



## Araştırma Makalesi • Research Article

### Kamu Sağlık Harcamaları-İşgücü Verimliliği İlişkisi: Sinirsel Bulanık Yaklaşım

#### *The Relationship Between Government Health Expenditure and Labor Productivity: Neuro Fuzzy Approach*

Atakan Durmaz <sup>a,\*</sup>, Hakan Pabuççu <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Doç. Dr., Samsun Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Ekonomi ve Finans Bölümü, Samsun/Türkiye  
ORCID: 0000-0003-0374-9757

<sup>b</sup> Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Bayburt/Türkiye  
ORCID: 0000-0003-2267-5175

#### MAKALE BİLGİSİ

##### Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 10 Ekim 2019  
Düzeltilme tarihi: 20 Nisan 2020  
Kabul tarihi: 28 Nisan 2020

##### Anahtar Kelimeler:

Sağlık harcamaları  
İşgücü verimliliği  
ANFIS

#### ÖZ

İşgücü verimliliği kavramı iktisat literatüründe çok önemli bir yere sahiptir. Bu sebeple işgücü verimliliğinin belirleyicileri ve etkileri üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada ise genel olarak kabul görmüş belirleyici değişkenlerin etkileri araştırılmıştır. Çalışmada G20 ülkeleri için 1997-2018 dönemini kapsayan veri seti kullanılmış ve yapay sinir ağı-bulanık mantık hibrit modellerinden olan ANFIS ile ilgili belirleyici değişkenlerin uzun dönemli etkileri tartışılmıştır. ANFIS model öğrenme ve güçlü karar verme yeteneğine sahip olan ve değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin tespitinde sıklıkla kullanılan güçlü bir yöntem olması nedeniyle seçilmiştir. ANFIS modelin tespit edilen ilişkilere ait eşitlikler sunmaması sebebiyle, modelin ürettiği iki ve üç boyutlu grafikler vasıtasıyla belirleyicilerin uzun dönemli etkileri tespit edilmiş ve yorumlanmıştır.

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 10 October 2019  
Received in revised form 20 April 2020  
Accepted 28 April 2020

##### Keywords:

Health expenditure  
Labor productivity  
ANFIS

#### ABSTRACT

The concept of labor productivity has a very important place in economics literature. For this reason, a lot of research has been made on the determinants of labor productivity and the effects of those determinants on productivity. In this study, the effects of generally accepted determinants were investigated. In the study, the data set covering the period of 1997-2018 was used for G20 countries. The long-run effects of the related determinants were discussed by using the neuro-fuzzy model ANFIS. The ANFIS model was chosen because it is a powerful method that has the ability to learn and to make strong decisions and is often used in the determination of nonlinear relationships between variables. Since the ANFIS model does not provide equations related to the detected relationship, the long term effects of the determinants were investigated and interpreted by means of the two- and three-dimensional graphics produced by the model.

## 1. Giriş

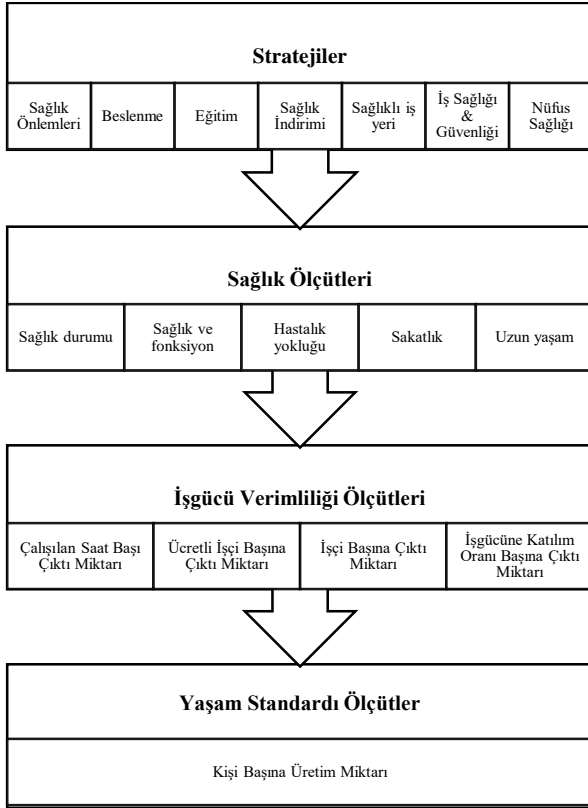
Toplumların en temel amaçlarından birisi, toplumu oluşturan bireylerin yaşam standartlarını en üst seviyelere ulaştırmaktır. Bireylerin yaşam standartlarını yükseltmeye yönelik tüketim faaliyetleri ise başta ücret ve kar olmak üzere üretim faktörlerinin getirileri ile doğrudan ilgilidir. Özellikle üretim faktörlerinin getirilerinden ücretler ve karlar, bir ekonomide üretilen mal ve hizmetlerin değerini ve bunları üretmek için kullanılan faktör girdilerinin

verimliliğini yansıtmaktadır. Bu noktadan hareketle yaşam standardı, gelir ve verimlilik kavramları arasında bir ilişkinin olduğunu söylemek mümkündür. Yapılan araştırmalar, özellikle işgücü verimliliği ile reel ücretler arasındaki ilişkinin oldukça yüksek olduğunu ve bir ülkenin yaşam standartlarının iyileşmesi için verimlilik artış hızının oldukça önemli olduğunu göstermektedir (Harris, 1999). Bu durum başta iktisat alanında olmak üzere pek çok alanda verimlilik artışı ve bu artışa neden olan etkenlerin belirlenmesine yönelik araştırmaların artmasına neden olmuştur. Bu

\* Sorumlu yazar/Corresponding author.  
e-posta: atakan.durmaz@samsun.edu.tr

noktada iktisat literatüründeki çalışmalar genel olarak, işgücü verimliliğinin temel belirleyicileri olarak eğitim, tecrübe ve beceriyi görmüşler ve bu etkenler üzerine odaklanmışlardır. Ancak son dönemlerde yapılan çalışmalar, bu etkenlerin yanı sıra sağlığın da verimliliği etkileyen önemli bir faktör olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu gelişmeler son 20 yılda sağlık ve verimlilik arasında hem makro hem de mikro anlamda ilişkileri kapsayan geniş bir literatürün oluşmasına zemin hazırlamıştır.

**Şekil 1.** Sağlık-Verimlilik İlişkisinin Kavramsal Çerçevesi



Kaynak: Tompa (2002)

Şekil 1, literatürdeki çalışmalardan hareketle sağlık-verimlilik ilişkisini yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Şekil 1'de, konuyla ilgili kamu ve özel sektör paydaşlarının bireylerin ve toplumların sağlığını geliştirmek için kullandıkları bir dizi stratejiler ve bu stratejilerin etkinliğini değerlendirmek için çeşitli sağlık ölçütleri sıralanmaktadır. Stratejilerden bazıları, insan sermayesinin iyileştirilmesi ve buna bağlı olarak verimliliğin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Diğerleri ise, sağlık koşullarının belli bir amaç doğrultusunda iyileşmesine yardımcı olmaktadır. Daha geleneksel stratejilerden olan temizlik, beslenme ve eğitim stratejileri her ne kadar nüfusun genel sağlığını hedef alan toplumsal müdahaleler olsa da, işgücünün sağlığı ve üretkenliği üzerinde de etkileri söz konusudur. Bir başka geleneksel kamu sektörü müdahalesi olan iş sağlığı ve güvenliği ise, çalışılan kurum odaklıdır. Genel olarak, kazaların ve işle ilgili yaralanma, hastalık ve sakatlıkların azaltılmasına odaklanmaktadır. Sağlığı ve sağlıklı işyerini geliştirme stratejileri, 1970'lerden bu yana kurumsal düzeydeki müdahalelerin sağlıklı yaşam tarzlarını teşvik etmenin, stresi azaltmanın, çalışan sağlığını iyileştirmenin ve hastalığı azaltmanın etkili bir yolu olabileceği düşüncelerinin artmasıyla birlikte ortaya çıkan firma düzeyinde girişimlerdir (Polanyi vd., 2000). Son olarak, nüfus sağlığı, sağlığın belirleyicilerinin çok faktörlü -

biyolojik, sosyal ve ekonomik - olduğu ve sağlık politikasının geniş, çok sektörlü bir yaklaşım izlemesi gerektiğinin kabulüne dayanan yeni bir stratejidir (Frank, 1995).

Şekil 1 ayrıca, işgücünün sağlığındaki iyileşmelerden etkilenebilecek çeşitli işgücü verimliliği ve yaşam standardı önlemlerini de listelemektedir. Bireysel düzeyde, sağlık, genel çıktıyı (örneğin, arttırılmış fiziksel enerji ve zihinsel keskinlik yoluyla), yıllık çıktıyı (örneğin, hastalığın devam etmemesiyle) ve kariyer çıktısını (örneğin, azalan ölüm oranı veya artan uzun ömürlülükle) artırabilir. Toplam düzeyde, çıktıdaki bu bireysel artışlar, işgücü verimliliğindeki (çalışılan saat başına çıktı, işçi başına çıktı) ve/veya yaşam standardındaki (kişi başına GSYH) artışlara neden olabilmektedir.

İlgili yaklaşımlardan yola çıkılarak yapılan bu çalışmada, kamu sağlık harcamaları ile işgücü verimliliği arasındaki ilişki G20 ülkeler için 1997-2018 dönemini kapsayan veri seti çerçevesinde incelenmiştir. Bu doğrultuda hazırlanan çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde, konuya ilişkin literatür araştırması yer alırken, üçüncü bölümde, araştırma özelinde kullanılan veri seti ve yöntem açıklanmakta, dördüncü bölümde bulgular tartışılmaktadır. Beşinci ve son bölüm ise, sonuç ve değerlendirme kısmından oluşmaktadır.

## 2. Literatür Taraması

Literatürde, beşeri sermaye-ekonomik büyüme çerçevesinde ele alınan sağlık-verimlilik ilişkisi üzerine yapılan en önemli çalışmalar arasında Grossman (1972) ve Grossman (2000) sayılabilir. Beşeri sermaye teorisi, bir kişinin bilgi ve sağlık stokundaki bir artışın hem piyasa hem de piyasa dışı faaliyetlerde verimliliğini artırdığı fikrine dayanmaktadır. Sağlık sermayesi, bireylerin mevcut toplam sağlıklı zaman miktarını belirlerken, bilgi sermayesi ise harcanan zamanın verimliliğini etkilemektedir. Diğer sermaye gruplarında olduğu gibi, sağlığın da zaman içinde amortismanı uğrayacağı ve yaşla birlikte artan bir oranda olacağı varsayılır. Sonuç olarak, egzersiz, beslenme ve sağlık gibi girdileri içeren hane halkı üretim faaliyetleri aracılığıyla sağlık stoklarını iyileştirmek ve/veya korumak için yatırım yapılması gerekmektedir. Grossman modelinde sağlık sermayesi, bu faaliyetler üzerindeki etkisiyle diğer beşeri sermaye biçimlerinden farklıdır. Grossman'ın çalışmaları genel olarak sağlık talebi modelidir. Çalışmalarda, bireysel düzeyde sağlık, beşeri sermaye ve tüketim arasındaki ilişkinin yanı sıra, beşeri sermaye birikimini ve bunun mikro ve makro düzeylerde verimlilikle ilişkisini modellemeye yönelik bir çerçeve sunulmaktadır. Bu modelin ana katkısı, beşeri sermayenin, sağlık ve eğitimin iki önemli yönünü ve bunların işgücü arzı, kazançlar ve üretkenlik ile ilişkisini modelleme konusunda fikir vermesidir. Model, Becker (1965)'in hane halkı üretim kavramına dayanmaktadır. Buna göre, fayda yalnızca doğrudan piyasa mallarından ve hizmetlerinden değil, aynı zamanda piyasa mallarından ve hizmetlerinden elde edilen nihai tüketim mallarından birinin kendi zamanına bağlı olarak da elde edilebilir. Bazı hane halkı üretim süreçleri doğrudan fayda sağlarken (örneğin boş zaman üretimi), bazıları ise dolaylı olarak fayda sağlayan eğitimsel gelişim ya da işgücüne katılım gibi diğer süreçlere girdidir. Grossman modeline göre, sağlık veya sağlıklı zaman kullanımı yalnızca doğrudan değil dolaylı olarak da

fayda sağlamaktadır. Çünkü yukarıda açıklandığı gibi birçok üretim sürecine önemli bir girdidir. Buna göre sağlık, hem nihai tüketim malı hem de sermaye malı niteliğindedir.

Diğer taraftan literatürde, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde son birkaç yüzyıl boyunca artan yaşam beklentisi ve düşük ölüm oranlarının verimlilik üzerine olumlu etkilerine ilişkin önemli kanıtlar yer almaktadır (Costa ve Steckel, 1995; Fogel, 1991, 1994; Steckel, 2002). Yapılan çalışmalar, uzun vadeli dinamiklerin önemini vurgulamakta ve Avrupa ve Kuzey Amerika'da yaklaşık 300 yıl önce başlayan sağlık alanındaki gelişmelerin henüz seyrini tam olarak tamamlamadığına dair kanıtlar sunmaktadır. Fogel (1994) çalışmasında ise, 18. ve 19. yüzyılların başlarında İngiltere ve Fransa'daki kalori alım değerleri üzerinden değerlendirilen nüfus sağlığının işgücü verimliliği üzerindeki tarihsel etkisi incelenmiştir. Yapılan araştırmaya göre, Fransa'da tüketiminin en alt yüzde 10'unda yer alan bireylerin günlük kalori alımının iş için yeterli enerjiye sahip olamayacakları kadar düşük olduğu ve bir sonraki yüzde 10'dakilerin ise yalnızca üç saatlik hafif çalışma için yeterli enerjiye sahip oldukları ortaya konulmuştur (0.52 saat ağır iş). Çalışmada İngiltere'ye ilişkin sonuçlar ise biraz daha iyidir. Buna göre, İngiltere'de sadece tüketiminin en alt yüzde 3'ünün altındaki bireyler iş için yeterli enerjiden yoksunken, sonraki yüzde 17'ndeki kişiler yaklaşık altı saatlik hafif çalışma (1,09 saatlik ağır iş) enerjisine sahiptir. Çalışmada, ülkelerin tüketiminde en alt sınırdaki yüzde 20'lik kesimlerinin işgücüne dâhil olamayacak kadar zayıf bir diyetle sahip oldukları belirtilirken, ayrıca, ilk yüzde 40'takilerin de birçoğunun, ortalama boy ve kiloda mevcut Kuzey Amerika standartlarının altında kaldığı ve bu nedenle muhtemelen erken kronik rahatsızlıklara ve ölümlere maruz kaldıkları vurgulanmaktadır. Sonraki dönemlerde özellikle beslenme konusunda yaşanan gelişmeler, tüketimin yüzde 20'sindeki bireylerin enerji seviyelerini işgücüne girebilecekleri şekilde artırmıştır. Beslenmedeki bu gelişmeler aynı zamanda zaten işgücünde olanların yeteneklerini de arttırmaktadır. Fogel (1991, 1994) çalışmalarında, sağlık ve beslenme ile ilgili gelişmelerin tek başına 1790'dan bu yana kişi başına milli gelirdeki artışın yüzde 30'unu açıklayabileceğini vurgulamaktadır. Bu değer, Dünya Sağlık Örgütü'nün 1999 yılında son 50 yılın verilerini kullanarak yaptığı çapraz ülke araştırmalarında bulunan sağlığın verimlilik üzerindeki etkileriyle benzerlik taşımaktadır WHO (1999).

Fogel'in çalışmasına uygun olarak Steckel (2002) sağlığın üretkenliği etkileyebileceği fikrini destekleyen, antropomorfik önlemlerle ilgili sağlık vekilleri olarak daha yeni kanıtlar sunmaktadır. Yapılan çalışmada, kişi başına düşen ortalama yükseklik ile GSYİH arasındaki basit korelasyonun 0.82 ile 0.88 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışmada Amerikalıların ortalama yüksekliğinin Kuzey Avrupalıların gerisinde kaldığını ve bu eğilimin ABD'deki artan gelir eşitsizliğini yansıttığı vurgulanmaktadır.

Verimlilik üzerine yapılan son makroekonomik araştırmalarda, beşeri sermayenin önemini vurgulanmaktadır. Özellikle Solow (1956) tarafından geliştirilen neo-klasik büyüme modelinin yerine alan içsel büyüme modelleriyle birlikte, eğitim ve sağlık etkenlerinin şekillendirdiği beşeri sermayenin de fiziksel sermaye gibi dayanıklı, uzun ömürlü ve birikime tabi olduğu görüşü yaygınlaşmaya başlamıştır (Lucas, 1988; Romer, 1986).

İçsel büyüme modellerinde sağlığın verimlilik üzerindeki etkileri iki yönden irdelenmektedir. Birincisi, sağlığın üretim sürecine doğrudan etkisi- sağlık alanında yaşanan gelişmeler iş göremezliğin, sakatlığın ve/veya hastalıklı gün sayısının azalmasına sağlayacağı katkılar yoluyla verimliliği arttırabilmektedir. İkincisi ise, sağlık alanında yaşanan gelişmelerin yayılma etkisidir. Literatürdeki çalışmalar bu durumu, yetişkinlerin sağlık koşullarında yaşanacak bir gelişmenin kişisel bakım zamanını ve maliyetlerini azaltacağını bunun da çalışanlar üzerindeki maliyet baskını azaltarak daha verimli çalışabilecekleri şeklinde değerlendirmektedirler.

Buna karşın sağlık etkenlerinin verimlilik üzerine etkilerini araştıran ampirik çalışmaların bir çoğu gelişmekte olan ülkelere yoğunlaşmıştır (Bhargava vd., 2001; Hicks, 1979; Lacheheb vd., 2014; Nyamwange, 2012; Wheeler, 1980). Diğer taraftan, gelişmiş ülkeleri konu alan çalışmalarda ise geniş ülke ağlarının kullanıldığı çalışmaların (Barro, 1995; Bloom vd., 2001; Dormont vd., 2008; Hayaloğlu ve Bal, 2015; Knowles ve Owen, 1995, 1997; Öztürk ve Topçu, 2014) yanı sıra, yalnızca OECD ülkeleri üzerine odaklanan çalışmalar da söz konusudur (Çetin ve Ecevit, 2010; Cima ve Almedia, 2018; Knowles ve Owen, 1995, 1997, Rivera ve Currais, 1999a, 1999b; Ünsal, 2017).

Bu çalışmalar, genellikle hem makul bir zaman dilimini hem de bir dizi ülkeyi kapsayan daha rafine ve kapsamlı değişkenlere ilişkin veri bulunmamasından dolayı, oldukça temel sağlık ölçütlerini kullanmışlardır. Çalışmaların çoğu, sağlık değişkeni olarak kişi başına düşen sağlık harcamaları, doğumda yaşam beklentisi veya ölüm oranlarını (doğumdaki yaşam beklentisi, bebek ölüm oranları, yetişkinlerin sağ kalım oranları) gibi değişkenleri kullanmaktadır (Gong vv., 2012; Maitra ve Mukhopadhyay, 2012; Rivera, 1999a, 1999b; Van Zon ve Muysken, 2001). Bu farklılıklar yapılan çalışmalarda elde edilen sağlık katsayılarının karşılaştırılmasında sorun yaşanmasına neden olmaktadır. Benzer farklılık verimlilik değişkeninde de söz konusudur. Bazı çalışmalar işgücü verimliliğindeki artışı bağımlı değişken olarak kullanırken, diğerleri toplam faktör verimliliğinin büyümesini kullanmaktadırlar (Klenow ve Rodriguez-Clare, 1997; Prescott, 1998; Schultz, 2005; Wei ve Hao, 2011; Wu, 2017; Young, 1994, 1995).

Konuya ilişkin ulusal literatüre bakıldığında, beşeri sermaye-işgücü verimliliği ilişkisinin genel olarak ekonomik büyüme değişkenleri üzerinden araştırıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda, verimlilik ölçüsü olarak ekonomik büyüme ya da kişi başına düşen milli gelir kullanılırken, sağlık değişkeni olarak da sağlık harcamaları ya da sağlık harcamalarının GSYH'deki payı kullanılmaktadır (Ak, 2012; Akın, 2007; Akıncı ve Tuncer 2016; Çalışkan vd., 2013, 2018; Sülkü ve Caner, 2011; Topalli, 2015).

### 3. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı, işgücü verimliliğini etkileyen değişkenlerden birisi olan sağlık harcamalarının G20 ülkeleri özelinde işgücü verimliliği üzerindeki uzun dönemli etkisinin araştırılmasıdır. Çalışmada G20 ülkeleri için 1997-2018 dönemini kapsayan veri seti kullanılmış ve sinir ağı-bulanık mantık hibrit modellerinden olan ANFIS ile ilgili göstergelerin etkileri tartışılmıştır. Sağlık harcamalarının GSYİH içindeki payı, ticari açıklık ve GSYİH büyüme oranı

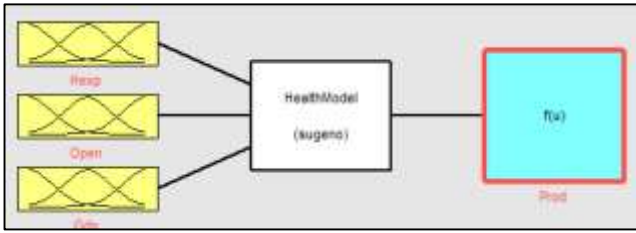
girdi değişkenler olarak işgücü verimliliği ise çıktı değişkeni olarak kullanılmıştır. Eşitlik 1’de tahmin edilen model yer almaktadır.

$$Prod_t = f(Hexp_t, Gdp_t, Open_t) \quad (1)$$

Burada; *Prod* işgücü verimliliğini, *Hexp* sağlık harcamalarını, *Gdp* gayri safi yurtiçi hasılayı ve *Open* ticari açıklığı ifade etmektedir.

ANFIS model öğrenme ve güçlü karar verme yeteneğine sahip olan ve değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin tespitinde sıklıkla kullanılan güçlü bir yöntem olması nedeniyle seçilmiştir. Kullanılan ANFIS mimarisi Şekil 2’de görülmektedir.

Şekil 2. ANFIS Mimarisi



ANFIS Jang (1993) tarafından geliştirilen, adaptif ağlarla bulanık “eğer o-halde” kurallarının birleştirilmesinden oluşan çok katmanlı bir yapıdır. Modelde Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sisteminde parametreleri öğrenmek ve ayarlamak için hibrit öğrenme algoritması kullanılır. Beş katmandan oluşan ANFIS modelin ilk katmanında bulanıklaştırma süreci işler, ikinci katmanda bulanık kuralın öncül kısmı hesaplanır, üçüncü katmanda üyelik fonksiyonları normalleştirilir, dördüncü katmanda bulanık kuralların sonuç kısmı hesaplanır ve son katmanda ise önceki dört katmanın çıktılarının toplamı hesaplanarak bulanık sistemin çıktıları hesaplanır (Barak vd., 2015). İki girdisi ve iki kuralı olan ANFIS yapısı için ileriye doğru hesaplamalar şu şekildedir:

$$W_i = \mu_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y), i = 1, 2 \quad (2)$$

$$\tilde{w}_i = \frac{w_i}{w_1+w_2}, i = 1, 2 \quad (3)$$

$$\begin{cases} f_1 = p_1x + q_1y + r_1 \\ f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \end{cases} \Rightarrow f = \frac{w_1f_1+w_2f_2}{w_1+w_2} = \tilde{w}_1f_1 + \tilde{w}_2f_2 \quad (4)$$

Burada *x* ve *y* *i*. düğümün girdileri, *A<sub>i</sub>* ve *B<sub>i</sub>* girdiler için sembolize edilmiş dilsel ifadeler *w<sub>i</sub>* üçüncü katmanın çıktısı ve *p<sub>i</sub>*, *q<sub>i</sub>*, *r<sub>i</sub>* ise parametrelerdir.

Kullanılan üyelik fonksiyonu sayısına göre 5 fonksiyon için {çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek} 4 fonksiyon için ise {düşük, orta, yüksek, çok yüksek} ifade kümeleri kullanılmıştır.

ANFIS model tahmin edilirken iki aşamalı bir yol izlenir. İlk aşamada bulanık çıkarım sistemi yapı ve parametreleri tanımlanır. Veri seti iki veya üç parçaya bölünür. İkinci aşamada ise yapay sinir ağlarına benzer şekilde ağın

eğitilerek genelleştirebilme yeteneği test verisi üzerinden sınanır (Pabuçcu, 2015). ANFIS model ile ilgili olarak daha ayrıntılı bilgiye aşağıdaki kaynaklardan<sup>1</sup> ulaşılabilir.

#### 4. Bulgular

ANFIS model kullanılarak belirlenecek olan değişkenler arası ilişkiler model parametreleri ile doğrudan ilişkilidir. Pi üyelik fonksiyonu kullanılarak belirlenen ilişkilerle Gauss üyelik fonksiyonu ile belirlenen ilişkiler farklılık gösterecektir. Dolayısı ile iki boyutlu ilişki grafikleri veya üç boyutlu kontrol grafikleri de farklı olacaktır. Burada önemli olan en yüksek tahmin performansına sahip parametre kümesinin belirlenmesidir. Tahmin performansı en yüksek model belirlenirken RMSE ve MAPE hata istatistikleri kullanılmış ve en düşük hata oranına sahip model belirlenmiştir. Model tahmin edilirken kullanılan parametreler ve düzeyleri Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Parametre Ayarları

Parametre	Kullanılan düzey
Girdi üyelik fonksiyonu	Üçgen, Yamuk, Gauss, Pi,
İterasyon (ep)	50, 100, ..., 1000
Üyelik fonksiyon sayısı	Her bir girdi için 1-5 Aralığı
Çıktı üyelik fonksiyonu tipi	Sabit ve lineer

Modelin başarısı ilgili parametrelerin iyi tanımlanmış olmasına bağlıdır. Eğitim esnasında iyi sonuçlar üreten ancak test veri setinde başarılı olamayan tahminlerin varlığı iyi tanımlanmamış modeller ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada çıktı fonksiyonunun lineer olarak belirlenmesi eğitim hatalarını neredeyse sıfıra eşitlemiş ancak daha önce görülmemiş örnek kümeleri üzerinde çok yüksek hatalı tahminlere sebep olmuştur bir başka ifade ile ağır ilişkileri ezberlemesine dolayısı ile de genelleştirme yeteneğinin ortadan kalkmasına neden olmuştur. Ağın ilişkileri ezberlemesine neden olacak bir diğer durum ise veri setinin uygun oranlarda eğitim, test veya doğrulama setinin ayrılmamış olmasıdır. Yeterli oranlarda gözlem ilgili setlere ayrılmaz ise ağ yine ilişkileri ezberleyecek ve genelleştirme yapamayacaktır. Bu sebeple çalışmada farklı düzeylerde ayrımlar yapılmıştır. Eğitim seti %66 ile %80 aralığında test seti ise %34 ile %20 aralığında ayrılmış ve ağır eğitimi yapılmıştır. En düşük hata oranları ile eğitim %75 ve %25 düzeylerinde tespit edilmiştir. Ağın başarısının en önemli ölçütlerinden bir tanesi daha önce görülmeyen örnekler üzerinde ağır gösterdiği tahminlerin hata düzeyleridir. Tablo 2 tahmin edilen modelin parametre kümesine ilişkin istatistikler içermektedir.

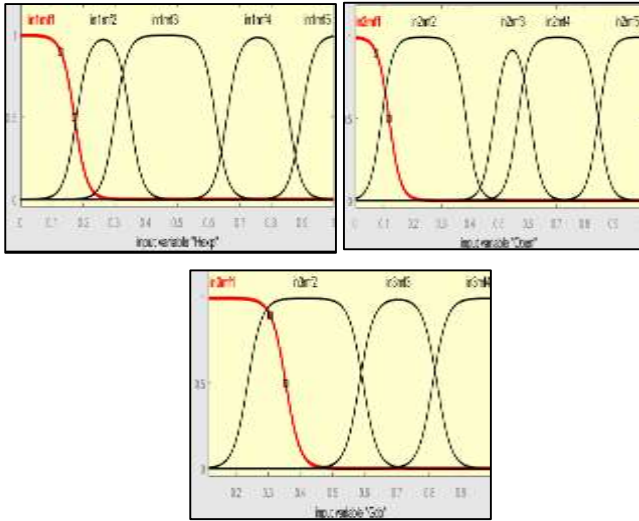
<sup>1</sup>Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference system. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 23(3), 665–685. <http://doi.org/10.1109/21.256541>

ii. Pabuçcu, H. (2015). Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi Tabanlı Alternatif Bir Kredi Derecelendirme Yönteminin Geliştirilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi SBE- Yayınlanmamış Doktora Tezi.

**Tablo 2.** Tahmin modeli yapı ve parametreleri

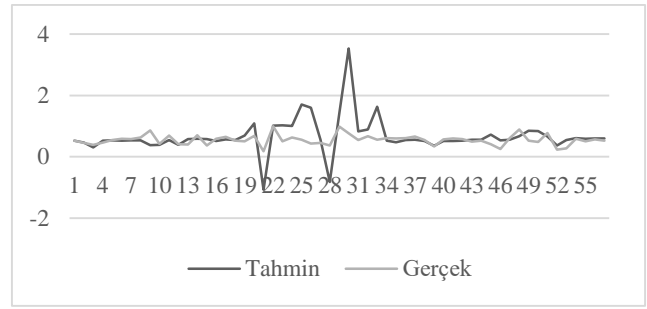
Ağ türü	ANFIS (Sugeno type)
Katman sayısı	6
Yineleme sayısı	100
Girdi üyelik fonksiyonu tipi	Gauss üyelik fonksiyonu
Çıktı fonksiyonu	Constant (sabit)
Üyelik fonksiyonu sayısı	5-5-4
Bulanık kural sayısı	100
Optimizasyon algoritması	Hybrid(Geriyaılımve EKK)
“çarpım” yöntemi	Prod(cebirsal çarpım)
“toplama” yöntemi	Probor (cebirsal toplam)
Durulaştırma yöntemi	wtaver(ağırlıklı ortalama)
RMSE (Eğitim)	0,038
RMSE (Test)	0,149
MAPE (Eğitim)	0,040
MAPE (Test)	0,297
R <sup>2</sup>	0,748

Tablo 1’deki parametre ayarları kullanılarak çok sayıda model denemesi (farklı üyelik fonksiyonları ve farklı sayıda üyelik fonksiyonu) yapılmış ve Tablo 2’de sunulan parametrelere sahip ANFIS model mimarisi oluşturulmuştur. Ayrıca daha önce de değinildiği üzere doğru parametre seçimi sadece ilişkileri doğru bir şekilde tespit edebilir. Şekil 3’de her değişken için kullanılan üyelik fonksiyonu tipi ve sayısı sunulmaktadır. 5-5-4 şeklinde bir sıralama görülmektedir. Üyelik fonksiyonu olarak ise Gauss fonksiyonu kullanılmıştır.

**Şekil 3.** Değişkenlere ait üyelik fonksiyonları

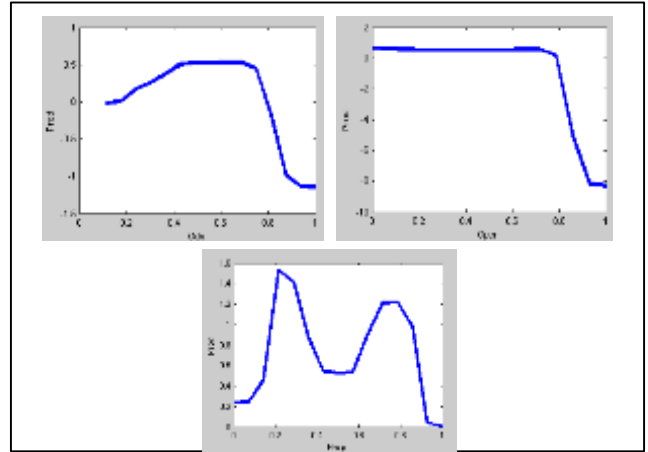
Girdi değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması bulanık “eğer o-halde” kurallarının öğrenilmesi aşamasında belirlenmektedir. Eğitim veri kümesinde girdi ve çıktılar arasında öğrenilen ilişkiler test veri seti için genelleştirilmektedir. Üç değişkenin üyelik fonksiyonlarına ait sınır değerlerin farklı olduğu görülmektedir.

Tahminlerin başarısını gösteren en önemli istatistiklerden bir tanesi de hatalardır. Hataların hesaplanmasında tahmin değerleri ve gerçek değerler kullanılmaktadır. Grafik 1’de tahmin ve gerçek değerlerin hangi düzeyde örtüştüğü görülmektedir. Üç gözlem noktasına ait önemli sayılabilecek sapmalar olduğu görülmektedir. Bu sapmaların girdi değişkenlerine ait verilerde ilgili örneklem noktalarında aşırı artış veya azalışların olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Veri seti incelendiğinde ilgili örneklem noktalarında Gdp değişkeninde bu dalgalanmanın olduğu görülmektedir.

**Şekil 4.** Tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması

ANFIS model çıktılarının yorumlanması hata istatistikleri ve grafikler yardımıyla yapılmaktadır. Dolayısı ile Şekil 5 değişkenler arasında tespit edilen ilişkileri gösteren iki boyutlu grafiklerdir. Daha önce de belirtildiği üzere kullanılan veri setinden hareketle tespit edilen ilişkiler uzun dönemli ilişkilerdir.

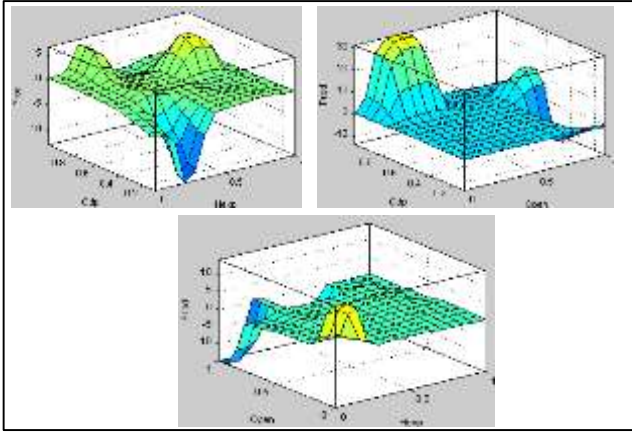
GSYH (*Gdp*) ile işgücü verimliliği (*Prod*) arasında GSYH'nin görece olarak daha düşük dönemlerinde doğru yönlü, ancak genellikle ters yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Tespit edilen ilişki modelin de doğası gereği doğrusal olmayan bir ilişkidir. Ancak doğrusal bir fonksiyonla ifade etmek gerekirse negatif eğimli bir doğru ile temsil edilebilmesi mümkün gözükmektedir.

**Şekil 5.** İki boyutlu ilişki grafikleri

Ticari açıklık ile işgücü verimliliği arasında ters yönlü ve güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Yine negatif eğimli bir doğru ile ilişkinin temsili mümkün görünmektedir. Sağlık harcamaları ile işgücü verimliliği arasındaki ilişkinin dönemsel olarak farklı etkiler gösterdiği doğru ve ters yönlü ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Ancak ilişkilerin her iki yönde de güçlü olduğunu vurgulamak gerekmektedir. Tespit edilen ilişkileri tek bir doğrusal fonksiyona indirgemek ciddi ölçüde yorum ve bilgi kaybına ve bunun yanında yanlış tahminlere sebebiyet vereceği için parçalı doğrusal fonksiyonlarla ifade etmek mümkün olabilir. Özellikle yüksek düzeyde yapılan sağlık harcamalarının verimlilik üzerinde çok ciddi olumsuz etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu karmaşık ilişkilerin tespit edilmesi ANFIS gibi doğrusal olmayan modellerle daha güvenilir ve geçerli bir şekilde tahmin edilebilir.

**Şekil 6.** Üç boyutlu kontrol grafikleri





Şekil 6 ise girdi değişken gruplarının çıktı değişkeni ile ikili kombinasyonları arasında tespit edilen ilişkileri ifade etmektedir. Bu üç boyutlu grafiklerin yorumlanması zor ve karmaşık olduğu için reel anlamda çok fazla yoruma imkân tanımamaktadır. Bu grafiklerin kullanılan üyelik fonksiyon tipi ve sayısı, çarpım ve toplam fonksiyonu gibi model parametrelerinin etkilerinin görülmesinde oldukça faydalı olmaktadır.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçilen 21. yüzyılda ülkeler ekonomik büyüme modellerinin merkezine ticarileştirilebilir bilgi seviyesi yüksek işgücünü oturtmuşlardır. Literatürde, bu durum beşeri sermaye-ekonomik büyüme çerçevesinde ele alınmaktadır. G. Becker öncülüğünde ortaya çıkan bu teoriler içsel büyüme modelleri ile önemli bir etkinlik kazanmışlardır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkide eğitim değişkenlerini ön plana çıkarmış olsa da, sağlık değişkenlerinin de beşeri sermaye düzeyi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu söylenmektedir. Nitekim, Bloom ve Canning (2000), Bloom vd. (2001), Gyimah ve Wilson (2004) gibi pek çok çalışmada sağlık değişkenleri ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. İlgili çalışmalar, işgücünün eğitim ve sağlık seviyesinde meydana gelen bir artışın hem piyasa hem de piyasa dışı faaliyetlerde verimliliği artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Buradan hareketle bu çalışmada, kamu sağlık harcamaları ile işgücü verimliliği arasındaki doğrusal olmayan uzun dönemli ilişki G20 ülkeler için 1997-2018 dönemini kapsayan veri seti çerçevesinde araştırılmıştır.

Çalışmanın önemli çıktılarından bir tanesi sağlık harcamaları ile verimlilik arasındaki ilişkinin doğrusal bir model yerine doğrusal olmayan bir modelle tespit edilmesinin daha reel sonuçlarının olmasıdır. Çünkü tüm süreç boyunca tek yönlü bir hareketin değil farklı yönlü dalgalanmaların olduğu açıktır. Bu nedenle belirsizlik ve kaotik hareketler barındıran zaman serilerinin tahmini için geleneksel yöntemler yetersiz kalabilmektedir. ANFIS model bulanık mantık vasıtasıyla belirsizliği modellemede oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, farklı sağlık harcama düzeylerinde, farklı GSYH veya ticari açıklık seviyelerinde, verimlilik üzerinde farklı etkilerinin olduğu görülmektedir. Sağlık harcamaları ile işgücü verimliliği arasındaki ilişkinin dönemsel olarak farklı etkiler gösterdiği doğru ve ters yönlü ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, belli bir seviyeye kadar kamu sağlık harcamalarının artırılması

işgücü verimliliğini de arttırırken, bu seviyeden sonra kamu sağlık harcamalarında meydana gelen artışların işgücü verimliliğini azalttığı görülmektedir. Bu durum, belli bir seviyeye kadar yapılan sağlık harcamalarının işgücünün verimliliğini arttıracak nitelikteki zorunlu harcamaları kapsadığı, bu seviyenin üzerinde yapılan harcamaların ise zorunlu harcamalardan ziyade niteliksel farklılıkları kapsayan lüks harcamalar olduğu şeklinde yorumlamak mümkündür. Benzer durum, GSYH ile işgücü verimliliği arasında da söz konusudur. GSYH'deki artış işgücü verimliliğini belli bir seviyeye kadar arttırmaktadır. Ancak GSYH'deki artış belli bir seviyeyi geçtikten sonra işgücü verimliliğinde önemli bir azalışa sebep olmaktadır. Bu durum belli bir gelir seviyesine ulaşan insanların daha az çalışıp diğer aktivitelere daha fazla zaman ayırma isteğine bağlı olarak işgücü verimliliklerinin düşmesi şeklinde yorumlanabilir. Son olarak ticari açıklık ile işgücü verimliliği arasındaki ilişkiye bakıldığında, ters yönlü ve güçlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Belli bir seviyeye kadar ticareti açıklık miktarındaki artış işgücü verimliliğini etkilememekte, belli bir seviyeden sonra ise işgücü verimliliğinin azalmasına sebep olmaktadır.

## Kaynakça

- Ak, R. (2012). The Relationship between Health Expenditures and Economic Growth: Turkish Case. *International Journal of Business Management and Economic Research*, 3(1), 404–409.
- Akın, C. S. (2007). Sağlık ve Sağlık Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye’de Sağlık Sektörü ve Harcamaları. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İktisat Anabilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*.
- Akıncı, A. & Güner, T. (2016). Türkiye’de Sağlık Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki. *Sayıştay Dergisi*, 102, 47–61.
- Barak, S., Dahooi, J. H. & Tichý, T. (2015). Wrapper ANFIS-ICA method to do stock market timing and feature selection on the basis of Japanese Candlestick. *Expert Systems with Applications*, 42(23), 9221–9235. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.08.010>
- Barro, R. & Xi, S.-M. (1995). *Empirical Economic Analysis of a Cross Section of Countries*. In Economic Growth. New York: McGraw-Hill.
- Becker, G. S. (1965). A Theory of the Allocation of Time. *The Economic Journal*, 75(299), 493. <https://doi.org/10.2307/2228949>
- Bhargava, A., Jamison, D. T., Lau, L. J. & Murray, C. J. (2001). Modeling the effects of health on economic growth. *Journal of Health Economics*, 20(3), 423–440. [https://doi.org/10.1016/S0167-6296\(01\)00073-X](https://doi.org/10.1016/S0167-6296(01)00073-X)
- Bloom, D. E. & Canning, D. (2000). The health and wealth of nations. *Science*, 287, 1207-1209.
- Bloom, D. E., Canning, D. & Sevilla, J. (2001). The Effect of Health on Economic Growth: Theory Evidence. *NBER Working Paper Working Paper No. 8587*

- Cima, J. F. & Almeida, S. A. (2018). Health Expenditure, GDP Growth and The Financial Crisis: A Panel Data Analysis for OECD European Countries (*Working Paper No. No: 602*).
- Costa, D. A. & Steckel, R. (1995). *Long-Term Trends in Health, Welfare, and Economic Growth in the United States*. Cambridge, MA.
- Çalışkan, Ş., Karabacak, M. & Meçik, O. (2013). Türkiye’de Sağlık-Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 37, 29–48.
- Çalışkan, Ş., Karabacak, M. & Meçik, O. (2018). Türkiye’de Uzun Dönemde Eğitim ve Sağlık Harcamaları ile Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33(1), 75–96.
- Çetin, M. V. & Ecevit, E. (2010). Sağlık harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. OECD ülkeleri üzerine bir panel regresyon analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(2), 166–182.
- Dormont, B. J., Martins, O., Pelgrin, F. & Suhrcke, M. (2008). Health Expenditures, Longevity and Growth. *IX Annual Conference of the Fondazione Rodolfo deBenedetti on Health, Longevity and Productivity, Limonesul 2007.*, Garda May.
- Fogel, R. (1994). *Economic Growth, Population Theory, and Physiology: The Bearing of Long-Term Processes on the Making of Economic Policy*. Cambridge, MA.
- Fogel, R. W. (1991). *The Conquest of High Mortality and Hunger in Europe and America: Timing and Mechanism*. in Lander D. Higgonet C. Rosovsky H. (Ed.), *Favorite of Fortunes: Technology, Growth and Economic Development Since the Industrial Revolution*. Cambridge: MA: Harvard University Press.
- Frank, J. W. (1995). The Determinants of Health: A New Synthesis. *Current Issues in Public Health*, 1(1), 233–240.
- Gong, L. Li H. & Wang, D. (2012). Health investment, physical capital Accumulation, and economic growth. *China Economic Review*, 23(4), 1104–1119.
- Grossman, M. (1972). *The Demand for Health*. *Journal of the Royal Statistical Society*. New York Chichester, West Sussex: Columbia University Press.
- Grossman, M. (2000). *The Human Capital Model*. In Anthony J. C. and J. P. Newhouse (Ed.), *Handbook of Health Economics*. Amsterdam: Elsevier.
- Gyimah, K. B. & Wilson, M. (2004). Health human capital and economic growth in SubSaharan African and OECD countries, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 44(2), 296-320.
- Harris, R. G. (1999). *Determinants of Canadian Productivity Growth: Issues and Prospects* (Discussion Paper No. 8). Ottawa: Industry Canada.
- Hayaloğlu, P. & Bal, Ç. H. (2015). Üst Orta Gelirli Ülkelerde Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 3(2), 35–44.
- Hicks, N. L. (1979). Growth vs basic needs: Is there a trade-off? *World Development*, 7(11–12), 985–994.
- Jang, J. S. R. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 23(3), 665–685.
- Klenow, P. J. & Rodriguez-Clare, A. (1997). *The Gone, neoclassical revival in growth economics: has it gone too far*. In B. Bernanke & J. Rotemberg (Ed.), *NBER macroeconomics annual*. Cambridge, MA: Press, MIT.
- Knowles, S. & Owen, P. D. (1995). Health capital and cross-country variation in income per capita in the Mankiw-Romer-Weil model. *Economics Letters*, 48(1), 99–106. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(94\)00577-0](https://doi.org/10.1016/0165-1765(94)00577-0)
- Knowles, S. & Owen, P. D. (1997) Education and Health in an Effective-Labour Empirical Growth Model. *Economic Record*, 73(223), 314–328.
- Lacheheb, M. & Norashidah, M. N. (2014). Health Expenditure, Education and Economic Growth in MENA Countries. *MPRA Paper No. 60388*.
- Lucas, R. E. (1988). On The Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Maitra, B. & Mukhopadhyay, C. K. (2012). Public Spending on Education, Health Care and Economic Growth in Selected Countries of Asia and The Pacific. *Asia Pacific Development Journal*, 19(2), 19–48.
- Nyamwange, M. (2012). Economic Growth and Public Healthcare Expenditure in Kenya (1982-2012). *MPRA Paper No. 43707*.
- Öztürk, S. & Topçu, E. (2014). Health Expenditures and Economic Growth: Evidence from G8 Countries. *International Journal of Economics and Empirical Research*, 6(1), 256–261.
- Pabuçcu, H. (2015). Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi Tabanlı Alternatif Bir Kredi Derecelendirme Yönteminin Geliştirilmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi SBE- Yayınlanmamış Doktora Tezi*.
- Polanyi, M. F. D., John, W. F., Shannon, H. S., Sullivan, T. J. & Lavis, J. N. (2000). *Promoting the Determinants of Good Health in the Workplace*. In Poland B. D., Green L. W. and Rootman I. (Eds.), *Settings for Health Promotion: Linking Theory and Practice*. CA: SAGE.
- Prescott, E. C. (1998). Needed: A Theory of Total Factor Productivity. *International Economic Review*, 39, 525–551.
- Rivera, A. & Currais L. (1999a). Economic Growth and Causation? Health: Direct Impact or Reverse. *Applied Economics Letters*, 6, 761–764.
- Rivera, A. & Currais, L. (1999b). Income Variation and Health Expenditure: Evidence for OECD Countries. *Review of Development Economics*, 3(3), 258–267.
- Rome, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <https://doi.org/10.1086/261420>

- Schultz, T. P. (2005). Productive benefits of health: Evidence from low-income countries. (*Discussion Paper No. No. 903*).
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Steckel, H. R. (2002). Health Indicators of the Standard of Living, Indicators: *The Journal of Social Health*, (2002), 139–159.
- Sülkü, S. N. & Caner, A. (2011). Health Care Expenditures And Gross Domestic Product: The Turkish Case. *The European Journal of Health Economics*, 12(1), 29–38.
- Tompa, E. (2002). *The Impact of Health on Productivity: Empirical Evidence and Policy Implications. In The Review of Economic Performance and Social Progress 2002: Towards a Social Understanding of Productivity*. Montreal: Institute for Research on Public Policy.
- Topallı, N. (2015). Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Büyüme İlişkisinin Ekonometrik Bir Analizi. *Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 34(1), 217–234.
- Ünsal, M. E. (2017). Eğitim, Sağlık ve Ar&Ge Harcamalarının İşgücü Verimliliği Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Panel Regresyon Analizi. *Journal of International Trade and Economic Researches*, 1(1), 17–28.
- Van-Zon, A. M. J. (2001). Health and endogenous growth. *Journal of Health Economics*, 20(2), 169–185.
- Wei, Z. & Hao, R. (2011). The Role of Human Capital in China’s Total Factor Analysis. *Productivity Growth: A Cross-Province. Developing Economies*, 49(1), 1–35.
- Wheeler, D. (1980). Basic Needs Fulfillment and Economic Growth. *Journal of Development Economics*, 7(4), 435–451. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(80\)90038-3](https://doi.org/10.1016/0304-3878(80)90038-3)
- WHO. (1999). WHO on Health and Economic Productivity. *Population and Development Review*, 25(2), 396–401. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.1999.00396.x>
- Wu, H. (2017). The Analysis of Influence Factors of Chinese Urban Labour Productivity-Based on The Panel Data of 286 Cities. *Economic Survey*, 34(1), 14–19.
- Young, A. (1994). Lessons From The East Asian NIC’s: A Contrarian View. *European Economic Review*, 38(1), 964–973.
- Young, A. (1995). The Tyranny of Numbers: Confronting Growth, The Statistical Realities of The East Asian Experience. *Quarterly Journal of Economics*, 110, 641–680.