı mimarisinde, n tane girdi ve m tane çıktıdan oluşan ağ yapısında sadece bir girdi katmanı ve çıktı katmanı yer alırken gizli katman yer almamaktadır. Bilgi akışı girdi katmanından çıktı katmanına doğru tek yönde gerçekleşmekte ve çıktı sayısı, sinir hücresinin sayısına eşit olmaktadır. Bu ağlar genellikle, örüntü sınıflandırma ve doğrusal filtreleme problemlerinde kullanılmaktadır (Silva ve diğerleri, 2016:17). İleri beslemeli ağların önemli bir alt türü de geri yayımlı ileri beslemeli yapay sinir ağlarıdır. Birbirinden bağımsız olarak geniş disiplinlerden türetilen geri yayılım ağı, etkili ve karmaşık, tanımlanmamış problemlere doğrusal olmayan çözümler getirebilen ağ çeşidi olmaktadır. Geri yayılım ağları çok katmanlı ağlarda kullanılan delta kuralı için geliştirilmiş bir algoritmaya sahip olup hiyerarşik yapıdadır. Geri yayılım ağlarında katman sayısının ve her katmandaki düğüm sayısının dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Girdi verisi ile istenilen çıktı arasındaki ilişkinin karmaşıklığı arttıkça, gizli katmanlardaki işleme elemanlarının sayısı artırılmakta ve ele alınan süreç birçok aşamalara ayrılabilirse çok sayıda gizli katmanın kullanılması gerekmektedir. Süreç aşamalara ayrılmıyorsa ve çok fazla sayıda gizli katman kullanılıyorsa ağda yalnızca ezberleme ortaya çıkmakta ve genel sonuçlara yol açmaktadır. Diğer bir kural ise ağda kullanılan eğitim verisinin miktarı, gizli katmanlardaki işleme elemanlarının sayısı için bir üst sınır oluşturmaktadır. Bu üst sınırı bulmak için ilk olarak eğitim kümesindeki girdi ve çıktı çiftlerinin sayısı bulunmakta ve ağdaki toplam giriş ve çıkış düğümlerinin sayısına bölünerek beş ile on arasında bir dereceleme faktörüne oranlanmaktadır. Gizli katmanların az miktarda işleme elemanına sahip olması önemli bir faktör olmaktadır (Elmas, 2011: 144).

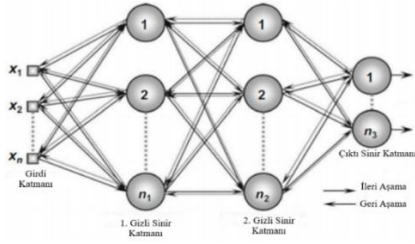


Şekil 5. Tek katmanlı ileri beslemeli sinir ağı

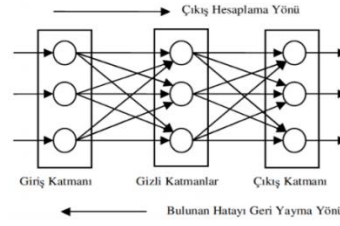


Şekil 6. Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı

En az iki sinir katmanından oluşan çok katmanlı ağ yapısında sinir hücreleri gizli ve çıktı katmanları arasında dağıtılmaktadır. Farklı alanlardaki problemlerde geniş uygulama aralığına (evrensel yaklaşım teorisi, örüntü tanıma, sürecin tanımlanması ve kontrolü, zaman serileri tahmini ve öngörüsü, sistem optimizasyonu vb.) sahip olan çok katmanlı ileri beslemeli yapıya sahip olan ağın eğitim süreci denetimli öğrenme şeklinde gerçekleşmektedir. Şekil 6'da gösterilen bir veya birden fazla gizli katmandan oluşan ileri beslemeli çok katmanlı ağda n adet sinyale sahip bir adet girdi katmanı, birinci gizli katmanda n_1 tane nörona, ikinci gizli katmanda n_2 tane nörona, çıktı değerlerini gösteren m adet sinir hücresinden oluşan bir adet çıktı katmanı bulunmaktadır. Çok katmanlı ağın eğitim süreci boyunca öğrenme algoritması olarak geri yayımlı algoritma kullanılmaktadır (Silva ve diğerleri, 2016: 42). Genelleştirilmiş delta kuralı olarak da bilinen geri yayılım algoritmasının kullanıldığı çok katmanlı ağının eğitim süreci, iki aşamanın birbiri ardına uygulanmasıyla tamamlanmaktadır.



Şekil 7. İki gizli katmanlı geri yayılım algoritması



Şekil 8. Geri beslemeli ağı yapısı

Şekil 7'deki ilk aşama ileriye doğru yayılım (forward propagation) olarak adlandırılmaktadır. Eğitim kümesinden alınan örnekler girdi ağına yerleştirilmekte ve girdilerden elde edilen çıktı değerleri ortaya çıkana kadar bir katmandan diğerine iletim sağlanmaktadır. Bu aşama sadece nöronların ağırlıkları ve eşik değerini de dikkate alan ağdan elde edilen çıktıları içermektedir. Ağ çıktısı tarafından elde edilen cevap, daha önce denetimli öğrenme sürecinde bahsedildiği gibi, istenilen cevap ile karşılaştırılmaktadır. Elde edilen hatalar, geriye doğru besleme olarak adlandırılan ikinci aşamada uygulanmaktadır. İlk aşamadan farklı olarak, ağırlıklar ve eşik değerleri değiştirilmemektedir. Diğer bir ifadeyle her bir yinelemede birbiri ardına gerçekleşen ileri ve geriye doğru aşamalar ağırlıkların ve eşik değerlerin düzenlenmesine izin vermekte ve hatalar azaltılmaktadır. Yinelenen ağlarda ise sinir hücresinin çıktı değerleri, diğer sinir hücreleri için yinelemeli girdi olarak kullanılmaktadır. Çıktı sinyallerinden birisinin gizli katmanı beslediği geri beslemeli ağı kullanılmasıyla, bir önceki çıktı dikkate alınarak çıktı üretilmektedir (Silva ve diğerleri, 2016: 84). Geri beslemeli ağı yapıları, genellikle denetimsiz öğrenme algoritmalarının uygulandığı ağlarda kullanılmaktadır. Geri beslemeli ağı, dinamik bir yapıda olup bir girdi için bir denge noktasına ulaşmaya dek birçok döngüyü değiştirebilmektedir. Böylelikle bir girdi birden çok çıktı serisi üretebilmektedir. Şekil 8'de geri beslemeli ağı yapısında bir nöron çıkışının diğer her bir nöronun girişine bağlı olduğu gösterilmektedir.

3.2. Bulgular

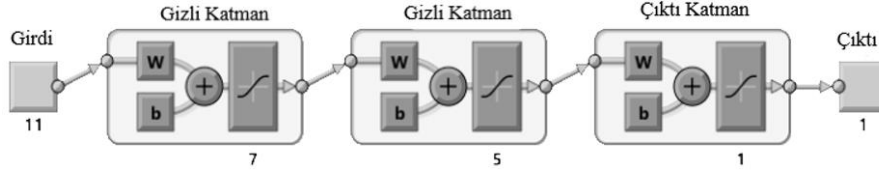
Ülkelerin dijitalleşme çabaları incelendiğinde verimlilik ve dijitalleşmenin önemli bir neden sonuç bağının olduğu ve sürdürülebilir kalkınma için uygulanan ya da uygulanacak politikalarda bir bütün içinde ele alındıkları görülmektedir. Çalışma kapsamında, dijitalleşme göstergelerinden olan Mobil Hücresel Abonelikler (MHA), Geniş Bant Abonelikleri (GBA), İnternet Erişimi (IE), Sabit Telefon Abonelikleri (STO), Kamu BİT Yatırımları (KBİTY), BİT girişim sayısı (BİTGS), BİT pazar büyüklüğü (BİTPB) ile birlikte dijitalleşmeyi destekleyen Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) ve Sabit Sermaye Oluşumu (SSO) ve dijitalleşme kazanımları arasında yer verilebilen Enerji Kullanımı (EK) ve emisyon (EMS) değişkenlerinin verimlilik (V) üzerindeki etkileri ele alınarak, 2005-2020 arası dönem Türkiye'de dijitalleşme ve verimlilik üzerinde etkili olan değişkenlerin önem sıralamalarının yapay sinir ağı mimarisi çerçevesinde incelenmektedir. Çalışmada ele alınan düzenlenmiş veri seti Dünya Bankası, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu veri dağıtım sistemlerinden elde edilmektedir.

Eğitim yoluyla öğrenen ve sinir ağlarına benzeyen yapısıyla doğrusal olmayan kestirimci modellerden olan yapay sinir ağları ile tahmin edicilerin değişkenler arasındaki olası tüm etkileşimleri saptanmıştır. Her katmanda yer alan nöronlar, bir sonraki katmandaki nöronlara bağlı olduğundan, her bağlantının kendine özgü ağırlığı belirlenmiş ve bağlı nöronun çıktısının ağırlıklı kombinasyonu bir sonraki nöronun girdisine etki ettirilmiştir. Gerçek ve hesaplanan çıktı arasındaki farka dayanarak çıktı düğümlerinden iç düğümlere kadar olan ağırlıklarının ayarlayan geri yayılım algoritması kullanılmıştır. İşlem elemanı ağırlık değerleri (ağın eğitilmesi) rastgele atandıktan sonra seriler ağa devamlı gösterilerek en doğru ağırlık değerleri belirlenmiş ve genellemeye ulaşıldığında ağın öğrenme süreci sonlandırılmıştır. Eğitim aşamasından sonra ise ağırlıklar değiştirilmeden, daha önce tanıtılmayan örnekler için çıktı üretimi sağlanarak eğitim süreci test edilmiş ve performans ölçümü sağlanmıştır. Eşitlik 3'te sinaptik bağlantılar x_i , bağlantı üzerindeki ağırlıklar w_i ve aktivasyon fonksiyonunun aktiflediği eşik değeri b olmak üzere,

$$Y(V) = \sum_{i=1}^n w_i x_i - b = w_1 MHO + w_2 GBA + w_3 IE + w_4 STO + w_5 KBİT + w_6 BİTGS + w_7 BİTPB + w_8 ARGE + w_9 SSO + w_{10} EK + w_{11} EMS - b \quad (3)$$

şeklinde model belirtilebilmektedir. Dijitalleşmenin verimlilik üzerinde etkili olan değişkenlerin incelenmesi için model kurulduğunda, ağın mimarisinden öğrenme kuralına ve hata payının hesaplama oranına kadar hata girdi, çıktı ve gizli katmanlarının sayısının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çerçevede, parametrelerin tespit edilmesi ve uygun parametre belirlenene kadar model tahmininin

gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Uygun mimari belirlendikten ve çok sayıda model tahmin edilerek uygun modele karar verildikten sonra en iyi performansa sahip ağ belirlenmiştir.



Şekil 9. En iyi performansa sahip çok katmanlı algılayıcı model gösterimi

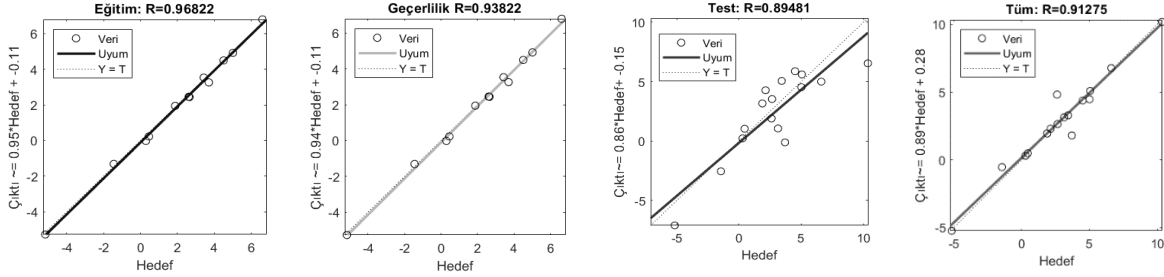
Eğitim seti ağın eğitilmesi için, geçerlilik seti gizli katman process eleman sayısının belirlenmesinde ve test seti ise kurulan modelin performansının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağı modellemesinde en iyi tahminde bulunulan ağ mimarisi Şekil 9'da gösterilmektedir. Yapay sinir ağlarından çok katmanlı algılayıcı bir (1) girdi-iki (2) gizli katman-bir (1) çıktı katmanı olarak dizayn edilmiştir. Girdi katmanında dokuz (11) bağımsız değişken (nöron) çıktı katmanında ise bir (1) bağımlı değişken (nöron) bulunmaktadır. Ağ oluşumunda her bir test işlemi için hata kareler toplamı incelenerek model yapısı karşılaştırmaları sonucunda Model 3 üstünden analize devam edilmiştir. Gizli katmana ilişkin aktivasyon fonksiyonu hiperbolik tanjant ve çıktı katmanına ilişkin aktivasyon fonksiyonu sigmoid olarak belirlenmiştir. Gizli katman nöron sayıları ise sırasıyla 7 ve 5 olarak elde edilmiştir. Tablo 1'de serilerin eğitim (%70), test (%15) ve değerlendirme-geçerlilik (%15) olmak üzere üçe ayrıldığı gözlemlenmektedir.

Tablo 1. Çok katmanlı algılayıcı model performans karşılaştırması-ağ mimari bilgisi

Model Yapıları	Aktivasyon Fonksiyonu		Nöron Sayısı		Performans (SSE)	
	Gizli Katman	Çıktı Katman	Gizli Katman-I	Gizli Katman-II	Eğitim	Test
Model 1	Hiperbolik Tanjant	Doğrusal	7	5	0.358	0.764
Model 2	Hiperbolik Tanjant	Hiperbolik Tanjant	7	5	0.156	0.047
Model 3	Hiperbolik Tanjant	Sigmoid	7	5	0.123	0.020
Model 4	Sigmoid	Doğrusal	7	5	0.650	0.987
Model 5	Sigmoid	Hiperbolik Tanjant	7	5	0.850	0.055
Model 6	Sigmoid	Sigmoid	7	5	0.211	0.120
Girdi Katmanı		Bağımsız Değişkenler				
					BITPB	
					KBITY	
					SSO	
					BITGS	
					STA	
					GBA	
					MHA	
					IE	
					ARGE	
					EK	
					EMS	
		Nöron (Birim) Sayısı			11	
		Ölçekleme Yöntemi			Normalleştirme	
		Başlangıç Öğrenme Oranı			0.4	
		Momentum Katsayısı			0.9	
		Optimizasyon Algoritması			Gradyan İniş (Eğim Azaltma)	
		Öğrenme Kuralı /Algoritması			Momentum/Geri Yayılım	
		Doğrulama Türü			%70 Eğitim %15 Geçerlilik %15Test	
Gizli Katman		Katman Sayısı			2	
		Gizli Katman-I Nöron Sayısı			7	
		Gizli Katman-II Nöron Sayısı			5	
		Aktivasyon Fonksiyonu			Hiperbolik Tanjant	
Çıktı Katmanı		Bağımlı Değişken			V	
		Nöron (Birim) Sayısı			1	
		Ölçekleme Yöntemi			Normalleştirme	
		Aktivasyon Fonksiyonu			Sigmoid	
		Hata Fonksiyonu			Hata Kareler Toplamı	

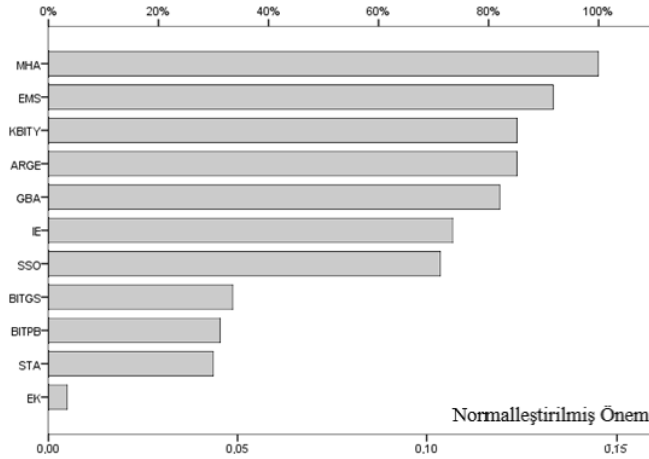
En iyi performansa sahip ağın belirlenmesinde çeşitli aktivasyon fonksiyonları denenmekte ve Tablo 1'de belirtilen aktivasyon fonksiyonu ile kurulan Model 3'ün en düşük hata payına sahip olduğu belirlenmektedir.

Gizli katman sayısının belirlenmesinde, gizli katman sayıları artırılarak geçerlilik verilerine ilişkin hata kareler toplamının en duşuk olduğu katman belirlenmiştir. Gizli katman sayısındaki artış, geçerlilik setindeki ağ performansını artırmakla birlikte, aşırı renme olasılığından dolayı test performansında azalmada ortaya çıkartabilmektedir. Şekil 10'da yapay sinir ağ çıktısı ve gerçek verimlilik değeri uyumları incelendiğinde, Model 3 çerçevesinde, ele alınan bağımsız değişkenlerin verimliliği doğru Şekilde tespit edilip yorumlanmasında önemli birer etken olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 10. Yapay sinir ağ çıktısı-gerçek değer uyumu

Performans lm ve test sonuçları ele alındığında bağımsız değişkenlerin verimlilik üzerinde belirleyici etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Şekil 10'da ağ yapısına ilişkin tahmin edilen eğitim, test ve geçerlilik veri setleri için tahmin edilen regresyon doğrusuları gösterilmiştir. Yatay eksen gerçekleşen değerleri, dikey eksen tahmin değerlerini ve $Y=T$ doğrusu ise ağ sonucu istenen durumu göstermektedir. Tahmin değerlerin $Y=T$ doğrusuna yakınlığı ve paralellik'e yaklaşması ağın uyumunu ve renme yetkinliğini gösterdiğinden ağın hatasının az olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Bağımsız değişkenlere ilişkin önem düzeyleri–normalleştirilmiş önem

Yapay sinir ağları kullanılarak tahmin modelinin oluşturulması sonrasında bağımsız değişkenlerin verimlilik üzerindeki önem düzeyleri belirlenmiştir. Şekil 11'de model yapısındaki bağımsız değişkenlerin verimlilik üzerindeki etkilerinin önem sıralaması çerçevesinde bağımsız değişkenlere ilişkin ağrlık değerleri incelendiğinde, sırasıyla, Mobil Hücresel Abonelikler (MHA-%100), Emisyonlar (EMS-%92), Kamu BİT Yatırımları (KBİTY-%86), Araştırma Geliştirme (Ar-Ge-%86) Faaliyetleri, Geniş Bant Abonelikleri (GBA-%80), İnternet Erişimi (İE-%77), Sabit Sermaye Oluşumu (SSO-%75), BİT Girişim Sayısı (BİTGS-%37), BİT Pazar Büyüklüğü (BİTPB-%35), Sabit Telefon Abonelikleri (STO-%33) ve Enerji Kullanımı (EK-%4) değişkenlerin verimliliği açıklama üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4. SONUÇ ve DEğerLENDİRME

Çalışma kapsamında, Türkiye'de 2005-2020 yılları arasında dijitalleşmenin emek verimliliği üzerindeki etkisi incelenmektedir. Türkiye'de emek verimliliğini etkileyen dijitalleşme göstergeleri ortaya konulduktan sonra, sürdürülebilir kalkınma odaklı dijitalleşmenin belirleyicilerinin verimlilik üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde veri odaklı olma özelliğinden dolayı n bilgiye sahip olunmasını gerekli kılmayan ve fazla sayıda olası doğrusal olmayan modellemeye imkn sağlayan, yapay sinir ağ mimarisi kullanılmaktadır. Dijitalleşme sürecinde altyapı çalışmaları gerektiren mobil hücresel abonelik ve geniş bant aboneliği ele alındığında, IoT, Büyük Veri ve AI kullanımında artış meydana getirdiklerinden dijital hizmet talebinde artış sağlamaktadır. Talep artışı ise beraberinde hem dijitalleşme için ayrılan kaynak ve yatırım

artışlarını beraberinde getirmekte hem de yeni bilgi ve iletişim kanalının hızlı gelişimini desteklemektedir. Ek olarak, dijital çağda etkisini gösteren afet, pandemi, vb. diğer olayların yaşanması ile birlikte ortaya çıkan eğitim, sağlık ve kamu hizmetlerinin online olma gerekliliği dijitalleşme süreci içinde olan ülkelerde altyapı çalışmalarının hızlanmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda altyapı çalışmaları sonucunda Mobil Hücresel Abonelikler (MHA) ve geniş bant aboneliğinde artış yaşanması, İnternet Erişimi (İE) sağlayan kişi sayısında da artış yaratılmasına neden olarak üretkenliği ve beraberinde verimliliği artırmaktadır. Sosyoekonomik kalkınma için kapsayıcı ve sürdürülebilir büyümenin yaratılmasına katkı sağlanması sonucunda dijitalleşmede hızlanma gözlemlenmektedir. Dijitalleşmede yaşanan hızlanma ile birlikte ortaya çıkan verimlilik artışları ise yeni fırsatların yaratılarak sürdürülebilir kalkınmada rekabet avantajı sağlanmasına olanak sunmaktadır. İnternet Erişimi (İE) sağlayan kullanıcılardaki artış katılımın artmasını sağlayarak hizmetlerin dijitalleşmesi yönündeki talepleri artırmakta ve daha fazla bilginin sunulmasının sağlanması nedeniyle emek verimliliğinde artış gözlemlenmektedir.

Performans ölçümü ve test sonuçları ele alındığında bağımsız değişkenlerin verimlilik üzerinde belirleyici etkileri elde edilmiştir. Verimlilik üzerindeki en büyük etkiye sahip olan Mobil Hücresel Aboneliklerin (MHA) sayısının artması verimlilik üzerinde iki yönlü doğrudan etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrudan etkilerden ilki altyapı yatırımlarının talep edilmesi ve ikincisi de bireysel kullanımın artması şeklinde gözlemlenebilmektedir. Altyapı talepleri devletin altyapı yatırımlarına hız vermesini sağladığından sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasının kolaylaşmasının yanı sıra kamu-özel sektör ve vatandaşların BİT kullanımının artmasında neden olmaktadır. Bu durum da genel bir sürdürülebilir kalkınma sağlamaktadır. Elde edilen bulgulara göre verimliliğe etki eden Emisyonlar (EMS) ile ilgili gelişmiş ülkeler dijitalleşme süreçlerinde iklim koruma ve iklim krizi ile ilgili adımlar atmaktadır. Dijitalleşme sürecinin yürütülebilmesi için enerjiye ihtiyaç olduğundan gelişmiş ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarını (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, vb.) kullanarak emisyon oranlarını azaltmaktadır ve dijitalleşme sürecinde emisyon oranları düşerken, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji ihtiyacının karşılanması için gerekli kaynak olmaması ve enerjinin pahalı olması emisyon oranlarında artış yaşanmasına neden olmaktadır. Gelişen altyapılar nedeniyle ortaya çıkan ve fosil kaynak tüketimini azalttığından sera gazı ve CO₂ Emisyonlarının (EMS) düşmesine neden olan dijitalleşmenin çevre ve iklim koruması ile ilgili olumlu ve olumsuz (artan enerji ve kaynak tüketimi) makroekonomik etkileri, sürekli artan internet trafiği ve sürekli artan kalite arayışları nedeniyle telekomünikasyon şirketleri dijital altyapıları genişletmek için sürekli yatırım yapmaktadır. Bu kaynak ve enerji tüketimi olumsuz etki olarak görülse de aynı zamanda altyapının güçlendirilmesi sonucu nedeniyle olumlu bir etki olarak da değerlendirilebilmektedir.

Verimlilik üzerinde etkiye sahip bir diğer değişken olan Kamu BİT Yatırımlarının (KBİTY) emek verimliliği üzerinde etkisi e-Devlet kullanımının genişletilmesi ile açıklanabilmektedir. Emek verimliliğindeki artış fiziki sermaye, tasarruf ve yatırım, yeni teknoloji ve insan sermayesi olmak üzere üç ana faktöre bağlı olduğundan dijitalleşmede e-Devlet kullanım oranının yüksek olmaktadır. E-Devlet ve diğer Kamu BİT Yatırımları (KBİTY) ile kamu hizmetlerinin sunulması ve kamu yararı edinilmesi hedeflendiğinden, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında önemli etkenler arasında yer almaktadır. Türkiye’de Kamu BİT Yatırımlarının (KBİTY) sektörel bazdaki dağılımında, en büyük payı; eğitim, ulaştırma ve haberleşme olmak üzere diğer kamu hizmetleri sınıfı almaktadır. Verimlilik üzerindeki etkiye sahip bir diğer değişken olan Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri Türkiye’de emek verimliliğini artırmak için e-Devlet hizmetlerinin genişletilmesi ve kullanım oranının yükseltilmesi amacıyla yürütülmektedir. Ar-Ge çalışmalarının dijitalleşmeyi hızlandırıcı etkisi ile yeni bilgi oluşumu ve kullanımının artması sağlanmakta ve emek verimliliğinde artış ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, Türkiye’de dijitalleşmenin temel belirleyicisi olarak Ar-Ge’nin bütçe içerisindeki payının artırılması gerekmektedir.

Geniş Bant Abonelikleri (GBA) değişkeni ise yüksek hızlı internet sağlayarak internet kullanım oranını artırmaktadır. İnternet erişimi ve hızı yüksek olan kullanıcı kamu hizmetleri ve diğer hizmetleri daha fazla kullanmaktadır. Kamu/özel sektörde ekonomik büyümenin ve beraberinde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için verimlilik üzerinde etkiye sahip altıncı değişken olan BİT girişim sayısı (BİTGS) ve dijitalleşmede yol gösterici unsur olan ve verimlilik üzerinde etkiye sahip olan BİT pazar büyüklüğü (BİTPB) rakamları belirleyici olmaktadır. Verimlilik üzerinde etkiye sahip olan bir diğer değişkenler Sabit Telefon Abonelikleri (STO) ve Enerji Kullanımıdır (EK). Gelişmekte olan ülkeler sınıfından olan Türkiye’de enerji tüketimi, internet kullanımı, BİT ithalatı ve sayısı arasında aynı yönlü ilişki bulunmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak için nükleer santral ve hidroelektrik santrali kurma stratejilerini uygulamaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye’de emisyon ile ilgili çevre vergileri artırılarak, çevre dostu BİT uygulamalarının kullanımı teşvik edilmektedir. Emisyonların (EMS) azaltılmasına yönelik en önemli strateji e-Devlet hizmetlerinin genişletilmesi ve geliştirilmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Kamu hizmetlerinin çoğunluğu internet aracılığıyla erişilebilir hale getirilerek kaynak israfının ve çevre kirliliğinin önüne geçilmektedir. Bu sayede, emisyon oranı düşük olan yeni teknolojiler emek verimliliğini artırarak sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı dijitalleşme, ilgili makroekonomik alanlarda verimlilik iyileştirmeleri ve işlem maliyetlerinin azaltılması için önemli potansiyel sunmaktadır. BİT tabanlı dijital uygulamalar, yüksek refah, ürün ve süreç yeniliklerini ortaya çıkarmaktadır. Devletin sunduğu hizmetler e-Devlet aracılığıyla dijitalleştiğinden, ülkeler e-Devlet çalışmalarına önem vererek emek verimliliğini artırmaya çalışmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde e-Devlet iyileştirme çalışmaları dijitalleşme politikaları ile birlikte yürütülmektedir. Türkiye’de bu çalışmalar kapsamında özellikle altyapı çalışmalarına önem verilmekte ve İnternet Erişiminin (İE) nndeki altyapı eksikliği ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Türkiye’de internet altyapısı ile ilgili yapılan çalışmalar bazı bölgeler için yeterli olmadığından, o bölgelerde dijitalleşmenin gerçekleşmesi Sabit Telefon Abonelikleri ile sağlandığından mobil telefon aboneliklerinin sayısı arttığında sabit telefon aboneliklerinin sayısı azalmaktadır. Gelişmekte olan ülke sınıfında yer alan Türkiye’de dijitalleşme için yasal düzenlemeler ile devlet politikaları yürütülmekte ve dijitalleşme sürecinin etkin biçimde gerçekleştirilmesine çalışılmaktadır. Bu gelişmeler işığında Türkiye’de sürdürülebilir dijitalleşme sağlamak amacıyla devlet politikası olarak yasal düzenlemeler yapılmış ve T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dnşm Ofisi açılmıştır. Bu ofis kapsamında e-Devlet hizmetlerinin geliştirilmesi ve artırılması amacıyla “Dijital Türkiye” alışmaları hız kazanarak dijitalleşme sürecinde emek verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu alışma alanında ilk ve tek olması nedeniyle elde edilen bulgularla benzer çalışmaların sonuçları tartışılamamıştır. Dijitalleşme belirleyicilerinin verimlilik üzerindeki etkilerini lbilecek verilerin elde edilmiştir. Yeni çalışmalarda yeni değişkenler tanımlanarak araştırmacıların analizlerinde bu verileri kullanmaları daha net sonuçlara ulaşmalarını ve karşılaştırma yapmalarını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Agricola, G., (1556). "De Re Metallica, Translated from the First Latin Edition (1912), RareBooks", <https://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=rare-books>, (Erişim Tarihi: 07.08.2021).
- Akarsu, Y., Kurt, S. ve Alacahan, N.D. (2020). "OECD Ülkelerinde Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin İşgücü Verimliliği Üzerine Etkisi", *Journal of Life Economics*, 7(4), 309-322.
- Albon, C. (2018). "Python Machine Learning Cookbook: Practical Solutions from Preprocessing to Deep Learning", O'Reilly Media, Sebastopol.
- Aly, H. (2020). "Digital Transformation, Development and Productivity in Developing Countries: Is Artificial Intelligence a Curse or a Blessing?", *Review of Economics and Political Science*, DOI: 10.1108/REPS-11-2019-0145.
- Andriushchenko, K., Buriachenko, A., Rozhko, O., Lavruk, O., Skok, P., Hlushchenko, Y., Muzychka, Y., Slavina, N., Buchynska, O. ve Kondarevych, V. (2020). "Peculiarities of Sustainable Development of Enterprises in the Context of Digital Transformation", *Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(3), 2255-2270.
- Ateş, G. ve Halışçelik, E. (2014). "Pareto Optimumu Çerçevesinde Keynes'den Piketty'e Liberallerin Devletçi Politika Açmazları", *Mülkiye İktisadi ve Sosyal Araştırmalar Merkezi Politika Öneri Raporu/1*, 1-5.
- Aydın, M. (2016). "Enerji Verimliliğinin Sürdürülebilir Kalkınmadaki Rolü: Türkiye Değerlendirmesi", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 14(28), 409-441.
- Bassanini, A., Scarpetta, S. ve Visco, I. (2000). "Knowledge, Technology and Growth: Recent Evidence from OECD Countries", *National Bank of Belgium Working Paper*, No. 6.
- Becker, J., Bergener, P., Kleist, S., Pfeiffer, D. ve Räckers, M. (2008). "Business Process Model-Based Evaluation of ICT Investments in Public Administrations", *Fourteenth Americas Conference on Information Systems*, Toronto, ON, Canada, 1-10.
- Bertani, F., Raberto, M., Teglio, A. (2020). "The Productivity and Unemployment Effects of the Digital Transformation: An Empirical and Modelling Assessment", *Review of Evolutionary Political Economy*, 1, 329-355.
- Bertini, P. (2016). "Focus on Technology Inders True Digital Transformation", <https://www.brandknewmag.com/focus-on-technology-hinders-true-digital-transformation/> (Erişim Tarihi: 2. 09. 2020).
- Beyoğlu, A. (2021). "Yerel Kalkınmada Turizmin Rolü: Yabancı Ziyaretçilerin Etkisi Üzerinden Edirne İli Örneği", *İktisadi ve İdari Bilimlerde Araştırma ve Değerlendirmeler*, Editör: Vatanserver, K., Cilt 2, Gece Kitaplığı, Ankara, 21-42.
- Bhutani, S. ve Paliwal, Y. (2015). "Digitalization: A Step Towards Sustainable Development", *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 8(12), 11-24.
- Bocutoğlu, E. (2012). "İktisat Teorisinde Emeğin Öyküsü: Değerin Kaynağı Olan Emekten Marjinal Faydanın Türevi Olan Emeğe Yolculuk", *Hak-İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 1(2), 127-150.
- Bondarenko, S., Liganenko, I. ve Mykytenko, V. (2020). "Transformation of Public administration in Digital conditions: World Experience", *Prospects of Ukraine, Social development & Security*, 10(2), 76-89.
- Camba, A.L. ve Camba, A.C. (Jr). (2020). "The Cointegration Relationship and Causal Link of Internet Penetration and Broadband Subscription on Economic Growth: Evidence from ASEAN Countries", *Journal of Economics and Business*, 3(1), 1-8.
- Cheng, B. ve Titterington, D.M. (1994). "Neural Networks: A Review from a Statistical Perspective", *Statistical Science*, 9(1), 2-30.
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T. ve Woessmann, L. (2011). "Broadband Infrastructure and Economic Growth", *The Economic Journal*, 121(552), 505-532.
- Çağlar, E. ve Koyuncu, E. (2018). "Toplam Faktör Verimliliği İçin Politika Çerçevesi Geliştirilmesine Destek Projesi Beyaz Kitap", <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/library/poverty/toplam-faktoer-verimlili-i-projesi-beyaz-kitap.html> (Erişim Tarihi: 24.07.2021).
- Dang, G. ve Pheng, L. S. (2015). "Theories of Economic Development, In Infrastructure Investments in Developing Economies", Springer, Singapore.
- Degada, A., Thapliyal, H. ve Mohanty, S. P. (2021). "Smart Village: An IoT Based Digital Transformation", *IEEE 7th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, New Orleans.
- Demirkıran, S. (2020). "Dijital Kamu Yönetimini Anlamak, Yönetim, Liderlik ve Pazarlama", İksad Yayınevi, Ankara.
- Demirkıran, S., Yücel, M.A., Terzioğlu, M.K. ve Selvi, A. (2021). "Dijital Dönüşüm Sürecinde Akıllı Yönetişim". *Tesam Akademi Dergisi*, 8(2), 489-519.
- Dobrolyubova, E. (2021). "Measuring Outcomes of Digital Transformation in Public Administration: Literature Review and Possible Steps Forward", *The NISPAcee Journal of Public Administration*, 14(1), 61-86.

- Eberhart, R.C. ve Shi, Y. (2007). "Computational Intelligence: Concepts to Implementations", Elsevier/Morgan Kaufmann Publishers.
- Ekren, N., Erdoğan, M.F. ve Bildik, K.H. (2020). "Makro Ekonomik Performansın Kişi Başına Düşen Göstergelerle Alternatif Analizi", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(37), 493-514.
- Elmas, Ç. (2011). "Yapay Zekâ Uygulamaları: Yapay Sinir Ağı, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma", Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Elmassah, S. ve Mohieldin, M. (2020). "Digital Transformation and Localizing the Sustainable Development Goals (SDGs)", *Ecological Economics*, 169, 1-12.
- Erçakar, M.E. ve Çolakoğlu, H. (2019). "Bilgi Ekonomisinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: Bricks Ülkeleri ve Türkiye İçin Bir Analiz", *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), 248-268.
- Gerşil, M. (2007). "APC (Amerikan Verimlilik Merkezi) Çok Faktörlü Verimlilik Ölçme Modeli ve Bir Uygulama", *Ege Akademik Bakış*, 7(2), 527-542.
- Göcenöğlu, G. (2016). "BIT Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri İçin Ne Sunar?", <https://hburturkiye.com/blog/bilgi-ve-iletisim-teknolojileri-surdurulebilir-kalkinma-hedefleri-icin-ne-sunar>, (Erişim Tarihi:19.07.2021).
- Griliches, Z. (1987). "Productivity: Measurement Problems", The New Palgrave: A Dictionary of Economics, Editor: J. Eatwell, M. Milgateand P. Newman, Palgrave MacMillan, Basingstoke.
- Gust, C. ve Marquez, J. (2004). "International Comparisons of Productivity Growth: The Role of Information Technology and Regulatory Practices", *Labour Economics*, 11(1), 33-58.
- Güner, A. (2018). "Endüstri 4.0 Ekseninde İşletmelerde Yüksek Potansiyelli Verimliliğin Sağlanmasında İnsan Kaynakları Yönetiminin Rolü", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Haykin, S. (2008). "Neural Networks and Learning Machines", Pearson Education, New Jersey.
- Henriette, E., Feki, M. ve Boughzala, I. (2016). "Digital Transformation Challenges", *MCIS 2016 Proceedings*,1-8.
- ITU (International Telecommunication Union), (2021). "World Telecommunication/ICT Indicators Database", <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>, (Erişim Tarihi: Ağustos,2021).
- İnan, M. (2018). "Kamu Ekonomisi ve Dışsalılıkların İçselleştirilmesi", *Harran Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2(2), 76-107.
- Jovanović, M., Dlačić, J. ve Okanović, M. (2018). "Digitalization and Society's Sustainable Development-Measures and Implications", *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci :časopis za ekonomsku teoriju i praksu*, 36, 905-928.
- Kaelbling, L.P., Littman, M.L. ve Moore, A.W. (1996). "Reinforcement Learning: A Survey", *Journal of Artificial Intelligence Research*, 4, 237-285.
- Kamu BİT Yatırımları (KBİTY) Raporu, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/06/2021-Yili-Kamu-BIT-Raporu.pdf>, (Erişim Tarihi: 16.07.2021).
- Kepil, K.S. (2010). "İnsan Kaynakları Yönetimi", http://dso.org.tr/userFiles/File/insan_kay_yon_.pdf, (Erişim Tarihi: 19.07.2021).
- Khotamov, I.S. (2019). "World Tendencies and Development of the Digital Economy in Uzbekistan", *Архивнаучныхисследований*, 1(1), 1-5.
- Krugman, P. (1994). "The Age of Diminished Expectations", The MIT Press Cambridge Massachusetts, London.
- Layton, R. A. (2009). "On Economic Growth, Marketing Systems, and the Quality of Life", *Journal of Macromarketing*, 29(4), 349-362.
- Lee, J.W., Song, E. ve Kwak, D.W. (2020). "Aging Labor, ICT Capital, and Productivity in Japan and Korea", *Journal of the Japanese and International Economies*, 58, 101095.
- Liu, S.M. ve Yuan, Q. (2015). "The Evolution of Information and Communication Technology in Public Administration", *Public Administration and Development*, 35, 140-151.
- Luo, Y. ve Bu, J. (2016). "How Valuable is Information and Communication Technology? A Study of Emerging Economy Enterprises", *Journal of World Business*, 51(2), 200-211.
- Maheswar, R. ve Kanagachidambaresan, G. R. (2020). "Sustainable Development Through Internet of Things", *Wireless Network*, 26, 2305-2306.
- Mckinsey Global Institute. (2017). "Report, Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation," <https://www.mckinsey.com> (Erişim Tarihi: 4.09.2021).
- Mete, M.H. (2010). "İmalat Sanayi İşletmelerinde Verimlilik Yönetimi ve Karşılaştırılmalı Bir Alan Araştırması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Mittelstaedt, J.D., Shultz, C.J., Kilbourne, W.E. ve Peterson, M. (2014). "Sustainability as Megatrend: Two Schools of Macromarketing Thought", *Journal of Macromarketing*, 34 (3) 253-264.
- Mlitz, K. (2021). "Global ICT Market Share by Country 2013-2021", <https://www.statista.com/statistics/263801/global-market-share-held-by-selected-countries-in-the-ict-market/>, (Erişim Tarihi: 8.09.2021).
- Mofleh, S., Wanous, M. ve Strachan, P. (2008). "Developing Countries and Ict Initiatives: Lessons Learnt from Jordan's Experience", *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, 34(5),1-17.
- Müller, A.C. ve Guido, S. (2016). "Introduction to Machine Learning with Python: A Guide for Data Scientists", O'Reilly Media, Sebastopol.
- Nizetic, S., Solic, P., Artaza, D. L. I. G. ve Patrono, L. (2020). "Internet of Things (IoT): Opportunities, is Sues and Challenge Stowards a Smart and Sustainable Future", *Journal of Cleaner Production*, 274, 1-32.
- OECD, (2021). "Productivity", https://www.oecd-ilibrary.org/economics/productivity/indicator-group/english_0bb009ec-en, (Erişim Tarihi: 30.07.2021).
- Öztemel, E. (2012). "Yapay Sinir Ağları", Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Prokopenko, J. (1998). "Verimlilik Yönetimi", (Çev: Olcay Baykal, Nevda Atalay ve Erdemir Fidan), Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 476, Ankara.
- Russel, R.R. (2019). "Neural Networks for Beginners: An Easy Text Book for Machine Learning Fundamentals to Guide You Implementing Neural Networks with Python and Deep Learning, (Artificial Intelligence)", Zanshin Honya Ltd, Brentford.
- Sabbagh, K., Friedrich, R., Darwiche, B., Singh, M. ve Ganediwalla, S. (2015). "Maximizing the Impact of Digitization, the Global Information Technology Report 2012", World Economic Forum.
- Samargandi, N. (2018). "Determinants of Labor Productivity in MENA Countries", *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(5), 1063-1081.
- Schwertner, K. (2017). "Digital Transformation of Business", *Trakia Journal of Sciences*, 15(1),388-393.
- Serin, D. (2015). "Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Verimlilik Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği", Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Silva, I.N., Spatti, D.H., Flauzino, R.A., Liboni, L.H.B. ve Reis Alves, S.F. (2016). "Artificial Neural Networks: A Practical Course, Springer, Berlin.
- Solow, R.M. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Suiçmez, H. (2002a), "Türkiye Ekonomisinin Verimlilik Performansı", <https://content.csbs.utah.edu/~ehrbbar/erc2002/pdf/P445.pdf>, (Erişim Tarihi: 19.07.2021).
- Suiçmez, H. (2002b), "Verimlilik ve Etkinlik Terimleri (Tarihsel Bakış)", *Mülkiye Dergisi*, 26(234), 169-183.
- Swingler, K. (2001). *Applying Neural Networks: A Practical Guide*, (3. Printing), Kaufman.
- Şaf, M.Y. (2015). "BİT Sektörünün Makroekonomik Etkileri: Uluslararası Karşılaştırma ve Türkiye Değerlendirmesi", T.C. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No: 2918, Ankara.
- Şoltan, T. (2009). "Enerji Tüketimi ile GSYİH Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Granger, Toda-Yamamoto ve ARDL Testleri ile İncelenmesi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Talas, C. (1997). "Toplumsal Ekonomi Çalışma Ekonomisi", İmge Kitabevi, Ankara.
- Tayyar, A. E. (2021). "BİT ve Enerji: Teledensite Enerji Yoğunluğunu Azaltıyor mu? Türkiye'den Kanıtlar", *6. İKSAD International Congress on Social Sciences*, 4, 281-294.
- Terzioğlu, M. K., Bulut, M. ve Erkut, E. N. (2018). "Göç: Girişimcilik ve Bilgi Teknolojilerinin Etkisi", *IV. International Conference on Applied Economics and Finance & Extended With Social Sciences (ICOAEF'18)*, Kuşadası, Turkey, 1227-1240.
- Terzioğlu, M. K., Yücel, M. A., Demirkıran, S. ve Acaroğlu, D. (2020). "Kentsel İnovasyonun Kentleşme Üzerine Mekânsal Etkisi", *İdealkent*, 11(30), 592-620.
- Tüzel, B. G. (2018). "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve Toplam Faktör Verimliliği", Miki Matbacılık, Ankara.
- Ünsal, M. E. (2017). "Eğitim, Sağlık ve Ar-Ge Harcamalarının İşgücü Verimliliği Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Panel Regresyon Analizi", *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 17-28.
- Varlamova, J. ve Larionova, N. (2020). "Labor Productivity in the Digital Era: A Spatial-Temporal Analysis", *International Journal of Technology*, 11(6), 1191-1200.

- Walkowiak, E. (2021). "Neurodiversity of the Work Force and Digital Transformation: The Case of Inclusion of Autistic Workers at the Workplace", *Technological Forecasting & Social Change*, 168, 120739.
- WB (World Bank), (2021). World Bank nationalaccounts Data, and OECD NationalAccounts data files, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>, (Erişim Tarihi: Ağustos,2021).
- Wu, B., Tian, F., Zhang, M., Zeng, H. ve Zeng, Y. (2020). "Cloud Services with Big Data Provide a Solution for Monitoring and Tracking Sustainable Development Goals", *Geography and Sustainability*, 25-32.
- Yakut, E. (2020). "Veri Madenciliği ve Yapay Sinir Ağları: İşletmelerde Finansal Başarısızlık Tahminlemesi", Akademisyen Kitapevi, Ankara.
- YASED (Uluslararası Yatırımcılar Derneği). (2012). "2023 Hedefleri Yolunda Bilgi ve İletişim Teknolojileri", <https://www2.deloitte.com/tr/tr/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/2023-hedefleri-yolundabilgiveletimteknolojilerideloittetuerkiye.html>, (Erişim Tarihi: 17.07.2021).
- Yıldız, S. (2017). "Sürdürülebilir Kalkınma İçin Karbon Vergisi", *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, 10(3), 367-384.
- Yılmaz, Y. (2021). "Dijital Ekonomiye Geçiş Süreci, Ölçümü ve Dijitalleşme Verimlilik İlişkisi", *İstanbul İktisat Dergisi*, 71, 283-316.
- Yiğitcanlar, T. ve Cugurullo, F. (2020). "The Sustainability of Artificial Intelligence: An Urbanistic Viewpoint from the Lens of Smart and Sustainable Cities", *Sustainability*, 1-24.
- Zheng, L., Batuo, M.E. ve Shepherd, D. (2017). "The Impact of Regional and Institutional Factors on Labor Productive Performance: Evidence from the Township and Village Enterprise Sector in China", *World Development*, 96, 591-598.
- Ziyadin, S.T., Shaikh, A. ve Ismail, G.Zh. (2019), "Digital Transformation of Public Administration: Proactive Customer Support", *The Journal of Economic Research & Business Administration*, 4(130), 127.