

## Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Fiziksel Sermaye Arasındaki İkame Olanakları: Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı\*

**Mehmet SONGUR**

*Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü,  
mmtsng@gmail.com*

### Öz

Beşeri sermaye, İçsel Büyüme Modellerinde ekonomik büyümenin en önemli belirleyicilerinden birisidir. Bu nedenle beşeri sermaye fiziksel sermaye gibi bir üretim faktörü olarak değerlendirilmiştir. İçsel Büyüme Modelleri’ne göre, beşeri sermaye birikimi artarsa, beşeri sermayenin getirisi artacaktır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de 1950-2014 dönemi boyunca Translog üretim fonksiyonu yaklaşımı ve Ridge Regresyon yöntemi kullanılarak beşeri ve fiziksel sermaye arasındaki çıktı esnekliklerini ve ikame esnekliğini hesaplamaktır. Elde edilen sonuçlar beşeri sermaye ile fiziksel sermaye arasındaki ikame esnekliğinin bir olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan beşeri sermayenin çıktı esnekliği birden büyük ve fiziksel sermayenin çıktı esnekliği ise birden küçük olarak hesaplanmıştır. Çalışmada ele alınan dönem boyunca, fiziksel sermayenin çıktı esnekliği durağan kalırken, beşeri sermayenin çıktı esnekliği önemli bir şekilde artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beşeri Sermaye, Fiziksel Sermaye, Translog Üretim Fonksiyonu, Ridge Regresyon.

**Jel Kodu:** C51, D24

### The Substitution Possibilities Between Human Capital and Physical Capital in Turkey: The Translog Production Function Approach<sup>†</sup>

### Abstract

Human capital is one of the most important determinants of economic growth in endogenous growth models. Therefore, human capital is considered as a factor of production such as physical capital. According to the Endogeneous Growth Models, if human capital accumulation increases, the return of human capital will increase. The aim of this study is to calculate the output elasticities and the elasticity of substitution between human and physical capital using Translog Production Function Approach and Ridge Regression Methods over the 1950-2014 period in Turkey. On the other hand the output elasticity of human capital greater than and the output elasticity of physical capital is calculated as less than one. While the output elasticity of physical capital remained stable during for the period covered in the study, the output elasticity of human capital increased a significantly.

**Keywords:** Human Capital, Physical Capital, Translog Production Function, Ridge Regression.

**Jel Codes:** C51, D24

\* Bu çalışma, Türkiye Ekonomi Kurumu (TEK), Beşinci Uluslararası Ekonomi Konferansı (20-22 Ekim 2016-Bodrum/Türkiye)’nda sunulmuş olan “Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Fiziksel Sermaye Arasındaki İkame Olanakları: Bir Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı” başlıklı çalışmanın gözden geçirilmiş ve yeniden düzenlenmiş halidir.

<sup>†</sup> Extended abstract is presented at the end of the article.

### Atıfta bulunmak için/Cite this paper:

Songur, M. (2017). Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Fiziksel Sermaye Arasındaki İkame Olanakları: Translog Üretim Fonksiyonu Yaklaşımı. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*. 7(2), 201-224.

DOI: 10.18074/ckuiibfd.340322

## 1. Giriş

Neoklasik büyüme teorisine göre, tüm ülkeler iki aşamalı büyüme süreci yaşamaktadırlar. Birinci aşamada, büyümenin temel ögesi fiziksel sermaye stokunda meydana gelecek artışlardır. Fiziksel sermaye stoku, üretim sürecinde uzun yıllar kullanılabilen makine, teçhizat, bina gibi öğelerden oluşmaktadır. Ekonomik büyüme gibi makro düzeyde düşünüldüğünde fiziksel sermaye stokunun içine karayolu, demiryolu ve havayoluna yapılan yatırımlar, elektrik üretimi için kurulan barajlar gibi altyapı yatırımları da dâhil edilmektedir. Fiziksel sermaye stoku içinde yer alan sermaye malları fiziksel yönden birbirine benzemese de sermaye mallarının ortak yanı; her birinin, üretim sürecinde emek faktörünü verimli kılmak amacıyla kullanılmasıdır. Bu nedenle fiziksel sermaye stoku olmaksızın bir üretim faaliyetinden dolayısıyla ekonomik büyümeden bahsedilemez.

Neoklasik büyüme modellerinde<sup>‡</sup> büyüme süreci verili bir üretim fonksiyonuna bağlı olup, bu üretim fonksiyonuna tüm ülkeler sahiptir. Yani teknoloji yoksul ya da zengin tüm ülkeler tarafından paylaşılan kamusal bir maldır (Yeldan, 2010, s. 96-97). Söz konusu üretim fonksiyonunda çıktıyı belirleyen iki temel üretim faktörü söz konusudur: işgücü (emek) ve fiziksel sermaye. Fakat Neoklasik büyüme modellerinde işgücü ve bunun büyüme oranı, modelin değişkenlerinden bağımsız olarak tamamen dışsal unsurlar tarafından belirlenmekte, kısaca model bunları veri olarak almaktadır. Fiziksel sermaye stokunun büyüme oranı ise yatırımlarla, mevcut fiziksel sermaye stokunun hacmine bağlıdır. Neoklasik teori tasarruflardan bağımsız bir yatırım fonksiyonu öngörmediğinden ve tasarruflar otomatik olarak yatırımlara dönüştüğünden tasarrufların fiziksel sermaye stokuna oranı, fiziksel sermaye stokunun büyüme oranını vermektedir (Akyüz, 2009, s. 383).

Bu bağlamda, ülkeler arasındaki ekonomik büyüme farklılıklarının nedeni fiziksel sermaye stokundaki farklılıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla *-ceteris paribus-* yüksek tasarruf/fiziksel sermaye stoku oranına sahip ülkeler, daha zengin olma eğilimindedirler. Bu tür ülkeler, daha çok işçi başına sermaye birikimi yapmaktadırlar. Dolayısıyla, işçi başına daha çok sermayeye sahip ülkelerin işçi başına çıktı düzeyi de daha yüksek olmaktadır. Buna karşılık, yüksek nüfus artış hızına sahip ülkeler, Neoklasik büyüme modeline göre, yoksullaşma eğiliminde olmak durumundadır (Jones, 2001, s. 29).

Neoklasik büyüme modelinin ikinci aşaması ise, uzun dönemde fiziksel sermaye stokunun daha fazla genişlemediği, tüm makroekonomik dengelerin görece bir durağanlıkta kaldığı durağan durum dengesidir. Fiziksel sermaye stoku durağan

---

<sup>‡</sup> Bu modellerin temeli, 1956 yılında R. Solow tarafından yayınlanan “A Contribution to the Theory of Economic Growth” başlıklı makalesine dayanmaktadır. Söz konusu makale iktisat literatürünün en çok atıf alan çalışmalarından birisidir.

durum düzeyine eriştiğinde yatırımlar aşınmaya eşit olacak ve fiziksel sermaye stokunun artması ya da azalması yönünde bir baskı olmayacaktır (Mankiw, 2009, s. 220). Durağan durum dengesinde, fiziksel sermayenin marjinal fiziksel ürünü azalmakta, büyüme oranı ise sıfır olmaktadır. Fiziksel sermayenin marjinal fiziksel ürününün azalmasının olumsuz etkisini dışsal bir teknolojik gelişme ise tamamen yok edemeyecek, sadece bir süreliğine geciktirecektir (Kibritçioğlu, 1998, s. 214). Dolayısı ile uzun dönem durağan durum dengesinde, çıktı artışı yani büyüme, işgücünün büyüme oranı ve teknolojik gelişmeler tarafından belirlenmektedir (Thirlwall, 2006, s. 136). Bununla birlikte, Neoklasik büyüme modelinde, kamusal bir mal olan teknoloji, büyüme sürecini etkileyemeyecek ve tüm ülkelerin uzun dönemde durağan duruma gelmesi ile birlikte ülkeler arasındaki büyüme farklılıkları ortadan kalkacaktır<sup>§</sup>. Çünkü durağan durumda bulunan ekonomi orada kalmaya devam edecek, durağan durumda olmayan ekonomi de durağan duruma doğru yönelecektir. Dolayısıyla ekonomi hangi sermaye stoku düzeyi ile başlarsa başlasın, uzun dönemde durağan durum sermaye stoku düzeyine ulaşmaktadır. Bu anlamda, durağan durum, ekonominin uzun dönem dengesini temsil etmektedir (Mankiw, 2009, s. 220).

R. Solow'un önemli katkıları ile kurgulanan Neoklasik büyüme modellerinde üretim teknolojisinin gelişmesi dışsal bir faktör olup üretim fonksiyonuna dahil edilmemiştir. Teknolojik gelişmeler ise kamusal bir mal olarak tüm ülkeler tarafından kolaylıkla erişilebileceği varsayımından hareketle tüm ülkelerin nihayetinde durağan durum dengesinde birbirine yakınsanacağı varsayılmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde, Neoklasik büyüme modellerinin öngörülerinin gerçekleşmediği tartışmaları ön plana çıkmıştır. Neoklasik büyüme modelinin dışsal kabul ettiği teknolojinin büyüme için önemli bir faktör olarak üretim fonksiyonuna dahil edilmesi ilk olarak<sup>\*\*</sup> 1986 yılında P. M. Romer tarafından ortaya konmuştur. Söz konusu çalışma ile Romer, teknolojiyi "içselleştirerek" içsel büyüme teorilerinin gelişmesinde önemli bir adım atmıştır. Romer'e göre teknolojinin gelişmesi için ekonomide bilgi birikimi artmalıdır. Bilgi birikiminin artması ile ortaya çıkacak yeni ürün ve teknolojilerden diğer firmalarda faydalanacak (taşma/yayıma etkisi), dolayısı ile tüm ekonomi olumlu etkilenecektir. Bilgi birikimini arttıracak faktör ise Romer'e göre fiziksel sermaye stokunu arttıracak yatırımlardır. Dolayısıyla bilgi birikiminin artması fiziksel sermaye stokunun verimini de arttıracaktır.

<sup>§</sup> Buradaki süreç, "yakınsama hipotezi" çerçevesinde açıklanmıştır. Yakınsama hipotezine göre, durağan durum dengesinde az gelişmiş ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasındaki kişi başına düşen milli gelir farklılıkları ortadan kalkacaktır. Gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkeleri yakalamalarına da "yakalama süreci" denilmektedir.

<sup>\*\*</sup> P. M. Romer söz konusu çalışmasında, K. Arrow'un 1962'de ortaya attığı "yaparak öğrenme" fikrinden yararlanmıştır. Arrow'a göre, üretim süreci devam ettikçe firmalar söz konusu işi daha iyi öğrenmekte ve maliyetleri düşürecek, karları ise arttıracak araştırmaları yapmaktadırlar. Hatta bu durumda yeni ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu olguyu K. Arrow "yaparak öğrenme" olarak adlandırmıştır.

Teknolojiyi içselleştiren Romer'in modelinin bir başka boyutuna R. Lucas (1988) ve S. Rebelo (1991) değinmişler ve beşeri sermaye kavramını üretim fonksiyonuna dahil etmişlerdir. Beşeri sermaye kavramı ilk kez T. W. Schultz (1961) tarafından kullanılmış<sup>††</sup> ve sermaye kavramını fiziki ve beşeri olmak üzere ikiye ayırmıştır. Özellikle tarımsal üretimdeki artışları eğitime yapılan yatırımlara bağlaması ile beşeri sermaye kavramını ekonomik büyümenin önemli bir faktörü olarak göstermiştir. Beşeri sermaye, kişinin doğuştan gelen ya da sonradan edindiği beceri, hüner, yetenek, bilgi ve tecrübe stoku ile birlikte sağlık durumu, toplumsal ilişkilerdeki yeri ve eğitim düzeyinin tamamı olarak adlandırılabilir. Beşeri sermayeye yapılacak yatırımlar ilk başta eğitim yatırımlarını hatırlatsa da yaparak öğrenme yoluyla da beşeri sermaye stoku artabilir.

R. Lucas (1988) beşeri sermayeyi fiziksel sermaye gibi bir üretim faktörü olarak kabul etmiştir. Lucas'a (1988) göre, fiziksel sermaye stokunun marjinal verimliliği sabit olma eğilimindedir. Ancak beşeri sermaye azalan verimlere tabi değildir. Çünkü kişilerin beşeri sermayenin gelişimine yönelik zamanı arttıkça, beşeri sermaye büyüme hızı da sürekli olarak artacağından, bu durum ekonomik büyüme hızını da arttıracaktır. Diğer taraftan, beşeri sermayenin yüksek olduğu ülkelerde işgücü daha verimlidir ve bu nedenle daha yüksek ücret almaktadırlar. Dolayısıyla yoksul olan ülkelere doğru bir göç başlamaktadır. Bu durum bir taraftan yoksul olan ülkelerin gelişmesini engellerken, diğer taraftan da gelişmiş ülkelerin durağan duruma girmelerini engellemektedir. Bu bağlamda, başlangıçta tüm ülkelerin uzun dönem büyüme oranları aynı olsa bile, yoksul ülkeler gelecekte zengin ülkelere göre yoksul olmaya devam edeceklerdir.

Mankiw vd. (1992) Neoklasik büyüme modeline, beşeri sermayeyi dahil ederek üretim fonksiyonunu yeniden yapılandırmışlar ve ampirik olarak test etmişlerdir. Neoklasik büyüme modelinde fiziksel sermayenin ön plana çıkarılmasının, beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini gölgelediğini ileri sürmüşlerdir. Mankiw vd. (1992)'ne göre beşeri sermayeyi dikkate alan üretim fonksiyonunun gerçek hayattaki ekonomik büyümeyi açıklama yönünden daha güçlü olduğunu ifade etmişler ve ülkeler arasındaki gelir farklılıklarını da beşeri sermayenin yer aldığı üretim fonksiyonu çerçevesinde açıklamaya çalışmışlardır.

Literatürde, Türkiye'de beşeri sermayenin ekonomik büyümeye ya da fiziksel sermayenin ekonomik büyümeye katkısını inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır<sup>‡‡</sup>. Bu çalışmalarda beşeri sermaye ve fiziksel sermaye ile ekonomik büyüme arasında birbiri ile tutarlı ya da birbirinden farklı ilişkiler olduğunu gösteren sonuçlara ulaşılmıştır. Söz konusu çalışmalar genellikle değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin ya da nedensellik ilişkisinin tespitine yoğunlaşmışlar ya da grafiksel analiz bağlamında değişkenler arasındaki

<sup>††</sup> E. F. Denison (1962) ve G. S. Becker (1962)' in çalışmaları da beşeri sermaye kavramı ile ilgili öncül çalışmalardan sayılmaktadır.

<sup>‡‡</sup> Makalenin ikinci bölümünde ilgili çalışmalar ayrıntılı olarak incelenecektir.

ilişkileri yorumlanmıştır. Bu çalışmaların her biri çok değerli çalışmalar olmakla birlikte, çalışmaların temel eksikliği fiziksel sermaye stoku ile beşeri sermaye arasındaki ikame (ya da tamamlayıcılık) olanaklarının ve çıktı esnekliklerinin araştırılmamış olmasıdır. Bu çalışmanın motivasyonu, literatürdeki bu boşluğu doldurma çabasıdır. Bu bağlamda çalışmanın temel amacı, 1950-2014 dönemi için Türkiye’de Translog üretim fonksiyonu yardımı ile beşeri sermaye ve fiziksel sermaye arasındaki ikame olanaklarının araştırılması ve çıktı esnekliklerinin hesaplanmasıdır. Bu bağlamda çalışmanın girişi izleyen ikinci bölümünde ilgili literatür sunulacaktır. Üçüncü bölümde, kullanılan veri seti, yöntem ve ekonometrik metodoloji anlatılacaktır. Dördüncü bölümde, çalışmadan elde edilen bulgulara değinilecektir. Beşinci bölümde ise, çalışmanın sonuçları irdelenecektir.

## 2. Literatür Taraması

Literatürde fiziksel sermaye ve beşeri sermayenin çıktı üzerine etkilerini inceleyen birçok çalışma vardır. Fakat ilgili literatür taranırken fiziksel sermaye ile beşeri sermaye arasındaki ikame esnekliklerini ve çıktı esnekliklerini araştırarak çalışmalara rastlanmamıştır. Bu nedenle literatür taramasında fiziksel sermayenin ve beşeri sermayenin çıktı üzerine etkilerini inceleyen ve analizde kullanılan veri seti bağlamında sadece Türkiye üzerine yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Çakmak ve Gümüş (2005) çalışmalarında, fiziki ve beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerine etkilerini incelemişlerdir. Beşeri sermaye değişkenini temsilen mezun öğrenci sayıları alınarak bir endeks oluşturulmuştur. Fiziki sermaye değişkenini temsilen de sabit sermaye yatırımlarını kullanmışlardır. 1960-2002 dönemine ait yıllık veriler yardımıyla ve Johansen Eşbütünleşme testi aracılığı ile analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen bulgular hem fiziki hem de beşeri sermayenin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Diğer taraftan beşeri sermaye fiziki sermayeye göre ekonomik büyümeye daha düşük oranda katkı sağlamaktadır.

Demir vd. (2005) çalışmalarında, fiziki ve beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerine etkilerini, 1950-2001 dönemine ait yıllık veriler yardımıyla, Johansen Eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi yardımıyla analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Beşeri sermayeyi temsilen, milli eğitim bakanlığı ve üniversitelerin harcamaları toplamı, fiziki sermayeyi temsilen ise sabit sermaye yatırımlarını kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar, beşeri sermayenin kısa dönemde ekonomik büyümenin nedeni olmadığını göstermektedir.

Serel ve Masatçı (2005) çalışmalarında, hem fiziksel sermayeyi hem de beşeri sermayeyi birlikte içerecek şekilde kurdukları üretim fonksiyonunda, her iki değişkenin çıktı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Beşeri sermayeyi temsilen orta öğretime kayıtlı öğrenci sayılarını, fiziksel sermayeyi temsilen sabit sermaye yatırımlarını kullanmışlardır. 1950-2000 dönemine ait yıllık veriler kullandıkları

çalışmalarında, Johansen Eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testlerinden yararlanmışlardır. Elde edilen bulgular, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermekle beraber, ekonomik büyümeden beşeri sermayeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu tespit edilmiştir.

Taban ve Kar (2006) çalışmalarında, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkilerini araştırmışlardır. Bu çerçevede, UNDP verileri aracılığı ile beşeri sermaye endeksi, birleşik okullaşma oranı, eğitim endeksi ve yaşam süresi beklentisi endekslerini kullanmışlardır. 1969-2001 dönemine ait yıllık veriler aracılığıyla ve Johansen Eşbütünleşme Testi ve Granger nedensellik testi yardımıyla analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen bulgular beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkide nedenselliğin yönünün kullanılan değişkene bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Buna göre beşeri sermaye endeksi, birleşik okullaşma oranı ve eğitim endeksi ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Diğer taraftan ekonomik büyümenin de beşeri sermaye endeksi, eğitim endeksi ve yıllık yaşam endeksini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Afşar (2009) çalışmasında, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1963-2005 dönemine ait yıllık veriler yardımıyla, Johansen Eşbütünleşme testini ve Granger nedensellik testini kullanarak araştırmıştır. Beşeri sermaye değişkenini temsilen eğitim yatırımları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre her iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisi olmasa da, beşeri sermaye ekonomik büyümenin Granger nedenidir.

Altıntaş ve Çetintaş (2010) çalışmalarında, beşeri sermaye ve sabit sermaye yatırımlarının ekonomik büyüme üzerine etkilerini 1970-2007 dönemine ait yıllık veriler aracılığıyla ve Johansen Eşbütünleşme testi ile Granger nedensellik testi yardımıyla araştırmışlardır. Beşeri sermaye değişkenini temsilen yükseköğretim kurumlarından diploma alan toplam öğrenci sayısı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermekle beraber beşeri sermaye ekonomik büyüme üzerinde doğrudan bir Granger etkiye yol açmamaktadır. Ayrıca beşeri sermayenin sabit sermaye yatırımlarına katkıda bulunarak dolaylı bir şekilde ekonomik büyümeyi arttırdığını ifade etmişlerdir.

Genç vd. (2010) çalışmalarında, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Beşeri sermaye değişkenini temsilen genel ve mesleki liselerden mezun olan öğrenci sayıları ile brüt ilköğretim okullaşma oranlarına yer vermişlerdir. 1980-2007 dönemine ait yıllık veriler yardımıyla Toda-Yamamoto nedensellik testini kullanarak analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu doğrultuda, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisinde tutarlı sonuçlara ulaşılamamıştır.

Şimşek ve Kadılar (2010) çalışmalarında, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1960-2004 dönemine ait yıllık verilerden yararlanarak ARDL sınır testi yaklaşımı, Johansen Eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi ile araştırmışlardır. Beşeri sermaye değişkenini temsilen yükseköğrenime kayıt sayısı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, beşeri sermayenin GSYH üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme birbirini karşılıklı olarak besleyen bir süreç içermektedir.

Arısoy (2011) çalışmasında, fiziksel sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi AK Modeli ile sınamıştır. 1968-2006 dönemine ait yıllık veriler kullandığı çalışmada, VAR yönteminden yararlanmıştır. Fiziksel sermayeyi temsilen, sabit sermaye yatırımlarını ve bunun bileşenlerini oluşturan imalat, enerji ve ulaştırma yatırım harcamalarını kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar fiziksel sermaye yatırımlarının uzun dönemde büyüme oranını etkilemediği yönündedir.

Ateş (2013) çalışmasında, fiziksel sermaye yatırımlarının ekonomik büyüme oranına etkilerini araştırmıştır. 1981-2007 dönemine ait çeyreklik veriler kullandığı çalışmada, ARDL sınır testi yaklaşımını kullanmıştır. Fiziksel sermaye yatırımlarını temsilen iki farklı değişken kullanılmış olup söz konusu değişkenler, makine, araç-gereç yatırımları ve bina yatırımlarıdır. Çalışmadan elde edilen bulgular fiziksel sermaye yatırım oranlarındaki değişimin uzun dönemli kişi başına GSYH büyüme oranına zayıf katkılar yaptığını, etkilerin daha çok kısa dönemli olduğunu göstermektedir.

Görüldüğü üzere, literatürde yer alan çalışmalar daha çok fiziksel sermaye ve beşeri sermaye ile GSYH arasındaki ilişki araştırılmış, marjinal ve ortalama fiziksel ürünler, çıktı esneklikleri ve ikame esneklikleri üzerinde durulmamıştır.

### 3. Veri Seti ve Ekonometrik Metodoloji

Türkiye’de fiziksel sermaye ve beşeri sermaye arasındaki ikame olanaklarının araştırılması ve çıktı esnekliklerinin hesaplanabilmesi için 1950-2014 dönemine ait GSYH ( $Y$ ), fiziksel sermaye stoku ( $K$ ) ve beşeri sermaye stoku ( $H$ ) verileri kullanılmıştır. GSYH ve fiziksel sermaye stoku 2011 yılı fiyatları (2011=100) ile reel hale getirilmiştir. Beşeri sermaye verileri ise, Barro-Lee (2013)’ye göre eğitim yılı ve eğitim getirisine dayalı kişi başına düşen beşeri sermaye endeksidir<sup>§§</sup>. Tüm veriler Penn World Table 9.0’dan derlenmiş olup analizler NCSS 11 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

<sup>§§</sup> PWT 9.0 veri setinde Barro-Lee (2013) ve Cohen-Soto (2007)/Cohen-Lecker (2014) beşeri sermaye endeksleri kullanılmıştır. Türkiye için her ikisi de benzer bir veri seti oluşturmakla beraber Barro-Lee (2013) daha uzun olduğu için Barro-Lee (2013) beşeri sermaye endeksi sunulmuştur. Barro-Lee (2013) beşeri sermaye endeksi, eğitimin getirisi, eğitimin özel/sosyal

Girdiler arasındaki ikame olanaklarının araştırılması ve esnekliklerin hesaplanması üretim fonksiyonlarının tahminine dayanmaktadır. Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda ikame esnekliği daima bir olarak kabul edilmektedir. Diğer taraftan Arrow vd. (1961) tarafından geliştirilen sabit ikame esneklikli (CES) üretim fonksiyonunda üretim düzeyi ne olursa olsun girdiler arasında bir ya da birden farklı sabit bir ikame esnekliği olduğu ileri sürülmüştür. Popüler olan üretim fonksiyonlarından birisi de Christensen vd. (1973) tarafından geliştirilen Translog üretim fonksiyonudur. Translog üretim fonksiyonu farklı üretim düzeylerinde farklı ikame esneklikleri ve çıktı esnekliklerini hesaplamaya imkân sağladığı için CES üretim fonksiyonuna göre daha avantajlıdır. Bu nedenle çalışmada Translog üretim fonksiyonu kullanılmış olup, çalışmada kullanılan değişkenler ışığında Translog üretim fonksiyonunu aşağıdaki gibi yazabiliriz<sup>\*\*\*</sup>:

$$\ln Y_t = \alpha_K \ln K_t + \alpha_H \ln H_t + \alpha_{KH} \ln K_t \ln H_t + \alpha_{KK} (\ln K_t)^2 + \alpha_{HH} (\ln H_t)^2 + \varepsilon \quad (1)$$

Yukarıdaki (1) numaralı denklemden de anlaşılacağı üzere  $Y_t$ ,  $K_t$  ve  $H_t$  değişkenlerinin doğal logaritması alınmıştır.

Çalışmada elde edilmek istenen esnekliklerden birisi de çıktı esneklikleridir. Çıktı esnekliği<sup>†††</sup>, kullanılan diğer üretim faktörlerinin miktarları sabit iken üretim faktörlerinden birindeki oransal değişimin üretimde meydana getirdiği oransal değişmeye oranı olarak tanımlanabilir. Hem marjinal verimlilikler hem de çıktı esnekliği üretim faktörlerinde meydana gelen değişmelerin çıktı üzerindeki etkisini göstermektedir. Fakat marjinal verimlilikler değişmeyi mutlak değerler olarak ifade ederken, çıktı esnekliği aynı değişimi nispi değerler olarak ifade etmektedirler. Bu nedenle çıktı esnekliği üretim faktörünün ölçü biriminden bağımsız bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla çıktı esnekliği, üretim fonksiyonunun söz konusu üretim faktörüne göre kısmi esnekliği olarak ifade edilirse, (1) numaralı denklemden yola çıkarak çıktı esneklikleri, fiziksel sermaye stoku ve beşeri sermaye stoku için sırasıyla denklem (2) ve (3) de gösterilmiştir.

$$\varphi K = \frac{dY/Y}{dK/K} = \frac{d \ln Y_t}{d \ln K_t} = \alpha_K + \alpha_{KH} \ln H_t + 2\alpha_{KK} \ln K_t \quad (2)$$

faydalarını ve işgücünün verimliliğini içermektedir. Bu bağlamda, beşeri sermayeyi hem nicelik hem de nitelik olarak ölçen önemli bir endekstir.

<sup>\*\*\*</sup> Üretim fonksiyonu ve ikame olanaklarının araştırılması için Lin ve Xie (2014)'nin çalışmalarında Translog üretim fonksiyonu ve ikame esneklikleri metodu kullanılmıştır.

<sup>†††</sup> Çıktı esnekliği, Cassels (1951) tarafından geliştirilmiş olup çıktı esnekliği (output elasticity) kavramı Ferguson (1971) tarafından kullanılmıştır. Frisch (1965) aynı kavram için marjinal esneklik (marginal elasticity) deyimini kullanmıştır.



$$\varphi H = \frac{dY/Y}{dH/H} = \frac{d \ln Y_t}{d \ln H_t} = \alpha_H + \alpha_{KH} \ln K_t + 2\alpha_{HH} \ln H_t \quad (3)$$

Yukarıdaki (2) ve (3) numaralı denklemleri aşağıdaki gibi yeniden düzenlersek:

$$\varphi K = \frac{dY/Y}{dK/K} = \frac{dY/dK}{Y/K} = \frac{MPP_K}{APP_K} \quad (4)$$

$$\varphi H = \frac{dY/Y}{dH/H} = \frac{dY/dH}{Y/H} = \frac{MPP_H}{APP_H} \quad (5)$$

(4) ve (5) numaralı denklemlerden görüleceği üzere çıktı esneklikleri aynı zamanda söz konusu faktörün marjinal fiziksel ürününün (MPP) ortalama fiziksel ürününe (APP) oranıdır. Buna göre çıktı esnekliği 1'den büyük ise  $MPP > APP$ ; 1'den küçük ise  $MPP < APP$  ve 1'e eşit ise  $MPP = APP$  olacaktır. Diğer taraftan söz konusu üretim faktörünün çıktı esnekliğinin 1 olduğu nokta azalan verimlerin başladığı nokta olup, üretimde etkinliğin sağlanması için kullanılması gereken asgari üretim faktörü miktarını göstermektedir. Dolayısıyla üretim faktörü ve ürün fiyatları bilinmese dahi üretim faktörü kullanımının her zaman azalan verimler noktasına götürülmesi gerekmektedir. Üretim faktörü kullanımı arttıkça marjinal fiziksel ürün gittikçe azalacak ve azalan verimlerin son bulunduğu noktada sıfır olacaktır. Bu nedenle çalışmamızda kullanılan her iki üretim faktörü için olması gereken çıktı esnekliği aralığı  $0 \leq \varphi K \leq 1$  ve  $0 \leq \varphi H \leq 1$ 'dir. Çıktı esnekliğinin 1'den büyük olduğu durumda  $MPP > APP$  olduğu için, üretim azalan verimler bölgesinde olmayacaktır. Dolayısı ile azalan verimler bölgesine gelinmesi ve üretimde etkinliğin sağlanabilmesi için söz konusu üretim faktörünün kullanımının artırılması, MPP'nin ve çıktı esnekliklerinin düşürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, fiziksel sermaye stoku ile beşeri sermaye stoku arasındaki ikame esnekliği derecesini tahmin etmektir. Girdiler arasındaki ikame esnekliği, girdilerin birbirine oranındaki nispi değişikliğin, marjinal teknik ikame oranındaki değişmeye olan duyarlılığıdır. İkame esnekliği sıfır ile sonsuz arasında bir değer alır. İkame esnekliğinin sıfır olması söz konusu girdilerin birbiri yerine ikame edilemeyeceğini göstermektedir. Bu durum bize eş ürün eğrilerinin L şeklinde olduğu Leontief üretim fonksiyonunu göstermektedir. Dolayısı ile girdiler birbirinin tam tamamlayıcısı olmaktadır. Eğer ikame esnekliği sonsuz değerini alırsa, girdilerin birbirinin tam ikamesi olduğu doğrusal üretim fonksiyonundan söz edilmektedir. Bu tanımlamalar çerçevesinde fiziksel sermaye stoku ile beşeri sermaye stoku arasındaki ikame esnekliğini aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz:

$$\sigma_{KH} = \frac{\frac{d\left(\frac{K}{H}\right)}{\frac{K}{H}}}{\frac{d\left(\frac{MPP_H}{MPP_K}\right)}{\frac{MPP_H}{MPP_K}}} = \frac{d\left(\frac{K}{H}\right)}{d\left(\frac{MPP_H}{MPP_K}\right)} \cdot \frac{MPP_H}{MPP_K} \quad (6)$$

Marjinal fiziksel ürünler aşağıdaki gibi gösterilirse:

$$\frac{MPP_H}{MPP_K} = \frac{\frac{\partial Y}{\partial H}}{\frac{\partial Y}{\partial K}} = \frac{\varphi_H}{\varphi_K} \cdot \frac{K}{H} \quad (7)$$

(6) ve (7) numaralı denklemleri bir araya getirirsek:

$$\sigma_{KH} = \frac{d\left(\frac{K}{H}\right)}{d\left(\frac{MPP_H}{MPP_K}\right)} \cdot \frac{\varphi_H}{\varphi_K} = \frac{\varphi_H}{\varphi_K} \cdot \left[ \frac{d\left(\frac{\varphi_H}{\varphi_K} \cdot \frac{K}{H}\right)}{d\left(\frac{K}{H}\right)} \right]^{-1} \quad (8)$$

Dolayısıyla;

$$\frac{d\left(\frac{\varphi_H}{\varphi_K} \cdot \frac{K}{H}\right)}{d\left(\frac{K}{H}\right)} = \frac{\varphi_H}{\varphi_K} + \frac{K}{H} \cdot \frac{d\left(\frac{\varphi_H}{\varphi_K}\right)}{d\left(\frac{K}{H}\right)} \quad (9)$$

$$d\left(\frac{\varphi_H}{\varphi_K}\right) = -\frac{\varphi_H}{\varphi_K} \cdot d\varphi_K + \frac{1}{\varphi_K} \cdot d\varphi_H \quad (10)$$

$$d\left(\frac{K}{H}\right) = \frac{K}{H^2} \cdot dH + \frac{1}{H} \cdot dK \quad (11)$$

(8) nolu denklemle beraber (9), (10) ve (11) numaralı denklemler bir araya getirilirse, fiziksel sermaye stoku ile beşeri sermaye stoku arasındaki ikame esnekliğini (12) numaralı eşitlikteki gibi elde edebiliriz:

$$\sigma_{KH} = \left[ 1 + \left[ -\alpha_{KH} + \left(\frac{\varphi_K}{\varphi_H}\right) \cdot \alpha_{HH} \right] \cdot (-\varphi_K + \varphi_H)^{-1} \right]^{-1} \quad (12)$$

Çalışmada kullanılan (1) numaralı eşitlikteki Translog üretim fonksiyonu en küçük kareler (EKK) yöntemi ile tahmin edilebilir. Fakat eşitlikten de rahatlıkla görülebileceği üzere açıklayıcı değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı söz konusudur. Çoklu doğrusal bağlantı problemi olduğunda EKK yönteminden elde edilen katsayılarla ait varyans ve kovaryans değerleri yüksek çıkmaktadır. Bu durumda EKK tahminlerinin yansız ancak büyük varyanslı olduğundan standart hata değerleri büyümekte ve t testleri anlamsız sonuçlar vermektedir. Hatta bazı

durumlarda anlamlı sonuçlar elde edilse de katsayılara ait beklenen işaret ile tahmin edilen işaret aynı olmamaktadır. Bu nedenle yansız ve büyük varyanslı tahmin ediciler yerine, yanlı ve küçük varyanslı tahmin ediciler geliştirilmiştir. Burada elde edilecek tahmin sonuçlarının yanlı olması ve önceden tahminlerde bir yanlılık olabileceği varsayımının ön kabulü bir sorun olarak gözükebilir. Fakat ilk olarak Marschak ve Andrews (1944) üretim fonksiyonları tahmin edilirken bağımlı değişken, bağımsız değişkenler ve hata teriminin birbirlerinden bağımsız olamayacağını, bu nedenle katsayı tahminlerinin zaten yanlı olacağını ifade etmişlerdir<sup>\*\*\*</sup>. Ayrıca tahminlerin yanlı olabileceği üzerine yapılan bu ön kabul literatürde yer alan diğer çalışmalar tarafından da desteklenmiştir<sup>\$\$\$</sup>.

Bu çalışmada yanlı tahmin edicilerden Hoerl ve Kennard (1970) tarafından geliştirilen Ridge Regresyon yöntemi kullanılmıştır. Çoklu doğrusal bağlantı problemi olan modellerin tahmininde Ridge Regresyon yöntemi tahminlere küçük bir yanlılık sabiti (k) ekleyerek varyansın azaltılmasını sağlamaktadır. Yani Ridge Regresyon yöntemi ile tahminlerin varyansı azaltılmakla beraber yanlılık sabiti (k) oranında yanlı tahminler elde edilmektedir. Böylelikle varyans değeri yüksek olan EKK yöntemine göre Ridge Regresyon yönteminde küçük bir yanlılık payı sayesinde düşük varyanslı ve daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Yanlılık sabiti, sıfırdan büyük bir değer almakta olup, k değeri arttıkça varyans yani VIF değerleri küçülmekte, katsayılar daha kararlı hale gelmekte, fakat  $R^2$  değeri de buna ek olarak küçülmektedir. Ayrıca yanlılık sabitinin değerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Literatürde optimum yanlılık sabitinin seçimi konusunda önemli derecede kabul görmüş bir yöntem olmamakla beraber bir çok yöntem sayesinde yanlılık sabitinin optimum değeri belirlenebilmektedir. Bu yöntemlerden birisi ve en önemlisi ridge iz (ridge trace) grafiğine göre karar verilmesi olup, optimum yanlılık sabiti değeri, katsayıların durağanlaştığı bölgeden seçilmektedir. Bunun dışında optimum yanlılık sabiti değeri seçilirken katsayıların beklentilere uygunluğu, katsayıların durağanlığı, minimum VIF değerlerini (bağımsız değişkenler için VIF değerlerinin 1'e yaklaşması), kabul edilebilir hata kareleri toplamının olması dikkate alınabilecek diğer yöntemlerdir.

<sup>\*\*\*</sup> Marschak ve Andrews (1944) üretim fonksiyonları üzerine yapılan ilk çalışmalarda üretim faktörlerinin, üretimin bir nedeni olduğu varsayımının yapıldığını belirtmişlerdir. Buna göre katsayıların tahmini açısından doğrusal hale getirilmiş bir fonksiyonun EKK yöntemi ile tahmin edilmesi durumunda katsayıların yansız olacağını söylemek mümkündür. Fakat üretim ve üretim faktörleri arasında bu derece tek yönlü bir ilişki gerçek hayatta söz konusu olamaz. Buna göre hem üretim hem de üretim faktörlerinin miktarı birlikte kararlaştırılmakta ve aralarında bir ikame ve tamamlayıcılık ilişkisi var olmaktadır. Dolayısı ile üretim gibi üretim faktörleri de aslında içsel değişkenler olup birbirlerini etkilemektedir. Bu bağlamda, üretim fonksiyonu için kurulan bir modelde ele alınan değişkenler birbirlerinden bağımsız olmayacak ve bu nedenle de katsayı tahminleri yanlı olacaktır.

<sup>\$\$\$</sup> Marschak ve Andrews (1944)'e ek olarak Hoch (1955), Mundlak (1961) ve Zellner vd. (1966)'de üretim fonksiyonuna ait katsayıların tahminlerinin sapmalı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Söz konusu bu yöntemlerin hepsinin göz önünde bulundurulması optimum yanlılık sabiti seçiminde daha doğru olacaktır \*\*\*\*.

#### 4. Bulgular

Analize geçmeden önce çalışmada kullanılan değişkenlere ait betimleyici istatistikler (ortalama, medyan, minimum, maksimum değerler ve standart sapma) Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1: Betimleyici istatistikler**

	<i>lnY</i>	<i>lnK</i>	<i>lnH</i>	<i>lnKlnH</i>	$(lnK)^2$	$(lnH)^2$
<b>Ortalama</b>	12.840	13.451	0.460	6.411	181.944	0.263
<b>Medyan</b>	12.841	13.453	0.443	5.965	181.001	0.197
<b>Standart Sapma</b>	0.845	1.019	0.230	3.582	27.433	0.222
<b>Maksimum</b>	14.182	15.126	0.851	12.879	228.795	0.725
<b>Minimum</b>	11.147	11.926	0.133	1.581	142.233	0.018

Ayrıca değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve derecesi için bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait korelasyon matrisi Tablo 2’de gösterilmektedir. Beklenildiği üzere değişkenler arasında yüksek korelasyon çıkmıştır. Bu nedenle EKK regresyon yönteminden elde edilen sonuçlar kullanılamamaktadır.

**Tablo 2: Korelasyon matrisi**

	<i>lnY</i>	<i>lnK</i>	<i>lnH</i>	<i>lnKlnH</i>	$(lnK)^2$	$(lnH)^2$
<i>lnY</i>	1.000					
	-					
<i>lnK</i>	0.994	1.000				
	(0.000)	-				
<i>lnH</i>	0.979	0.990	1.000			
	(0.000)	(0.000)	-			
<i>lnKlnH</i>	0.975	0.989	0.999	1.000		
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	-		
$(lnK)^2$	0.992	0.999	0.992	0.991	1.000	
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	-	
$(lnH)^2$	0.946	0.967	0.985	0.992	0.973	1.000
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	-

**Not:** Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Diğer taraftan değişkenlere ait VIF değerleri ve bağımsız değişkenlere ait  $R^2$  değerleri Tablo 3’te gösterilmiştir. VIF değerlerinin 10’dan (oldukça) büyük

\*\*\*\* Bu çalışmada amaç kullanılan ekonometrik yöntemin tanıtılması olmadığı için, Ridge Regresyon yöntemine ait ekonometrik metodoloji sunulmamış olup, söz konusu metodoloji Hoerl ve Kennard (1970)’da ayrıntılı olarak sunulmuştur.

olması ve bağımsız değişkenlere ait  $R^2$  değerlerinin 0.90'dan yüksek çıkması bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı probleminin olduğunu göstermektedir.

**Tablo 3: Bağımsız değişkenler için VIF ve  $R^2$  değerleri**

	VIF	$R^2$
$\ln K$	1921217.974	0.99
$\ln H$	1717005.567	0.99
$\ln K \ln H$	3119230.833	0.99
$(\ln K)^2$	2590366.870	0.99
$(\ln H)^2$	55756.421	0.99

**Not:**  $R^2$  değeri söz konusu değişkenin diğer değişkenlerle arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Tablo 4'de korelasyonların özdeğerleri verilmiştir. Buna göre koşul sayıları 1000'den büyük olduğunda çoklu doğrusal bağlantı ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo 4'den görüleceği üzere bağımsız değişkenler arasında koşul sayısı 1000'den büyük olduğu için çok önemli çoklu doğrusal bağlantı problemi söz konusudur.

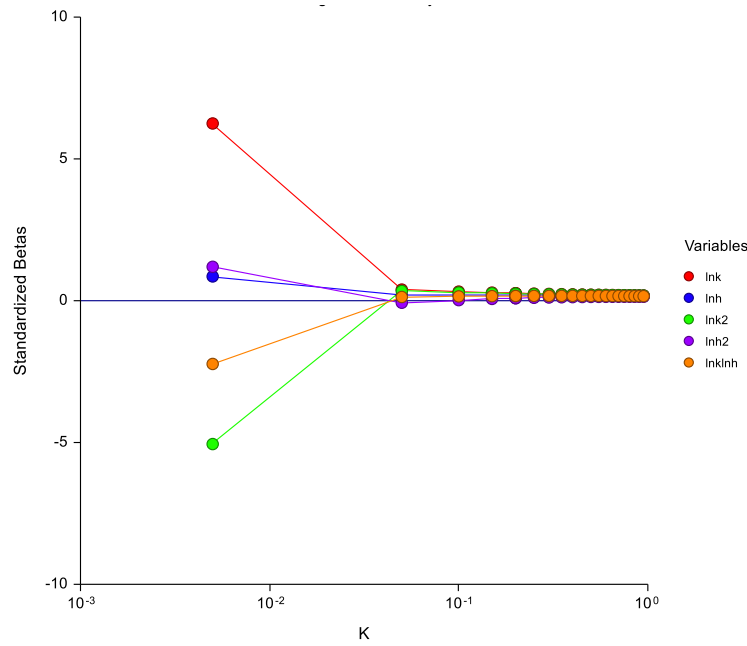
**Tablo 4: Korelasyon özdeğerleri**

No	Özdeğer	Göreceli Yüzde	Birikimli Yüzde	Koşul Sayısı
1	4.950870	99.02	99.02	1.00
2	0.041969	0.84	99.86	117.97
3	0.007144	0.14	100.00	693.00
4	0.000017	0.00	100.00	291265.82
5	0.000000	0.00	100.00	46263812.30

**Not:** Koşul sayıları maksimum özdeğerin diğer özdeğere oranı olarak bulunmaktadır. Örneğin,  $\frac{\lambda_{max}}{\lambda_2} = \frac{4.950870}{0.041969} = 117.97$ . Eğer koşul sayısı 1000'den büyük ise ciddi çoklu doğrusal bağlantı problemi söz konusudur.

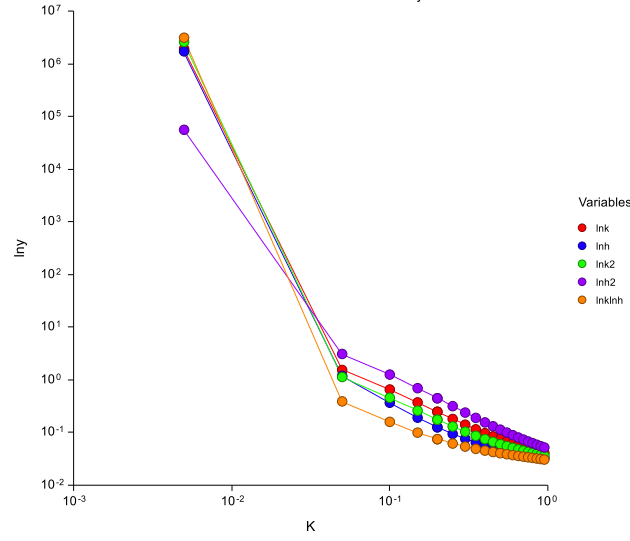
Bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı problemi tespit edildiğine göre EKK regresyon yöntemini kullanmak doğru olmayacaktır. Her ne kadar bazı ekonometrisyenler parametre tahminlerini önemli ölçüde etkileyen güçlü bir çoklu doğrusal bağlantının olmadığı durumlarda, çoklu doğrusal bağlantı önemsiz değişkenleri etkiliyor ise ve tahmin edilen model öngörü amacıyla kullanılacaksa, çoklu doğrusal bağlantıyı düzeltme işlemine gerek olmadığını söyleseler de, ciddi bir çoklu doğrusal bağlantı olduğunda, önemli değişkenler parametre tahminlerinden etkileniyorsa ve doğrusal bağlantının kalıbı değişiyor ise, çoklu doğrusal bağlantı problemi düzeltilmelidir. Yukarıda da belirtildiği gibi çoklu doğrusal bağlantı ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır ve bu durum

analizin devamında dikkate alınmalıdır. Dolayısı ile küçük bir yanlılık sabiti eklenerek Ridge Regresyon yöntemi ile analiz yapmak daha uygun olacaktır. Bu nedenle ilk önce yanlılık sabiti (k)'nın belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle Ridge iz grafiğine bakmamız gerekmektedir. Şekil 1'de yer alan Ridge iz grafiği incelendiğinde k sabiti en az 0.10'dan sonraki değerleri almalıdır. Çünkü değişkenler  $10^{-1}$  olduğunda durağanlaşmaktadırlar. Diğer taraftan benzer bir sonuç Varyans Büyütme Faktör (VIF) grafiğinde de gözlenebilir. Aynı şekilde yanlılık sabiti 0.10 olduğunda değişkenlerin VIF değerlerinin 1'e yaklaştığı Şekil 2'de görülmektedir. Bu yüzden bazı değişkenlerinde tam durağanlaşması için çalışmada yanlılık sabiti 0.2 olarak alınmıştır.



**Şekil 1: Ridge iz (Trace) grafiği**

Yanlılık sabiti  $k=0.2$  alındıktan sonra Ridge Regresyon yöntemine göre elde edilen sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Aynı tabloda her ne kadar kullanılmayacak olsa da EKK sonuçlarına da yer verilmiş olup, katsayılara ait tahmin sonuçlarının tamamının standart hataları çok yüksek çıkmıştır. Bu durumun en önemli nedeni çoklu doğrusal bağlantı nedeniyle varyans değerlerinin çok yüksek çıkmasıdır. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki kısmında Ridge Regresyon yönteminden elde edilen katsayılara ait tahminler kullanılmıştır. Elde edilen Ridge Regresyon tahmin sonuçları parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Tüm katsayılar iktisat teorisi ile uyumlu olarak pozitif olarak elde edilmiştir. Hem faktörlerin çapraz etkisi hem de kareleri pozitifdir. Dolayısıyla faktörler ölçüğe göre artan getiriye sahiptirler.



Şekil 2. Ridge VIF grafiği

Tablo 5: k=0.2 için Ridge Regresyon ve EKK sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Ridge Regresyon			EKK		
	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	VIF	Regresyon Katsayıları	Standart Hata	VIF
Sabit	7.870			-27.774		
$\ln K$	0.219***	0.014	0.248	5.179	12.861	1921217.9
$\ln H$	0.682***	0.044	0.126	3.146	53.933	1717005.6
$\ln K \ln H$	0.039***	0.002	0.075	-0.157	0.555	3119230.8
$(\ln K)^2$	0.008***	0.001	0.175	4.550	10.062	2590366.9
$(\ln H)^2$	0.333***	0.087	0.447	-0.526	4.663	55756.4

**Not:** \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 6'da modelin Ridge sonuçlarına dayanan varyans analizi sunulmuştur. F-değerine göre, kurulan model %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Aynı şekilde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücünü gösteren  $R^2$  değeri %93 olarak hesaplanmış olup, oldukça güvenilir bir değerdir. Aynı şekilde standart sapmanın örneklem ortalamasına oranını gösteren varyasyon katsayısı da %1.78 olarak hesaplanmış olup, geleneksel kabul olan %5 düzeyinin altında rahatlıkla kabul edilebilir bir düzeydedir.

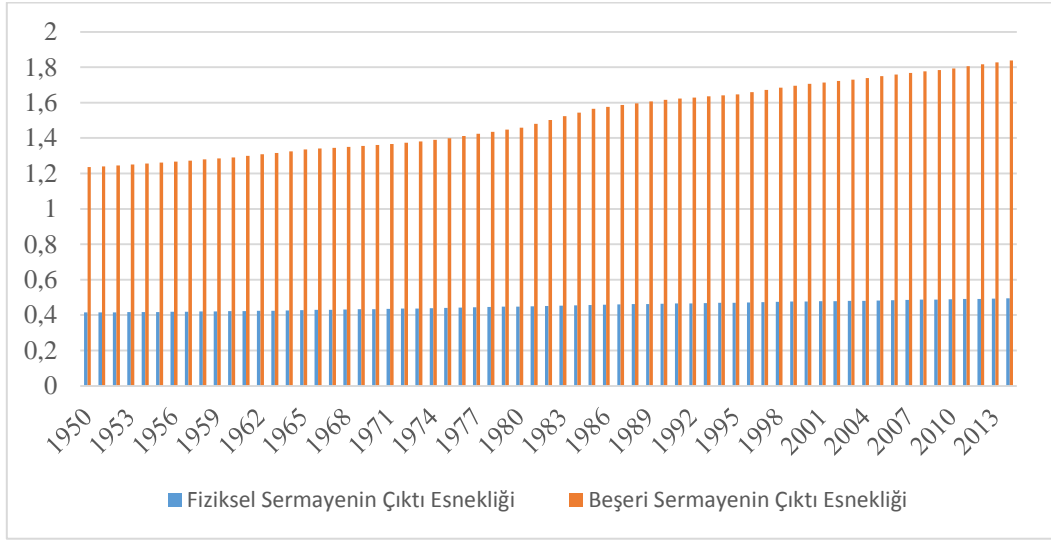
**Tablo 6: Varyans (ANOVA) analizi**

<b>Kaynak</b>	<b>Df</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>
<b>Sabit</b>	1	10717.07	10717.07
<b>Model</b>	5	45.561	8.512
<b>Hata</b>	59	3.118	0.053
<b>Toplam (Düzeltilmiş)</b>	64	45.679	0.714
<b>F-değeri</b>	161.088	(0.000)	
<b>R<sup>2</sup></b>	0.93		
<b>Örnek Ortalaması</b>	12.840		
<b>Standart Hata</b>	0.2298		
<b>Varyasyon Katsayısı</b>	0.0178		

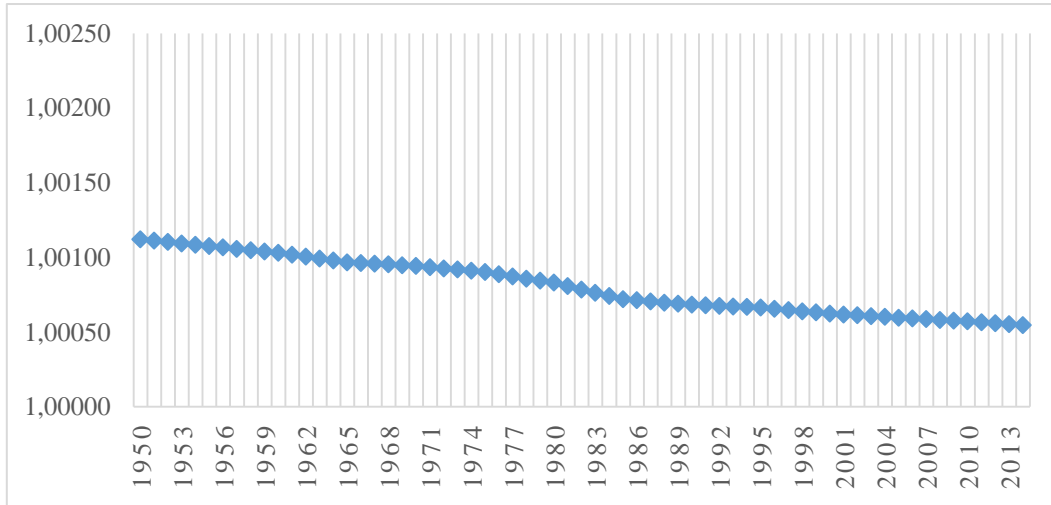
**Not:** df, serbestlik derecesini; SS, kalıntılar toplamını; MS, kalıntılar ortalamasını göstermektedir.

Tahminler gerçekleştirildikten sonra faktörlerde meydana gelen oransal değişimlere karşılık üretimin gösterdiği oransal duyarlılık olan çıktı esneklikleri ile faktörlerin ikame esnekliklerini hesaplayabiliriz. Fiziksel sermaye ve beşeri sermaye için (2) ve (3) numaralı eşitlikler yardımıyla hesaplanan çıktı esnekliklerinin yıllara göre seyri şekil 3’de sunulmuştur. Şekil 3’ten de rahatlıkla anlaşılabilceği üzere beşeri sermayenin çıktı esnekliği birden büyük, fiziksel sermayenin çıktı esnekliği ise birden küçük olarak hesaplanmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar bağlamında, beşeri sermayenin marjinal fiziksel ürününün ortalama fiziksel ürününden büyük olduğu söylenebilir. Bu durum beşeri sermayenin hala azalan verimler bölgesinde olmadığını göstermektedir. Dolayısı ile beşeri sermayenin marjinal fiziksel ürününün azaltılması için beşeri sermaye yatırımlarının ciddi ölçüde artırılması gerekmektedir. Diğer taraftan fiziksel sermayenin çıktı esnekliğinin birden küçük olması ortalama fiziksel ürününün, marjinal fiziksel ürününden büyük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla fiziksel sermayenin azalan verimler bölgesinde olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca yıllar içerisinde beşeri sermayenin çıktı esnekliği giderek artarken, fiziksel sermayenin çıktı esnekliğinde önemli artışlar gözlemlenmemiştir. Bu durum Türkiye’de beşeri sermaye stokunun artırılması hususunun son derece önemli olduğunu göstermektedir.





Şekil 3: Çıktı esneklikleri



Şekil 4: Fiziksel sermaye ile beşeri sermayenin ikame esnekliği

Çıktı esnekliklerinden yararlanarak yıllar içerisinde fiziksel sermaye ile beşeri sermaye arasındaki ikame esnekliği de (12) numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanarak Şekil 4'de sunulmuştur. Şekil 4 incelendiğinde fiziksel sermaye ile beşeri sermaye arasındaki ikame esnekliği yıllara göre 1 civarında hafif bir azalma göstererek pozitif bir seyir izlemektedir. Söz konusu azalma son 65 yılda ikame esnekliğinin 1.00112'den 1.00055 düzeyine gelmesidir. Bu düşüş faktörler arası ikamenin etkin olmadığını göstermektedir. Bu durumda fiziksel sermaye ile beşeri sermaye arasındaki eş ürün eğrisi negatif eğimli, orijine göre dış bükey (konveks)

özellikler sergilemekle beraber, fiziksel sermaye ile beşeri sermaye birbirini mükemmel olmayan bir biçimde ikame etmektedirler. Dolayısıyla her iki üretim faktörü de farklı oranlarda da olsa birbiri yerine kullanılmakla birlikte, üretimde sadece fiziksel sermaye ya da sadece beşeri sermayenin kullanılması söz konusu olamaz.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada Türkiye için beşeri sermaye ile fiziksel sermaye arasındaki ikame olanakları ve çıktı esneklikleri Translog üretim fonksiyonu bağlamında alınmıştır. Analizde kullanılan Translog üretim fonksiyonuna ait modelde yer alan değişkenler arasında yüksek derecede çoklu doğrusal bağlantı olduğu için EKK yöntemi yerine Ridge Regresyon yöntemi ile üretim fonksiyonuna ait parametreler anlamlı ve iktisat teorisi ile tutarlı bir şekilde tahmin edilmiştir. Tahmin edilen parametrelerden yararlanarak, öncelikle beşeri sermaye ve fiziksel sermayenin çıktı esneklikleri hesaplanmış, daha sonra da iki üretim faktörü arasındaki ikame esnekliği elde edilmiştir. Elde edilen önemli bulguları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Hem beşeri sermayenin hem de fiziksel sermayenin çıktı üzerindeki etkilerinin pozitif ve zaman içerisinde arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum her iki üretim faktörünün de çıktı üzerinde olumlu etkisinin olduğunu göstermekte olup, -özellikle beşeri sermayenin pozitif etkisi nedeniyle- içsel büyüme teorisi ile tutarlı bir sonuç elde edilmiştir.
- Beşeri sermayenin çıktı esnekliği, fiziksel sermayenin çıktı esnekliğinden yüksek olarak elde edilmiştir. Fiziksel sermaye 1950-2014 dönemi boyunca çıktı esnekliği durağan bir artış gösterirken (0.415'den 0.494'e), beşeri sermayenin çıktı esnekliğinde ciddi bir artış (1.235'den 1.839'a) görülmektedir.
- Çıktı esnekliğinden anlaşılacağı üzere beşeri sermayenin marjinal fiziksel ürünü, ortalama fiziksel üründen yüksek olarak elde edilmiştir. Bu durum beşeri sermayenin azalan verimler bölgesinde olmadığını göstermektedir.
- Öte yandan fiziksel sermayenin marjinal fiziksel ürünü ortalama fiziksel üründen küçük olarak elde edilmiştir. Bu durum fiziksel sermayenin azalan verimler bölgesinde olduğunu göstermektedir.
- Beşeri sermaye ile fiziksel sermaye arasındaki ikame esnekliği 1950-2014 dönemi boyunca 1 düzeyinde hafif bir azalma gösterecek şekilde bir seyir izlemektedir. Bu durum üretim faktörleri arasındaki ikame edilebilirliğin dikkate alınmaması gerekecek düzeyde azaldığını göstermektedir. Bununla birlikte üretim faktörleri arasında güçlü bir ikame ilişkisi olmakla beraber,

üretim faktörlerinden biri olmaksızın bir üretim gerçekleştirilmesinin söz konusu olamayacağını göstermektedir. Çünkü her ne kadar iki üretim faktörü ikame edilebilse de aynı zamanda bir tamamlayıcılık ilişkisine de sahiptir.

Tüm bu sonuçlar göstermektedir ki, Türkiye’de çıktı üzerinde hem beşeri sermayenin hem de fiziksel sermayenin olumlu katkısı söz konusudur. Bu nedenle hem fiziksel sermaye hem de beşeri sermaye stokunu arttıracak yatırımların gerçekleştirilmesi çıktı düzeyini arttıracaktır. Bununla birlikte, beşeri sermaye stokuna daha fazla gecikmeden, ciddi yatırımlar yapılarak beşeri sermaye stoku artırılmalıdır. Böylece beşeri sermaye arttıkça, marjinal fiziksel ürün azalacak ve çıktı esnekliği birden küçük olacak ve azalan verimler bölgesinde (üretim için etkin olan bölge) yer alacaktır. Dolayısıyla özellikle de devletin eğitim gibi beşeri sermaye stokunu doğrudan ilgilendiren sosyal politikalara ağırlık vermesi büyük önem arz etmektedir. Diğer taraftan ikame esnekliğinde gözlemlenen çok küçük azalmanın daha da büyük oranlarda olmasının sağlanması (ki bu beşeri sermaye stokunun artırılması ile mümkündür) büyük önem arz etmektedir. Böylece iki üretim faktörü arasında ikame ilişkisinin azaltılması ve tamamlayıcılığın artırılması gerekmektedir. Tüm bunlara ek olarak, ekonominin geneli için yapılan bu çalışmaya ek olarak -her ne kadar veri sıkıntısı çok önemli bir engel olsa da- sektörel analizlerin gerçekleştirilmesi ve farklı üretim faktörleri arasındaki ikame olanakları ve esnekliklerin hesaplanması, ilgili literatürün gelişimine büyük katkı sağlayacaktır.

## Kaynakça

- Afşar, M. (2009), Türkiye’de Eğitim Yatırımları ve Ekonomi Büyüme İlişkisi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 85-98.
- Akyüz, Y. (2009), *Sermaye Bölüşüm Büyüme*. 3. Baskı, Ankara: Efil Yayınevi.
- Altıntaş, H. ve Çetintaş, H. (2010), Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Beşeri Sermaye ve İhracat Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik Analizi: 1970-2005. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36, 33-56.
- Arısoy, İ. (2011), Fiziksel Sermaye Yatırımları ve Büyüme İlişkisinin AK Modeliyle Sınanması: Türkiye Örneği (1968-2006). *Maliye Dergisi*, 161(2), 283-297.
- Arrow, K. (1962), The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29/3(80), 155-173.
- Arrow, K. J., Chenery, H. B., Minhas, B. S., ve Solow, R. M. (1961), Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. *The Review of Economics and Statistics*, 43(3), 225-250.
- Ateş, S. (2013), Türkiye’de Fiziksel Sermaye Yatırımlarının Büyüme Oranına Uzun Dönemli Etkileri. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*, XXXIV(I), 63-85.
- Barro, R. J. ve Lee, J. W. (2013), A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184-198.
- Becker, G. S. (1962), Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis. *Journal of Political Economy*, 70, 5(2), 9-49.
- Cassels, J. M. (1951), *On the Law of Variable Proportions*. <http://cas.umkc.edu/ECON/economics/faculty/Lee/courses/502/reading/tp3.pdf> (Erişim Tarihi: 16 Mayıs 2016)
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W. ve Lau, L. J. (1973), Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28-45.
- Cohen, D. ve Leker, L. (2014), Health and Education: Another Look with the Proper Data. <http://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/cohen-daniel/cohen-leker-health-and-education-2014.pdf> (Erişim Tarihi: 17.12.2016).

- Cohen, D. ve Soto, M. (2007), Growth and Human Capital: Good Data, Good Results. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 51-76.
- Çakmak, E. ve Gümüş, S. (2005), Türkiye’de Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Ekonometrik Bir Analiz (1960-2002). *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60(1), 59-72.
- Demir, O., Kutlar, A. ve Üzümcü, A. (2005), Dış Ticaret ve Beşeri Sermayenin Büyümedeki Rolü: Türkiye Örneği. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 180-196.
- Denison, E. W. (1962), Education Economic Growth and Gaps in Information. *The Journal of Political Economy*, 70, 5(2), 124-128.
- Ferguson, C. E. (1971), *The Neoclassical Theory of Production and Distribution*. Cambridge University Press.
- Frisch, R. (1965), *The Theory of Production*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.
- Genç, M. C., Değer, M. K. ve Berber, M. (2010), Beşeri Sermaye, İhracat ve Ekonomik Büyüme: Türkiye Ekonomisi Üzerine Nedensellik Analizi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 5(1), 29-41.
- Hoch, I. (1958), Simultaneous Equation Bias in the Context of the Cobb-Douglas Function. *Econometrica*, 566-578.
- Hoerl, A. E. ve Kennard, R. W. (1970), Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*, 12(1), 55-67.
- Jones, C. I. (2001), *İktisadi Büyüme Giriş*. Ateş, S. ve Tuncer, İ. (çev), İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Kibritçioğlu, A. (1998), İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 53(1-4), 207-230.
- Lin, B. ve Xie, C. (2014), Energy Substitution Effect on Transport Industry of China-Based Trans-log Production Function. *Energy*, 67, 213-222.
- Lucas, R. (1988), On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Marschak, J. ve Andrews, W. H. (1944), Random Simultaneous Equations and the Theory of Production. *Econometrica*, 5, 143-203.

- Mankiw, N. G. (2009), *Makroekonomi*. Çolak, Ö. F. (çev. ed.), Ankara: Efil Yayınevi.
- Mankiw, G. N., Romer, D. ve Weil, D. N. (1992), A Contribution to the Emprics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407-437.
- Mundlak, Y. (1961). Empirical production function free of management bias. *Journal of Farm Economics*, 43(1), 44-56.
- Rebelo, S. (1991), Long-run Policy Analysis and Long-run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500-521.
- Romer, P. M. (1986), Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98, 71-102.
- Schultz, T. W. (1961), Investment in Human Capital. *American Economic Review*, 51(1), 1-17.
- Serel, H. ve Masatçı, K. (2005), Türkiye’de Beşeri Sermaye ve İktisadi Büyüme İlişkisi: Ko-entegrasyon Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(2), 49-58.
- Şimşek, M. ve Kadılar, C. (2010), Türkiye’de Beşeri Sermaye, İhracat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Nedensellik Analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 11(1), 115-140.
- Taban, S. ve Kar, M. (2006), Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Nedensellik Analizi, 1969-2001. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 161-181.
- Thirlwall, A. P. (2006), *Growth and Development with Special Reference to Developing Economies*. 8th ed., Newyork: Palgrave Macmillan.
- Yeldan, E. (2010), *İktisadi Büyüme ve Bölüşüm Teorileri*. Ankara: Efil Yayınevi.
- Zellner, A., Kmenta, J. ve Dreze, J. (1966). Spesification and Estimation of Cobb Douglas Production Function Models. *Econometrica*, 784-795.

# The Substitution Possibilities Between Human Capital and Physical Capital in Turkey: The Translog Production Function Approach

## Extended Abstract

### 1. Introduction

There are many studies in literature examining the contribution of the human capital or physical capital to the economic growth in Turkey. Some results have been obtained in these studies showing that there were consistent and different relations with each other between human and physical capital and the economic growth. The aforesaid studies generally focused on the determination of long term relation or the causality relationship between variables, or interpreted the relations between variables in terms of graphical analysis. Even though each of these studies is a very valuable study, the fundamental incompetency of these studies is that the substitution (or complementarity) possibilities between physical capital stock and human capital, and the output elasticity were not researched. The motivation of this study results from the endeavor to fill this gap in the literature. In this context, the primary purpose of this study is to research the substitution possibilities between human capital and physical capital in Turkey for the period of 1950-2014 by means of Translog production function, and calculate the output elasticity.

### 2. Method

Translog Production Function was used in this study to research the elasticity of substitution between physical capital and human capital. Translog production function can be estimated with ordinary least squares (OLS) estimator. However, this estimation may accommodate a few problems within itself. Marschak and Andrews (1994) indicated that dependent variable, independent variable and error term could not be independent from each other when estimating the production function; therefore, the coefficient estimation will be biased. Moreover, this presupposition suggesting the estimations may be biased is supported by other studies partaking in the literature.

The Ridge Regression method developed by Hoerl and Kennard (1970), among the biased estimators, was used in this study. Ridge Regression method enables the reduction of the variance by adding a small bias parameter ( $k$ ) to the estimations. Meaning, as the variance of the estimations are reduced with the Ridge Regression method, biased estimations are obtained in the rate of bias parameter ( $k$ ). In this way, low variance and more reliable results are obtained by means of a small bias share in the Ridge Regression method according to the OLS estimator, its variance value of which is high.

### 3. Results and Discussion

We can enumerate the important findings obtained as follows:

- It was observed that the impacts of both human capital and physical capital on the output were positive and their impacts increased by time. This situation demonstrates that both production factors have positive impacts on the output, and it was obtained a consistent result with the intrinsic growth theory particularly with the positive effect of human capital.
- The output elasticity of human capital was obtained higher than the output elasticity of physical capital. While the output elasticity of physical capital demonstrates a stable

increase during the 1950-2014 period (from 0.415 to 0.494), a significant increase is seen in the output elasticity of human capital (from 1.235 to 1.839).

- As it can be understood from the output elasticity, marginal physical product of human capital was obtained higher than its average physical product. This situation demonstrates that human capital is not in the decreasing returns region.
- On the other hand, marginal physical product of physical capital was obtained smaller than its average physical product. This situation demonstrates that physical capital is in the decreasing returns region.
- Elasticity of substitution between human capital and physical capital follows a course such to show a slight decrease in the level of 1 throughout the period of 1950-2014. This situation demonstrates that substitutability between production factors decreased at such a level that was not required to be taken into account. However, despite the existence of a strong substitution relation between the production factors, it shows that making production without having one of the production factors is beside the point. Because, even though both production factors can be substituted, they have a complementarity relationship at the same time.

#### **4. Conclusion**

According to the results obtained in the study, both physical capital and human capital have positive impacts on the output in Turkey. Therefore, making investments, that will increase both physical capital and human capital stocks, will increase the output level. In addition, human capital stock has to be increased by making serious investments without further delay. Thus, while human capital increases, marginal physical product will decrease, output elasticity will be less than one, and it will take part in decreasing returns region (the region that is effective for production). For that matter, it is important that the state has to pay a significant attention to the social policies directly concerning human capital, such as education. On the other hand, it is very important to ensure that the very small decrease observed in the elasticity of substitution be in much bigger rates (this is possible by increasing the human capital stock). Thereby, decreasing the substitution relationship between two production factors and increasing their complementarity are required. In addition to all and to this study conducted for the general situation of the economy -even though the data problem is a very important obstacle- performing sectorial analyses and calculation of substitution possibilities and elasticities between different production factors will make a significant contribution to the development of the literature.