

ETKİNLİĞİN ÖLÇÜMÜNDE BAYEZGİL YAKLAŞIM: DİNAMİK STOKASTİK SINIR MODELİ BULGULARI

BAYESIAN APPROACH IN THE MEASUREMENT OF THE EFFICIENCY: DYNAMIC STOCHASTIC FRONTIER MODEL FINDINGS

Ramazan EKİNCİ

İzmir Bakırçay Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
(ramazan.ekinci@bakircay.edu.tr)
ORCID: 0000-0001-7420-9841

ÖZ

Literatürde yapılan etkinlik analizlerinde genellikle üretim sürecinde kullanılan girdilerin gecikmeli uyarlama süreçleri dikkate alınmamaktadır. Dinamik uyarlama sürecini gözardı eden bu yaklaşımlarla tahmin edilen etkinlik skorları bu nedenle sapmalı olabilmektedir. Bu çalışmada 2005 – 2017 dönemi için Türkiye imalat sanayinde faaliyet gösteren 106 firmanın maliyet etkinlik düzeyleri dinamik stokastik sınır analizi ile tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kalıcılık parametresinin değeri bire yakın ve oldukça yüksektir. Buna göre firmaların uyarlama maliyetlerinden kaynaklanan etkisizlikteki kalıcılığın yüksek olduğu söylenebilir. Firmaların dinamik etkinlik skorları ortalamasının statik etkinlik skorları ortalamasından düşük olması bu sonucu destekleyen diğer bir bulgudur.

Anahtar Sözcükler: Dinamik sınır modeli, Dinamik etkinlik, Uyarlama maliyetleri

ABSTRACT

In the efficiency analysis conducted in the literature, the lagged adjustment process of inputs used in the production process is usually not taken into account. Therefore, the efficiency scores estimated by these approaches, which ignore the dynamic adjustment costs, can be biased. In this study, the level of cost efficiency for 106 firms operating in Turkey's manufacturing industry over the period 2005 – 2017, is estimated by dynamic stochastic frontier analysis. The results indicate that, the persistence parameter is fairly close to unity. Accordingly, one can say that the persistence in inefficiency caused by the adjustment costs of the firms is high. The fact that the average of dynamic efficiency scores of the firms is lower than the average of static efficiency scores is another finding that supports this result.

Keywords: Dynamic stochastic frontier, Dynamic efficiency, Adjustment costs

1. Giriş

İktisadi etkinliğin sağlanması günümüz ülke ekonomilerinin üzerinde durduğu temel konuların başında gelmektedir. İktisadi etkinlik ele alınan sektörün optimal etkinlik düzeyinde kaynak dağılımının etkin olup olmadığı konusunda bir bilgi sağlamaktadır. Bununla birlikte ekonomide içsel ve dışsal ekonomilerin optimal etkinlik düzeyi üzerindeki etkisine bağlı olarak kaynak dağılımına yönelik değişim etkisi de etkinlik analizleriyle tespit edilmektedir. Bu çerçevede etkinliğin ölçümü ile buna dayalı performans ölçümünün iki temel özelliği bulunmaktadır: Bunlardan birincisi geçmiş kararların etkisini dikkate alırken, ikincisi ise herhangi bir firmanın veya endüstrinin finansal yapısının oluşumunda kaynak dağılımının etkinliğini analiz etmektedir. (Düzakın ve Düzakın, 2007:1412-1413). Etkinlik kavramı, bir firmanın veya endüstrinin kaynak veya sermaye ile işgücü ve diğer kaynakların en uygun birleşimini kullanarak gerçekleştirdiği üretim ile uzun dönemde rekabetçi kalabilmesi olarak tanımlanır (Mayes vd., 1994). Bu tanımdan hareketle etkinliğin ölçülmesi, kavram içinde belirtilen en uygun kaynak dağılımıyla rekabetin ölçütlerinin analizi olmaktadır. Bu konuda yeni geliştirilen yaklaşımlar söz konusu ölçütlerin pratikte ne kadar geçerli olduğunun analizi için bir araçtır. Buradan hareketle bu çalışmada kullanılan teknik ile yapılan tahminlerden elde edilen parametrelere ait bulgular, ilgili literatüre karşılaştırma için katkı sunmaktadır.

İktisatta etkinliğin ölçülmesine yönelik çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin içinde en önemli ampirik açıdan etkinliğin tahminlenmesine yönelik tekniklerdir. Bunun ana nedeni bilimin ölçülebilir parametrelerinin en doğru şekilde tespit edilmesini sağlama zorunluğunun olmasıdır. Etkinlik ölçümüne yönelik literatür başlangıçta statik firma teorisi altında geliştirilmiş olup yapılan analizler daha çok yatay kesit verilere dayanmaktaydı. Ancak daha sonra zaman serisi yaklaşımlarının (panel veri analizi gibi) kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, statik modellerin eksik yönleri ortaya çıkmaya başlamıştır (Ramanathan vd., 2020:1415-1416). Etkinlik ölçümünde kullanılan yaklaşımlar genel olarak parametreler açısından doğrusal ve doğrusal olmayan olarak ayrılırken, teoriye dayalı yaklaşımlar ise statik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Etkinsizlik modellerinin zamandan bağımsız olması kısıtlayıcı bir faktördür. Bu nedenle etkinlik ölçümünde zaman serisi yaklaşımları parametrelerin tahmininde teoriyi daha çok desteleyen dirençli bulguların elde edilmesini sağlamıştır. Zaman etkisini dikkate alan dinamik bir etkinsizlik modeli, birime özgü etkinsizliklerin farklılığı konusunda daha kapsamlı ve yapısal açıklamalar ortaya koyabilir. Bu çerçevede Aigner vd. (1977) ve Meeusen & van der Broeck (1977) tarafından yatay kesit analizler için geliştirilen stokastik sınır modeli, daha sonra farklı yazarlar (Schmidt ve Sickles, 1984; Pitt ve Lee, 1981; Greene, 2005) tarafından panel veriye uygun olarak genişletilmiştir.

Literatürde etkinsizliğin zamana göre değişimini dikkate alan farklı fonksiyon türleri önerilmiştir. Sınır (frontier) modelini kullanılarak yapılan ilk çalışmalar (Kumbhakar, 1990; Cornwell vd., 1990; Battese ve Coelli, 1992) etkinsizliğin dinamik yapısını, zamanın deterministik bir fonksiyonu şeklinde tanımlamaktadır. Örneğin, Kumbhakar (1990:204) ikinci dereceden üstel bir zaman trendine $(1 + \exp(bt + ct^2))^{-1}$ dayalı bir yaklaşımı ortaya koymuştur. Burada b, c bilinmeyen parametreler ve t zaman periyodudur. Bu yaklaşımlar dinamik özelliklere sahip olmakla birlikte, ekonomideki etkilerin ortalamada ortaya çıkardığı etkiyi göstermektedir.

Ancak bu etkilerin belirlenen zaman dönemine kadar kalıcılığının veya geçici etkilerinin

ayrıştırılmasına imkan vermez. Bunun bir sonucu olarak Ahn ve Sickles (2000), Tsionas (2006) ve Emvalomatis vd. (2011) etkinsizliğin zamana göre değişimini açıklayan daha yapısal bir yaklaşımı önermişlerdir. Bu yaklaşımların ortak özelliği etkinsizlikteki değişiminin otoregresif bir süreç (AR) izlediğinin varsayılmasıdır. Ahn ve Sickles (2000) etkinsizlik skorlarının durağan bir AR (1) süreci izlediğini kabul ederken, yazarlar durağan olmayan durumu göz ardı etmektedir. Yazarlar, diğer dış faktörlerin etkinsizlik üzerindeki etkisini dışarıda bırakmışlardır. Bu konuda katkılar, birim kök tekniklerinin modellemelerde kullanılmaya başlamasıyla ortaya çıkmıştır. Tsionas (2006) ve Emvalomatis vd. (2011) hem durağan hem de durağan olmayan süreçleri dikkate almışlardır. Her iki yazar etkinsizliğin logaritmasının AR(1) süreci izlediğini varsayımında bulunurken Tsionas (2006) etkinsizlik üzerinde etkili olan diğer açıklayıcı değişkenleri de modele dahil etmiştir. Desli vd. (2003) etkinlikteki değişimi, birinci dereceden otoregresif bir süreç (AR (1)) izleyen ve firmaya – zg sabit terimdeki değişimle açıklayan bir model önermektedir. Ancak yazarlar etkinlik skorlarının, geçmiş değerlere bağımlılık göstermeyen, bağımsız ve özdeş dağımlı olduğunu varsaymaktadır. Desli vd. (2003) tarafından geliştirilen dinamik model, Tsionas (2006) ve Emvalomatis vd. (2011) tarafından önerilen alternatif modellerle genişletilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, girdilerin gecikmeli uyarlamasını içeren dinamik ve stokastik bir maliyet sınırı fonksiyonu ile firmaların maliyet etkinlik skorlarını ölçmek ve tahmin edilen dinamik etkinlik skorlarını anlık uyarlama varsayımı altında tahmin edilen statik etkinlik skorları ile karşılaştırmaktır. Bu amaçla çalışmada, Borsa İstanbul'da işlem gören ve Kamuyu Aydınlatma Platformundan (KAP) elde edilen 106 adet imalat sanayi firmasının oluşturduğu dengeli panel veri seti kullanılmıştır.

Çalışmanın iki yönden literatüre katkı sağlaması beklenmektedir: Birincisi, bu çalışmada Türkiye imalat sanayinde bulunan firmaların maliyet etkinlik düzeyleri, dinamik etkileri bayezgil yaklaşımlarla birleştiren güncel bir yaklaşımla ölçülmektedir. Bu yönüyle Türkiye imalat sanayisinin etkinliğini analiz eden ilk çalışmadır. İkincisi, literatürde imalat sanayi üzerine yapılan çalışmalar büyük ölçüde statik analizler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu yönüyle çalışma geleneksel stokastik sınır analizi ile dinamik stokastik sınır analizi sonuçlarını karşılaştırmak suretiyle, Türkiye imalat sanayinde aynı anda dinamik ve statik etkinlik analizi yapan ilk çalışmadır.

Çalışmanın takip eden kısımları şu şekilde planlanmaktadır. İkinci kısımda dinamik firma davranışı ve üretim fonksiyonu ilişkisi ele alınmaktadır. nc kısımda ilgili imalat sanayi etkinliğine yönelik uygulamalı literatür özetlenmektedir. Dördüncü kısımda kullanılan yöntem açıklanırken, beşinci kısımda veri seti ve kullanılan değişkenler tanımlanmaktadır. Devam eden altıncı ve yedinci kısımda sırasıyla model tanımı ve model tahmin sonuçları yer almaktadır. Son kısımda ise sektöre yönelik genel sonuçlar ortaya konulmaktadır.

2. Dinamik Firma Davranışı ve Stokastik Sınır Fonksiyonu

Stokastik sınır ve teknik etkinlik üzerine yapılan mevcut çalışmaların birçoğu, üretim sistemine yeni bir girdi dahil edildiğinde üretime mümkün olan maksimum düzeyde katkıda bulunduğu varsayımına dayanmaktadır. Ancak, retim sistemine dahil olan bir girdinin sistem içinde uyarlama süreci belli bir zaman alabilmektedir (Hamermesh ve Pfann, 1996:1266). Uyarlama sürecinin en önemli nedenleri arasında girdilerin yarı-sabitliği, öğrenme süresi ve farklı sözleşme bağlantıları yer almaktadır (Emvalomatis vd., 2011:163). Uyarlama süreci dikkate alındığında, diğer etkinsizlik kaynakları sabit tutulsa bile, yeni bir girdinin üretim sürecine dahil edilmesiyle birlikte bir firmanın üretim sınırına ulaşması eşanlı olarak mümkün olmayabilir (Lucas, 1967:322-

323; Treadway, 1971:846). Bundan dolayı, bir firmanın etkinlik ve verimlilik değişiminin arkasında, girdi uyarlaması açısından dinamik bir süreç vardır. Bu dinamik uyarlama süreci herhangi bir üretim sisteminin kendi içinde süreklidir. Bu dinamik sürecin bir sonucu olarak üretim çıktısının yetersiz olması, gerçek anlamda bir üretim biriminin etkisizliğini temsil etmeyebilir. Bu nedenle, girdi uyarlamalarının çıktısı üzerindeki etkisini göz ardı eden statik bir üretim/maliyet sınır modeli; etkinliğin tahmin sonuçlarının sapmalı olmasına yol açar (Emvalomatis vd., 2011:164).

Firmalar tarafından izlenen karar alma süreci genel olarak dinamik bir özellik göstermektedir. Teknoloji ile özellikle içsellik ve dışsallıkların sürekli değişmesi nedeniyle, mevcut üretim koşullarındaki farklılıkların, firmalar tarafından dikkate alınması gerekmektedir. Ancak, firmalar uyarlama sürecinde, kısıtlamalar ve çeşitli maliyetlerle karşı karşıya kalmaktadır. Düzenlemeler, yarı-sabit veya bölünemez girdiler ve işlem, bilgi ve diğer uyarlama maliyetleri, firmaların optimal koşullara yönelik uyarlamalar yapmasını engelleyen önemli faktörlerdir (Sengupta, 1995:179). Bu bağlamda firmalar sadece etkisiz olmakla kalmayıp, aynı zamanda bu etkisizlik bir dönemden diğerine kalıcılık gösterebilir. Firmalar kısa dönemde kısmen etkisiz kalmayı optimal bir davranış olarak görebilirler. Bu kısa dönemli etki statik bir süreci ifade eder (Emvalomatis vd., 2011:163). Literatürde son yıllarda etkinlik ölçümü üzerine yapılan teorik ve ampirik çalışmalar bu yaklaşıma dayanmaktadır. Ancak, karar alma sürecinde firmalar için birçok yönden yol gösterici olsa da, bu statik teorik yapı gerçeği temsil etmez (Galán vd., 2015:562). Firmaların kararlarında, hem bugünün sonuçlarını hem de gelecekteki olasılıkları etkileyen, cari dönem davranışlarla birlikte zamanlararası etkilere bağlı bir süreç vardır. Bu nedenle, zamanlararası etkileşimi dikkate alan, dinamik modellemeye yönelik literatür önem kazanmaktadır. Statik modellemeden dinamik modellemeye geçerken, hem firmanın amaçları hem de kısıtlamalar konusundaki varsayımlar farklılaşmaktadır (Galán vd., 2015:562-563).

Ahn vd. (1998, 2000) ve Hultberg vd. (1999:455), girdilerin yavaş uyarlandığı varsayımı altında yaptıkları etkinlik analizinde, dönem başında tahmin edilen etkinlik değerlerinin kısmen bir dönem sonraya uyarlandığını göstermiştir. Yazarlara göre, herhangi bir dönemde gerçekleşen etkinlik sonuçları, bir önceki dönemin gerçekleşen etkinlik değerlerinin yanı sıra teknolojik yeniliklerinin eşanlı benimsenmesi durumunda elde edilebilecek etkinlik düzeyinin de bir fonksiyonudur. Uyarlama hızı, teknik etkinliği otoregresif bir süreçle açıklayan ve firmaların etkin üretim sınırına ne kadar hızla ulaşıldığını gösteren bir parametredir (Tsionas, 2006). Bu nedenle dinamik modelde, cari dönem çıktı düzeyi cari dönem girdilerinin yanı sıra geçmiş dönem çıktı ve girdi düzeyine bağlıdır. Dinamik uyarlamaları dahil ederek yapılan diğer çalışmalar arasında Ayed-Mouelhi ve Goaid (2003), Kumbhakar vd. (2002) ve Asche vd. (2008) sayılabilir.

Bir firmanın etkinliği için dinamik davranışını modellerken karşılaşılan en önemli kısıtlayıcı faktör sermaye stokunun zaman içindeki değişimi ve bunun etkisidir. Statik kısa dönemli modellerde sermaye stoku yarı-sabit girdi olarak değerlendirilirken, uzun dönemde serbest uyarlanabilir bir değişken olarak ele alınmaktadır (Emrouznejad ve Thanassoulis, 2005: 366-367). Bu iki ayrık durum arasında ise sistematik bir bağıntı bulunmamaktadır. Dinamik bir modelde sermaye, mevcut sermayenin amortisman oranı ve yeni sermaye yatırım oranına göre değişen bir denkleme göre ayarlanmaktadır. Bu denklem, mevcut kararlar ile gelecekteki üretim olasılıkları arasında dinamik bir ilişki kurmaktadır (Emrouznejad ve Thanassoulis, 2005: 377). Yatırımın pozitif veya negatif olmasına yönelik veya sermayenin uyarlaması ile ilgili herhangi bir maliyet bulunmuyorsa, firma için bir kısıtlamanın olmadığı söylenebilir. Ancak genel kabul sermayenin nadiren serbest ve maliyetsiz olarak uyarlanabildiği yönündedir. Bu genel kabul, firmaların

yatırım davranışını öngöremeyen neoklasik yatırım teorisine alternatif olarak yatırımın maliyet ayarlaması teorisine dayanmaktadır (Ouellette ve Yan, 2008: 240-241).

Bir firmanın etkinlik skorlarını etkileyen faktörler, firmanın kontrolünde olsalar bile, uyarlama maliyetleri yüksek ise, eşanlı olarak uyarlanmayabilir. Dinamik bir sistemde firma için optimal kararın, kısa dönemde etkisiz kalmak olduğu belirtilmektedir. Bu ise etkisizliğin bir dönemden diğere devam edeceği ve kalıcılık göstereceği anlamına gelmektedir (Galán vd., 2015:562).

Firma davranışının dinamik modeli, firmanın hedeflerinin gelecekte genişletileceği varsayımına dayanmaktadır. Firmanın hedefleri arasında iskonto edilmiş kar akışlarının toplamının maksimize edilmesi veya iskonto edilmiş maliyetlerin minimize edilmesi gösterilebilir (Sengupta, 1995: 127-128). Alınan kararların sadece cari dönem değil, aynı zamanda gelecekteki üretim olasılıklarını ve karlılığı etkilemesi, firma davranışlarının doğası gereği dinamik olduğunu göstermektedir. Yeni araç gereçlere yatırım yapma ve teknoloji seçimi gibi firma yöneticileri tarafından alınan bazı kararlar düzenli ve düzensiz aralıklarla ortaya çıkmaktadır. Bu noktada bir dönemden bir başka döneme etkinlik değişimi pozitif olarak kendinden daha yüksek bir çıktı artışıyla sonuçlanıyorsa, firmanın uyarlama maliyetlerinin düşük olduğu anlamına gelir (Sengupta, 1995:183-184). Ayrıca dönem içinde yapılan yatırımların maliyetlerinin düşmesi olarak da ifade edilebilir. Burada kullanılan teknik bu hipotezlerin test edilmesi veya ele alınan örneklem üzerinden geçerli olup olmadığını gösterir. Bununla birlikte, finansal yapı ile etkinlik arasında ilişki kurulmasını sağlar. Bu ifadelerden hareketle firmaların etkinliğindeki artıştan daha yüksek bir çıktı düzeyine ulaşmayı sağlayan finansman tercihleri firmanın sürdürülebilirliğini gösterir (Nemoto ve Goto, 2003: 193).

Bir firmanın teknolojik yenilikler nedeniyle sürekli yukarı kayan bir üretim sınırının üzerinde bulunabilmesi, yatırım ve üretim sürecinin yeniden uyarlanması ile mümkündür (Emvalomatis vd., 2011). Ancak, hem yeni teknolojilere yatırım yapılması hem de üretim sürecinin yeniden ayarlanması süreci yüksek ek maliyetler gerektirmektedir. Bu maliyetler göz önüne alındığında, firmanın üretim sınırında bulunmasının, uzun dönemde her zaman optimal strateji olmayabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sermayenin kademeli olarak değiştirilme imkanının bulunması, firmanın en iyi teknoloji kullanılarak tanımlanan sınır üzerinde faaliyette bulunamayacağı anlamına da gelmektedir (Emvalomatis vd., 2011).

3. Literatür

Bu bölümde imalat sanayi endüstrisinin etkinliğini ölçmeye yönelik yapılan etkinlik analizi bulgularına yer verilmektedir. Söz konusu çalışmalardan büyük bir bölümü imalat sanayi geneline ve alt sektörleri incelemektedir. İmalat sanayi etkinliğine yönelik çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, burada ele aldığımız yaklaşımın sınırları içinde daha çok üretim fonksiyonları ve Stokastik Sınır Analizini (SFA) kullanarak elde edilen literatür bulgularına yer verilmiştir. Buradaki ana amacımız karşılaştırma yapabilecek literatür bilgisinin gerekli olmasıdır.

Taymaz ve Saatçi (1997), çalışmasında 1987 – 1992 dönemi için panel veri kullanarak Türk imalat sanayinde faaliyet gösteren Tekstil, Çimento ve Motorlu taşıtlar sektörlerindeki teknik etkinlik ve teknoloji gelişmeleri araştırmıştır. Etkinlik skorlarının elde edilmesinde C-D üretim fonksiyonu üzerinden Battese ve Coelli (1995) modeli kullanılmıştır. Modelde emek, sermaye, enerji ve hammadde girdi değişkenleri, satışlar ve stoklar ise çıktı değişkenleri olarak kullanılmaktadır. Ampirik bulgular, sektörler arası teknoloji değişim oranları ve firma düzeyinde teknik etkinliği etkileyen faktörlerde anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermiştir. Taşeronluk şeklinde kurulan

firmalar arası ilişkilerin tekstil, çimento ve motorlu taşıt endüstrilerindeki kullanıcı firmalarının etkinliğini arttırdığı da belirtilmektedir. Bunun yanı sıra yazarlar, sahiplik türü ve teknolojinin kaynağının firma - düzeyinde etkinliğin belirleyenleri arasında olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, çimento ve motorlu taşıt endüstrilerinde firma büyüklüğü ile teknik etkinlik arasında pozitif ilişkiye ulaşılması çalışmada diğer önemli bir bulgu olarak gösterilmektedir.

Önder vd. (2003), Türkiye’de seçilmiş 18 ilin imalat sanayisinde faaliyet gösteren firmaların teknik etkinliğin yanı sıra teknolojik gelişmeleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimi analiz etmiştir. Çalışmanın veri dönemi 1990 – 1998 olarak seçilmiş ve panel veri analizi kullanılmıştır. Firma düzeyinde etkinlik skorları translog üretim fonksiyonu üzerinden SFA ile tahmin edilmiştir. Tanımlanan üretim fonksiyonunda çıktı değişkenleri olarak satışlar ve stoklar; girdi değişkenleri olarak da emek, sermaye ve hammadde alınmıştır. Tüm sektör için ele alınan dönem incelendiğinde teknik etkinlik skorlarında bazı dönemlerdeki artışa rağmen ortalama %1,6’lık azalış görülürken, teknolojiye %1,7 oranında bir iyileşmenin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Toplam faktör verimliliğindeki değişim ise bu nedenle sınırlı kalmıştır. Öte yandan büyük ölçekli firmaların küçük ölçekli firmalardan daha etkin oldukları görülmektedir. Çalışmada, büyük şehirler ve büyük şehirlere yakın bölgelerde bulunan imalat sanayilerin teknik etkinlik skorlarının endüstri ortalamasının üzerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, birçok ilde özel imalat sanayilerinin kamu sanayilerinden daha etkin olduğu görülmüştür.

Deliktaş (2002), özel sektör imalat sanayinin teknik etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri Malmquist verimlilik indeksi ve Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımı ile incelemiştir. Çalışmada 1990 – 2000 dönemi verileri kullanılarak il bazında ve alt sektörler itibarıyla performans göstergeleri hesaplanmış ve sektörel karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda etkinlik skorları ve toplam faktör verimliliği en yüksek sektörlerin Marmara Bölgesi’nde yer aldığı, en düşük etkinlik ve toplam faktör verimliliğine sahip sektörlerin ise Ege Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi’nde olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama 0.937 teknik etkinlik ortalaması ile en etkin alt sektör kağıt ve kağıt ürünleri sanayii olarak bulunurken, 0.694 yıllık ortalama teknik etkinlik düzeyi ile taş ve toprağa dayalı sanayii en az etkin sektör olarak tespit edilmiştir.

Deliktaş (2006), İzmir ilinde faaliyet gösteren küçük, orta ve büyük ölçekli imalat sanayi alt sektörlerinin teknik etkinlik düzeyleri ile toplam faktör verimliliği değişimlerini incelemiştir. Analiz kapsamı, kamu ve özel sektördeki firmaların 1991 - 2000 dönemi verilerine dayanmaktadır. Veri Zarflama Analizi (VZA) ile elde edilen sonuçlar orta ve büyük ölçekli firmaların teknik etkinlik düzeyinin küçük ölçekli firmalara göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Öte yandan, en yüksek etkinlik düzeyine sahip alt sektörün içki sanayi olduğu tespit edilmiştir.

Çokgezen ve Balcılar (2003), Türkiye şeker endüstrisinde faaliyet gösteren kamu ve özel sektöre ait 29 şeker fabrikasının teknik etkinsizliğini, SFA yöntemi kullanarak test etmişlerdir. Çalışmada, 1998 yılı verileri kullanılarak 3 girdi ve 1 çıktıdan oluşan translog üretim fonksiyonu tahmin edilmiştir. Modelde girdi değişkenleri olarak üretimde kullanılan şeker miktarı, işgücünü temsilen yıllık toplam çalışma saati ve sermaye miktarını temsilen toplam işletme kapasitesi kullanılmıştır. Üretim süreci sonunda elde edilen toplam üretilen şeker miktarı ise çıktı değişkeni olarak modele dahil edilmiştir. SFA sonuçlarına göre endüstride ortalama teknik etkinsizlik düzeyi yüzde 10 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, bireysel şeker fabrikalarına ait teknik etkinsizlik düzeylerinin yüksek değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Kamu sektörüne ait fabrikaların etkinsizlik yüzde 11 iken, özel sektöre ait fabrikaların etkinsizlik düzeyi yüzde 7 olarak bulunmuştur. Son olarak, tahmin edilen

kamu ve özel sektöre ait fabrikaların etkinlik skorları arasında anlamlı bir farklılaşma olmadığı tespit edilmiştir.

Kök ve Yeşilyurt (2006), Türkiye imalat sanayinde 1993 – 2000 yılları arasında faaliyet gösteren ilk beş yüz imalat sanayi kuruluşunun etkinliğini SFA yöntemi ile ölçmüşlerdir. Çalışmada özel kesime ait 28 endüstride 185, kamu kesimine ait 15 endüstride 58 firmadan oluşan panel veri seti kullanılmıştır. Teknik etkinlik skorlarının elde edilmesinde 2 girdili ve 1 çıktılı üretim fonksiyonu kullanılmıştır. İşgücünü temsilen çalışanlara yapılan yıllık ödemeler alınırken, sermaye değişkeni olarak kurulu makinelerin sayısı, kurulu ekipmanların beygir gücü, amortismanlar ve sabit varlıkların muhasebe değerleri kullanılmıştır. SFA bulgularına göre, özel firmaların oluşturduğu alt sektörlerin ortalama teknik etkinlik seviyesinin 0.866, kamu firmalarının oluşturduğu alt sektörlerin ortalama teknik etkinlik düzeyinin 0.723 olduğu gözlenmiştir. Özel sektör içinde trikotaj ürünleri imalatı sektörü en düşük teknik etkinliğe sahip sektör iken, kara taşıtlarının imalatı en yüksek teknik etkinlik düzeyi olan sektördür. Kamu sektöründe en düşük teknik etkinliğe sahip sektör tekstil dokumacılığı iken, en yüksek teknik etkinlik seviyesine sahip sektör motorlu kara taşıtları imalatı sektörüdür. Bunun yanı sıra alt sektörlerin teknik etkinlik düzeyleri ile yoğunlaşma oranları arasında pozitif bir korelasyon gözlenmiştir. Ayrıca, σ -yakınsama analizi sonucuna göre sektörler arasında yakınsamanın olmadığı, buna rağmen zayıf da olsa bir iraksamanın olduğu görülmüştür.

Atan vd. (2009), 2004 – 2006 yılları arasında 10 farklı imalat sanayi sektörünün etkinliğini analiz etmiştir. Çalışmada, bilançoya dayalı girdi ve çıktı değişkenleri üzerinden tanımlanan Cobb-Douglas üretim fonksiyonu, Battese ve Coelli (1992) modeli ile tahmin edilmiştir. Bulgular sonucunda farklı sektörler için tahmin edilen etkinlik skorlarının ele alınan dönem aralığında artış gösterdiği görülmüştür. Öte yandan üretim fonksiyonunun 2002 – 2004 dönemleri arasında ölçeğe göre azalan getiri gösterdiği, 2004 – 2006 dönemlerinde ise ölçeğe göre artan getiri gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Avcı ve Çağlar (2016), İstanbul Sanayi Odası'na kayıtlı ilk 500 firmanın 2011-2014 dönemleri arasındaki teknik etkinlik düzeylerini SFA yönteminden yararlanarak ölçmeye çalışmıştır. Çalışmada her bir yıl için yatay kesit veri oluşturularak Cobb-Douglas (C-D) üretim fonksiyonu üzerinden sektörel düzeyde etkinlik skorları tahmin edilmiştir. Girdi değişkenleri olarak; özkaynaklar, aktif toplamı ve personel sayısı, çıktı değişkenleri olarak; dönüştürülmüş dönem net karı (vergi öncesi) alınmıştır. SFA sonucuna göre firmaların etkinlik skorları 2011 yılından 2013 yılına kadar düşük eğilimi gösterirken, 2014 yılında yükselmiştir. Kamu ve özel sektör etkinlik skorları birlikte değerlendirildiğinde, kamu sektöründe etkinliklerin özel sektördekinden düşük olduğu görülmüştür. Sektörel bazda etkinlik değerleri karşılaştırıldığında; 2014 yılına kadar giyim sektörünün, 2014 yılında ise gıda sektörünün diğer sektörlerden daha yüksek etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Akan ve Çalmaşur (2011), 2004-2007 dönemi için TRA1 alt bölgesi imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların teknik etkinlik düzeylerini, parametrik (SFA) ve parametrik olmayan (VZA) yöntemlerle ölçmüştür. Çalışmada farklı yöntemlerin etkinlik skorları üzerinde ne ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koyan karşılaştırmalı bulgulara da yer verilmiştir. Firma etkinlik skorları, SFA ve VZA ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tahmin sonuçlarına göre VZA teknik etkinlik değerlerinin SFA teknik etkinlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, iki yöntem arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmuştur. Modele kontrol değişkenleri dahil edildiğinde ortalama firma büyüklüğündeki artışın etkisizliği arttırdığı, zaman trend

değişkeninin ise etkinsizlik seviyesini azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Bilik vd. (2016), 2003 – 2011 yılları arasında Türkiye gıda sanayinde faaliyet gösteren 131 firmanın etkinliğini Kumbhakar vd. (2014) tarafından geliştirilen ve SFA yöntemine dayanan bir yaklaşımla ölçmüşlerdir. Analizde girdi olarak; çalışan sayısı ve sermaye, toplam çıktı olarak; imalat sanayi faaliyetlerinden elde edilen satış gelirleri kullanılmıştır. Sermaye değişkeni “aralıksız envanter yöntemi” kullanılarak hesaplanmıştır. Firma bazlı veriler TÜİK tarafından hazırlanan Yapısal İş İstatistikleri göstergelerinden derlenmiştir. Çalışmada fonksiyonel kalıbın seçimine yönelik yapılan LR testi sonucunda Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun uygun olduğu görülmüş ve etkinlik değerleri buna göre tahmin edilmiştir. Kumbhakar vd. (2014) model sonuçlarına göre kısa dönemli etkinlik skorları ortalamasının uzun dönem etkinlik skorları ortalamasından daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, gıda sanayinde teknik etkinsizliğin kalıcı olduğu ve uzun dönemde firmaların etkinlik düzeylerinin birbirine yakınsamadığı tespit edilmiştir.

Hajihassaniasl ve Kök (2016), Stokastik meta-frontier yaklaşımını kullanarak Türkiye imalat sanayinde faaliyet gösteren küçük, orta ve büyük ölçekli firmaların etkinlik ve teknolojik farklılıklarını araştırmıştır. Çalışmada veri seti, anket bulguları ve 2005-2010 dönemi İMKB’ye kayıtlı firmaların finansal tablolarından elde edilmiştir. Alt sektörler itibariyle grup teknik etkinlik skorları incelendiğinde küçük ölçekli firmalarda en etkin sektörün Gıda, İçecek ve Tütün ürünleri sektörü, orta ve büyük ölçekli firmalarda ise en etkin sektörün Mineral Ürünleri sektörü olduğu görülmüştür. Meta frontier teknik etkinlik skorlarına göre küçük ölçekli firmalarda en etkin sektör Tekstil, Konfeksiyon ve Kürk, Deri Mamulleri sektörü iken, orta ve büyük ölçekli firmalarda en etkin sektör Mineral Ürünler sektörü olarak bulunmuştur. Çalışmada teknolojik farklılıklar anlamlı bulunmuş ve etkinsizliğin firmaların optimal üretim ölçeğinin altında faaliyet göstermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

4. Yöntem

4.1. Stokastik Sınır Analizi

Stokastik sınır modeli bağımsız olarak, Aigner vd. (1977), Battese ve Corra (1977) ve Meeusen ve Van den Broek (1977) tarafından geliştirilmiştir. Yazarlar tarafından önerilen model logaritmik formda şu şekilde ifade edilebilir:

$$\ln(y_j) = \ln x_j \beta + v_j - u_j \quad (1)$$

Burada x_j firma j için girdi vektörlerini göstermektedir, v_j negatif-olmayan etkinsizlik terimine, u_j eklenmiş rassal hatayı belirtmektedir. Rassal hata, v_j ölçme hataları ve çıktı değişkeninin değerini etkileyen diğer rassal faktörleri açıklamaktadır. Burada tanımlanan üretim sınırı, stokastik değişken $\exp(x_j \beta + v_j)$ tarafından belirlendiği için model stokastiktir. Rassal hata, v_j pozitif veya negatif değerler alabileceği için, stokastik sınır çıktıları modelin deterministik kısmı $\exp(x_j \beta)$ tarafından açıklanır (Coelli vd., 1997).

Stokastik sınır modelini tahmin etmek için öncelikle model fonksiyonel formunun belirlenmesi gerekmektedir. Girdi fiyatlarıyla ilgili bilgiler mevcut olduğunda ve maliyet minimizasyonu veya kâr maksimizasyonu gibi davranışsal varsayımlardan biri benimsendiğinde, performans ölçümleri, bu bilgiyi (girdi fiyatları) kullanarak hesaplanabilir. İkilik (dualite) yaklaşımından hareketle Stokastik maliyet fonksiyonu aşağıdaki genel logaritmik formda gösterilebilir:

$$\ln C_j = f(\ln y_{r,j}, \ln c_{i,j}) + \varepsilon_j \quad (2)$$

Burada, C_j firma j için toplam maliyeti göstermektedir. $y_{r,j}$ firma j 'nin r -th çıktısını ölçerken, $c_{i,j}$ firma j 'nin i -th girdi fiyatıdır. Hata terimi ε_j iki bileşenin (v_j ve u_j) toplamından v_j+u_j oluşmaktadır. Rastal hata terimi v_j açıklayıcı değişkenlerden bağımsız $v_j \sim N(0, \sigma_v^2)$ ve özdeş (iid) dağıldığı varsayılmaktadır. Etkinsizlik terimi u_j ise $u_j \sim N(0, \sigma_u^2)$ ve iid olup v_j 'den bağımsızdır. Etkinsizlik terimi u_j sıfırda kesikli negatif-olmayan dağılımından elde edilmektedir. Genel olarak çok girdili ve çok çıktılı translog maliyet fonksiyonu şu şekilde oluşturulur ve tahmin edilir (Meeusen ve Van den Broek, 1977):

$$\ln C_j = \alpha_0 + \sum_{r,j} \beta_r \ln y_{r,j} + \sum_{i,j} \beta_i \ln w_{ij} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_k \beta_{ik} \ln y_{ij} \ln y_{kj} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_z \beta_{iz} \ln w_{ij} \ln C_{zj} + \frac{1}{2} \sum_r \sum_i \beta_i \ln y_r \ln w_i + v_j + u_j \quad (3)$$

burada C toplam işlem maliyetleridir, y_r toplam çıktıyı göstermek üzere $r=1$ olarak belirlenmiştir. $w_r, i=1, \dots, 3$ olmak üzere üç adet girdi fiyatını ve α_0 diğer tüm maliyet belirleyicilerini hesaba katan sabiti göstermektedir. Etkinsizlik firmaların maliyetlerini olması gerekenden daha fazla arttırdığı için etkinsizlik terimi u_j maliyet fonksiyonunda artı olarak eklenmektedir. Eşitlik (3)'te tanımlanan maliyet fonksiyonunun dualite çözümü için aşağıdaki homojenlik kısıtının uygulanması gerekmektedir:

$$\sum_r \beta_r = 1, \sum_{i,z} \beta_{iz} = 0, \sum_i \beta_i = 0 \quad (4)$$

Homojenlik kısıtı altında toplam maliyetler ve girdi fiyatları normalize edilmektedir (Lang ve Welzel, 1996:1006). Firma-özelinde etkinlik skorları tahmin edilirken ε_j veri iken u_j 'nin koşullu beklenen değeri formülünden yararlanılmaktadır (Jondrow vd., 1982:234-236). Buna göre etkinlik skorları $\exp[E[-u|\varepsilon]]$ beklenen değeri formülünden hesaplanmakta ve 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Etkinlik skorunun bire eşit olması firmanın tam etkin olduğu göstermektedir.

4.2. Dinamik Stokastik Sınır Analizi

Tsonas (2006) tarafından geliştirilen dinamik stokastik sınır modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$y_{it} = x_{it} \beta + v_{it} - u_{it}, \quad i = 1, \dots, n, \quad t = 1, \dots, T \quad (5)$$

Burada y_{it} i firmasına ait t dönemi çıktısını ifade etmektedir. Denklemden x_{it} $k \times 1$ boyutlu ve girdi miktarlarını içeren açıklayıcı değişkenler vektörünü, β $k \times 1$ boyutlu parametreler vektörünü, v_{it} normal dağılım izlediği varsayılan idiosyncratic hata terimini ve u_{it} teknik etkinsizliği temsil eden negatif-olmayan hata terimini göstermektedir. v_{it} 'ler ve u_{it} 'lerin karşılıklı ve aynı zamanda x_{it} 'den bağımsız olduğunu varsayılmaktadır. Ölçme hataları için standart varsayım eşitlik (6)'da gösterilmektedir:

$$v_{it} \sim IN(0, \sigma_v^2) \quad i = 1, \dots, n, \quad t = 1, \dots, T \quad (6)$$

Teknik etkinsizlik değerleri için (7) - (8) nolu eşitlikleri tanımlayabilir (Tsonas,2006):

$$\log u_{it} = z_{it}'\gamma + \rho \log u_{i,t-1} + \xi_{it}, \quad \xi_{it} \sim IN(0, w^2) \quad (7)$$

$$\log u_{i1} = z_{i1}'\gamma / (1 - \rho) + \xi_{i1}, \quad \xi_{i1} \sim IN(0, w^2 / (1 - \rho)) \quad (8)$$

Eşitlik (7)'de z_{it} $m \times 1$ boyutlu gözlemlenen ortak değişkenlerin (covariates) satır vektörü ve y $m \times 1$ boyutlu parametreler vektörüdür. ρ her bir firma için bir dönemden diğerine aktarılan etkinsizlik oranını yakalayan bir kalıcılık parametresidir. Modelde ξ_{it} kısa-dönemde rassal şokları yakaladığı varsayılan normal dağılımlı hata terimini göstermektedir. v_{it} ve u_{it} karşılıklı ve aynı zamanda x_{it} ve z_{it} 'den bağımsızdır. Eşitlik (7) ve (8)'in ayırt edici özelliği geçmiş dönem etkinsizlik değerlerinin u_{it} 'nin cari dönem değerini belirlemesidir. Sistematik kısım $z_{it}'\gamma + \rho \log u_{i,t-1}$, logaritmik etkinsizliğin (u_{it}) beklenen kaynağını açıklarken; sistematik olmayan kısım ξ_{it} , logaritmik etkinsizliğin (u_{it}) beklenmeyen kaynağını $N(0, \sigma_{\xi}^2)$ dağılımlı rassal bir değişkenle yakalamaktadır. $\rho=0$ için eşitlik, Battese ve Coelli (1995) ve Kumbhakar vd. (1991) modelinde olduğu gibi etkinsizliğin etkileri ile stokastik sınır modeline dönüşmektedir.

Etkinsizliğin sıfır veya bire eşit olmasına yol açan $\log u_{it}$ 'nin, sonsuzda pozitif veya negatif sapmasını önlemek için, $|\rho_i| < 1$ kriterini sağlayan durağanlık koşulu tanımlanmaktadır. Genel olarak, eğer bir firmanın ρ_i değeri 1'e yakınsa, bu o firmanın etkinsizliğinin kalıcılık göstermesi ve bir dönemden diğerine aktarılan etkinsizlik oranının yüksek olduğu anlamına gelmektedir. ρ_i değeri 0'a yaklaştıkça, kısa dönem etkinsizliğin ortalamaya dönme hızı artmakta ve etkinsizliğin düşük bir bölümü kalıcılık göstermektedir (Tsonas, 2006).

Sonsal (posterior) etkinsizlik u_{it} sonuçları kullanılarak, 0 ile 1 arasında ölçülen, her bir döneme ait bireysel firmaların etkinlik skorları aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$Eff_{it} = \exp(-u_{it})$$

Yukarıda eşitliklerle (1'den 4'e kadar) gösterilen dinamik modele ait yapısal parametreler vektörü şu şekilde tanımlanır: $\theta = [\beta, \gamma, \rho, \sigma, \omega] \in \Theta \subseteq \mathfrak{R}^{k+m+3}$. Ayrıca modelde \mathfrak{R}_+^{nT} ile tanımlanan ilave örtük değişken u yer almaktadır. Model tahmininde kullanılan ortak yoğunluk fonksiyonu, $p(y, u | X, Z)$ ile gösterilebilir. Burada, X ve Z için de benzer olmak üzere, $y_i = [y_{i1}, \dots, y_{in}]'$, $i=1, \dots, n$ iken $y = [y'_1, \dots, y'_n]'$ şeklinde ifade edilebilir. y ve örtük u 'nun ortak dağılımı aşağıdaki yoğunluk fonksiyonuyla yazılabilir.

$$p(y, u | X, Z) = (2\pi\sigma^2)^{-nT/2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (y_{it} + u_{it} - x_{it}'\beta)^2\right] \\ x (2\pi w^2)^{-nt/2} \exp\left[-\frac{1}{2w^2} \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T (\log u_{it} - z_{it}'\gamma - \rho \log u_{i,t-1})^2 - \log u_{i1}\right] \\ x (1 - \rho^2)^{-n/2} \exp\left[-\frac{1 - \rho^2}{2w^2} \sum_{i=1}^n (\log u_{i1} - z_{i1}'\gamma / (1 - \rho^2))^2 - \log u_{i1}\right] \quad (9)$$

Eşitlikte ilk satır $y_{it} | x_{it}, u_{it}$, θ 'nin normallik varsayımından hareketle yazılmaktadır. İkinci satır $u_{it} | z_{it}, u_{i,t-1}$, θ 'nin log-normallik varsayımına dayanırken, üçüncü satır $u_{i1} | z_{i1}$, θ için tanımlanan log-

normallik varsayımından gelmektedir. Olabilirlik fonksiyonu oluşturmak için

$p(y|X, Z, \theta) = \int_{\mathcal{Y}^n} p(y, u | X, Z, \theta)$ du şeklinde tanımlanmış bir ortak yoğunluk fonksiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Tanımlanan fonksiyonların çözümünde Bayezgil teknikler ile bunların tahmininde kullanılan MCMC metodları önerilmektedir (Tsonas, 2006).

4.3. Bayezgil Tahmin

Bayezgil tahmin yöntemi ile analize devam edebilmek için önsel (prior) bir dağılıma $p(\theta)$ ihtiyaç duyulmaktadır. Burada konum parametrelerinin, β , γ ve ρ , ölçek parametrelerinden σ , ω bağımsız olduğunu varsayımı yapılmaktadır. Konum parametreleri üzerindeki ortak önselin (prior) şu şekilde olduğunu varsayılmaktadır:

$$p(\beta, \gamma, \rho) = f_N^k(\beta | \bar{\beta}, \bar{V}_\beta) f_N^m(\gamma | \bar{\gamma}, \bar{V}_\gamma) p(\rho) \quad (10)$$

Burada $f_N^k(x|m, V)$, m ortalama vektör ve V kovaryans matrisine sahip k-değişkenli normal dağılımın yolunluğu (density) göstermektedir. γ ve ρ parametreleri bağımsız birer öncül (priori) göstergedir. Burada ρ parametresi $p(\rho) \propto (1 + \rho)^{-1/2} (1 - \rho)^{-1/2}$, $-1 < \rho < 1$ yoğunlukta bir önsel dağılıma sahiptir. Basit bir AR(1) modeli içinde ρ için yapılan önsel tanımlama Jeffreys önseli (Jeffreys' prior) olarak bilinmektedir. Jeffreys önseli Beta $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ dağılımına uymaktadır. Ancak, dinamik sınır modeli için Jeffreys önseli geçerli değildir. Tüm ölçek parametreleri bağımsız ve ters – gamma önselli ile aşağıdaki gibi verilmektedir (Tsonas, 2006).

$$p(\tau) \propto \tau^{-(n_\tau+1)} \exp(-q_\tau/(2\tau^2)), \quad n_\tau \geq 0, q_\tau > 0 \quad (11)$$

Burada τ , σ veya ω parametrelerinden herhangi birisi iken, n_τ ve q_τ yazarlarca atanan önsel dağılım parametreleridir. Bu işlem $n_\sigma, n_\omega, q_\sigma, q_\omega$ olmak üzere dört parametre tanımlı içermektedir. Bu önsel tanımlamada $n_\tau > 0$ iken $q_\tau(\tau^2 \sim \chi_{n_\tau}^2)$ varsayımı yapılmaktadır. Standart veri yaratma süreci altında, yapısal parametreleri θ ve gizli (latent) değişkenleri u içeren ortak sonsal dağılım şu şekilde verilmektedir:

$$p(\theta, u|y, X, Z) \propto p(y, u|X, Z, \theta) \times p(\theta) \quad (12)$$

Eşitliğin sağ tarafında yer alan ilk terim eşitlik (9)'da verilen genişletilmiş olasılık fonksiyonudur. Bu genişletilmiş olasılık fonksiyonu eşitlik (7) ve (8)'de verilen örtük değişkenler için belirlenen önseli içermektedir. Bayes teoremine göre eşitlik (10) ve (11)'de verilen yapısal parametrelerin θ önsel değerleri çarpılarak eşitlik (12) elde edilmektedir. Eşitlik (12)'nin eşdeğer formülasyonu $p(\theta, u|y, X, Z) \propto p(y, u|X, Z, \theta) \times p(u, \theta)$ şeklinde yazılabilir. Eşitlikte ilk terim, yapısal parametrelerin yanısıra örtük parametreleri de içeren tüm model parametreleri veri iken gözlenen y 'nin koşullu dağılımıdır. İkinci terim tüm parametrelerin ortak önsellerinin basit gösterimidir. Burada $p(u, \theta) \propto p(u|\theta) \times p(\theta)$ şeklindeki açılım hiyerarşik model gösterimidir. Hesaplamaları gerçekleştirmek ve modelin sonsal dağılımını elde etmek için Gibbs örnekleme kullanılmaktadır (Gelfand ve Smith, 1990; Tanner ve Wong, 1987). Bazı parametrelerin sonsal dağılımlarının (β , γ , σ ve ω) örnekleme çekimi kolay iken bazılarının (ρ ve u_{it}) koşullu değerlerinin çekimi standart değildir. Bu nedenle örnekleme çekiminde Metropolis-Hastings (MH) algoritmasından yararlanılmaktadır. Son olarak, firma-bazında teknik etkinlik skorları u_{it} 'nin koşullu dağılımı $u_{it} | \theta, y, X, Z$ kullanılarak elde edilmektedir. Koşullu dağılımın örnekleme MCMC metodu kullanılarak elde edilmektedir (Tsonas, 2006).

5. Veri Seti ve Değişkenlerin Tanımı

Çalışmada Borsa İstanbul'da işlem gören 106 firmanın 2005 – 2017 dönemine ait verileri kullanılmaktadır. Söz konusu örneklem oluşturulurken veri kaybı olan firmalar ile negatif değerli girdi ve çıktısı bulunan firmalar analizin dışında bırakılmıştır. Ayrıca bankalar ve özel finans kurumları, finansal kiralama şirketleri, factoring şirketleri vb. çalışma veri tabanına dahil edilmemektedir. Firmaların finansal tablolarına, Kamuyu Aydınlatma Platformu (KAP) ve Borsa İstanbul veri tabanından ulaşılmıştır. Sonuç olarak 1378 gözlemden ve dengeli panelden oluşan veri seti bu çalışmaya konu örneklem büyüklüğünü oluşturmaktadır.

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri ile etkisizliği etkileyen değişkenler ve tanımları Tablo 1'de yer almaktadır. Maliyet etkinliği analizinde bağımlı değişken olarak toplam giderler, bağımsız değişkenler olarak ise tek çıktı ve üç girdi kullanılmaktadır. Çıktı olarak toplam hasılat kullanılırken, girdiler ise borçlanma (Faiz giderleri / Toplam borç), emek (Personel giderleri / Personel sayısı) ve sermaye (Amortisman giderleri / Maddi duran varlıklar) fiyatı şeklindedir. Analitik bulguların elde edilmesinde R istatistiksel yazılım programından yararlanılmıştır.

Tablo 1. Girdi ve Çıktı Değişken Tanımları

Değişkenler	Sembol	Değişken Adı	Ortalama	Std. Sapma
Bağımlı Değişken	TC	Toplam maliyet	250022199.56	731642190.90
Çıktılar	Q	Toplam Hasılat	270122167.01	780914423.68
Girdi Fiyatları	W_1	Borçlanma fiyatı	0.505	10.575
	W_2	Emek fiyatı	6182.75	3976.11
	W_3	Sermaye Fiyatı	0.116	0.095
Diğer Değişkenler	EQ	Özsermaye oranı	0.427	0.452

6. Model Tanımı

Bu çalışmada imalat sanayii firmalarının etkinlik değerlerini hesaplayabilmek için, maliyet etkinliği yaklaşımı kullanılmış ve etkinlik skorları hesaplanmıştır. Berger ve Mester'e (1997) göre maliyet etkinliği, bir firmanın gerçek maliyetinin aynı koşullar altında benzer çıktı kümesini üretebilecek en iyi uygulama firmasının maliyetine olan uzaklığının ölçümüdür. Buna göre, firmaların w_{it} fiyat düzeyi ve x_{it} optimal girdi miktarı kullanımı altında, y_{it} çıktı üretim maliyetlerini (C_{it}) minimize edebileceği varsayılarak toplam maliyet fonksiyonu tanımlanabilir (Berger ve Mester, 1997):

$$\ln C_{it} = f(y_{it}, w_{it}; \beta) + u_{it} + v_{it} \quad (13)$$

Burada β tahmin edilecek parametre vektörünü, altindis i firmalar arasındaki yatay kesit boyutunu ve altindis t panel verinin zaman boyutunu temsil etmektedir. Aigner vd. (1977) ve Meeusen ve van den Broeck (1977) tahmin edilen maliyet sınırının, stokastik bileşen v_{it} ve etkisizlik bileşeni u_{it} olmak üzere iki kısma ayrıştırılabileceğini belirtmektedir. Maliyet etkinlik modelinin tanımlanmasında Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonuna göre daha esnek olan translog tipi üretim fonksiyonu kullanılmıştır. Buna göre çok değişkenli bir translog maliyet fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\begin{aligned} \ln \frac{TC}{W_2} = & \beta_0 + \beta_1 \ln(y) + \beta_2 \ln \left(\frac{W_1}{W_2} \right) + \beta_3 \ln \left(\frac{W_3}{W_2} \right) + \beta_4 \ln(Eq) + \beta_5 \ln(Eq^2) + \\ & \beta_6(t) + \beta_7(t^2) + \phi_1 \frac{1}{2} (\ln(y))^2 + \phi_2 \frac{1}{2} \left(\ln \left(\frac{W_1}{W_2} \right) \right)^2 + \phi_3 \ln \left(\frac{W_1}{W_2} \right) \ln \left(\frac{W_3}{W_2} \right) + \\ & \phi_4 \frac{1}{2} \left(\ln \left(\frac{W_3}{W_2} \right) \right)^2 + \delta_1 \ln(y) \ln \left(\frac{W_1}{W_2} \right) + \delta_2 \ln(y) \ln \left(\frac{W_3}{W_2} \right) + \kappa_1 t \ln(y) + \kappa_2 t \ln \left(\frac{W_1}{W_2} \right) + \\ & \kappa_3 t \ln \left(\frac{W_3}{W_2} \right) + \xi_1 \ln(Eq) \ln(y) + \xi_2 \ln(Eq) \ln \left(\frac{W_1}{W_2} \right) + \xi_3 \ln(Eq) \ln \left(\frac{W_3}{W_2} \right) + \\ & \psi_1 t \ln(Eq) + v_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

(14)

Doğrusal homojenlik kısıtı için (1) numaralı denklemde yer alan bağımlı değişken ve girdi fiyatları emeğin fiyatıyla W_2 normalize edilmiştir. Teknolojik değişimin etkisini dikkate almak amacıyla modele doğrusal (t) ve karesel zaman trendi (t²) değişkeni dahil edilmiştir. Ayrıca firmalar arasındaki risk tercihlerindeki farklılıkların kontrolü amacıyla modele yarı sabit girdi olarak özsermaye oranı (özsermaye/toplam aktifler, Eq) eklenmiştir.

7. Ampirik Bulgular

7.1. Statik Sınır Analizi Bulguları

Tablo 2’de stokastik sınır analizi (SFA) ve maksimum olasılık tahminci kullanılarak yapılan 106 imalat sanayii firmanın maliyet performansı yer almaktadır. Negatif olmayan ve istatistiksel hatadan bağımsız firmaların maliyet etkinliğini gösteren hata terimi, yarı-normal ve kesikli-normal dağılıma göre tahmin edilerek sırasıyla model 1 ve model 2’de verilmektedir. Battese ve Coelli (1992) tarafından geliştirilen alternatif dağılımlar arasındaki tercih, hipotez testleri yardımıyla yapılmaktadır. Burada LR test istatistiği kullanılarak iki farklı hipotez test edilmektedir. İlk olarak etkinliğin olmadığı boş hipotez ($\gamma=0$), hata bileşenleri modelinin (SFA) geçerli olduğu alternatif hipoteze karşı test edilmektedir. Burada alternatif hipotezin kabul edilmesi, etkinlik parametresinin (γ) modelde bulunması anlamına gelmektedir. Bu durumda parametre tahminlerinde standart OLS yaklaşımı yerine etkinliği açıklayan SFA yaklaşımı kullanılmaktadır. İkinci hipotez etkinliğin (u_i) teriminin dağılımına yönelik hipotez testidir. Boş hipotez ($\mu=0$) etkinliğin yarı-normal dağılıma yaklaştığını gösterirken, alternatif hipotez kesikli-normal dağılımın geçerli olduğunu belirtmektedir. Tablo 3’te hipotez testlerine ait sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 2. Maksimum Olabilirlik Tahmincileri

Parametre	Model 1		Model 2	
	Katsayı	Std.Hata	Katsayı	Std.Hata
α	6.931***	1.760	6.706***	1.209
$\beta_1(\ln y_1)$	0.556***	0.136	0.460***	0.106
$\beta_2(\ln w_1)$	0.500***	0.121	0.455***	0.120
$\beta_3(\ln w_3)$	1.077***	0.226	1.914***	0.215
$\beta_4(\ln Eq)$	0.138	0.367	0.256	0.380
$\beta_5(\ln Eq^2)$	-0.029**	0.011	-0.031***	0.012
$\beta_6(t)$	-0.088*	0.046	-0.084*	0.043
$\beta_7(t^2)$	0.001	0.001	0.0005	0.001
$\phi_1(0.5 \ln y_1^2)$	0.053***	0.008	0.062***	0.007
$\phi_2(0.5 \ln w_1^2)$	0.012**	0.005	0.012**	0.005
$\phi_3(0.5 \ln w_1 \ln w_3)$	0.092***	0.021	0.094***	0.021
$\phi_4(0.5 \ln w_3^2)$	0.083***	0.022	0.070***	0.022
$\delta_1(\ln y_1 \ln w_1)$	0.008	0.006	0.012*	0.006
$\delta_2(\ln y_1 \ln w_3)$	0.046***	0.009	0.048***	0.009
$K_1(t \ln y_1)$	0.003	0.001	-0.001	0.001
$K_2(t \ln w_1)$	0.002	0.002	0.001	0.002
$K_3(t \ln w_3)$	-0.004	0.003	-0.005	0.003
$\xi_1(\ln Eq \ln y_1)$	-0.045***	0.016	-0.044**	0.017
$\xi_2(\ln Eq \ln w_1)$	-0.078***	0.017	-0.072***	0.018
$\xi_3(\ln Eq \ln w_3)$	0.040	0.026	0.048*	0.023
$\psi_1(t \ln Eq)$	-0.001	0.005	-0.001	0.005
η	-0.048***	0.008	-0.055***	0.006
μ			0.953***	0.109
σ	0.725***	0.140	0.288***	0.037
γ	0.912***	0.018	0.787***	0.021
Log olasılık	-204.996		-187.326	
Dağılım	Yarı - Normal		Kesikli - Normal	

*, **, *** sırasıyla 10%, 5% ve 1% önem düzeyinde anlamlılıkları göstermektedir.

Tablo 2’de yer alan tahminciler birlikte incelendiğinde, toplam varyansın içinde etkinsizlikten kaynaklanan kısmı gösteren gama parametresi (γ) anlamlı olup, değeri 0.912 olarak tahmin edilmiştir. Buna gore toplam varyansın %91’inin etkinsizlikten, %9’unun ise istatistiksel hatalardan kaynaklandığı soylenebilir. Tabloda yer alan her iki modelin (model 1 ve model 2) normalize edilmiş girdi fiyatları (w_s) ve çıktılarının (y_s) katsayısının beklenildiği gibi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu gorulmektedir. Firmaların elde ettiği toplam hasıllatta ($\ln y_t$) meydana gelen %1’lik bir artış toplam maliyetlerde sırasıyla model 1 için %0.55; model 2 için %0.46’lık bir artışa neden olmaktadır. Firmaların borçlanma maliyetini gosteren ağırlıklı faiz giderleri toplam borç oranı ($\ln w_1$), firmanın toplam maliyetinde sırasıyla %0.50 ve %0.45 artış meydana getirmektedir. Benzer şekilde amortisman giderlerinin maddi duran varlıklara oranı ($\ln w_3$) değişkeni pozitif olup, ağırlıklı sermayenin fiyatındaki %1’lik artış toplam maliyetler üzerinde sırasıyla %1.07 ve %1.09 oranında artışa yol açmaktadır. Buna gore sermaye fiyatındaki artışın firmalar için daha büyük bir maliyet baskısı oluşturduğu soylenebilir. te yandan, firmaların kaldıraç oranını gosteren zsermaye rasyosu ($\ln Eq$) istatistiksel olarak anlamsızdır.

Tablo 3. Girdi ve ıktı Değişken Tanımları

Boş Hipotez	Test İstatistikleri	Kritik Değer	df	Sonuç	Pr(>Chi sq)
$H_0:\gamma=0$	609.37	7.045	3	SFA	2.2e-16
$H_0:\mu=0$	35.34	2.706	1	Kesikli -Normal	2.768e-09

Kaynak: Kritik değerler Kodde ve Palm (1986), çalışmadan alınmıştır. df model serbestlik derecesini gostermektedir.

Tablo 3’te tahmin edilen modele ait hipotez testi sonuçları yer almaktadır. Test istatistiğinin kritik değerden büyük olması her iki durumda da boş hipotezin reddedilip alternatif hipotezin kabul edilmesi anlamına gelmektedir. Dolayısıyla etkinsizlik skorlarının tahmininde SFA modelinin geçerli olduğu doğrulanmaktadır. Ayrıca etkinsizlik hata teriminin kesikli – normal dağılıma yaklaştığı gorulmştir. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki bolmnde kesikli – normal dağılım ile tahmin edilen model 2 sonuçları kullanılmaktadır.

7.2. Dinamik Sınır Analizi Bulguları

Tablo 4’te üstel-logit-normal ve log-normal dağılım varsayımı altında elde edilen dinamik stokastik sınır modeli tahmincileri yer almaktadır. Statik modelden farklı olarak dinamik modelde, bayes faktorlerine dayalı olarak tahmin edilen parametrelerin sonsal ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmaktadır.

Tablo 4. Parametrelerin Sonsal Ortalaması ve Standart Sapması

Parametre	Model I		Model II	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
α	5.615	2.185	5.345	1.987
$\beta_1(\ln y_1)$	0.494	0.160	0.438	0.151
$\beta_2(\ln w_1)$	0.238	0.127	0.220	0.127
$\beta_3(\ln w_3)$	1.077***	0.226	1.914***	0.215

Tablo 4. Parametrelerin Sonsal Ortalaması ve Standart Sapması (Devamı)

Parametre	Model I		Model II	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
$\beta_3(\ln w_3)$	0.922	0.232	0.846	0.228
$\beta_4(\ln Eq)$	0.250	0.363	0.126	0.372
$\beta_5(\ln Eq^2)$	-0.034	0.012	-0.035	0.012
$\beta_6(t)$	-0.266	0.060	-0.289	0.056
$\beta_7(t^2)$	-0.0002	0.001	-0.0005	0.001
$\phi_1(0.5 \ln y_1^2)$	0.058	0.007	0.062	0.007
$\phi_2(0.5 \ln w_1^2)$	0.005	0.005	0.005	0.005
$\phi_3(0.5 \ln w_1 \ln w_3)$	0.061	0.020	0.056	0.020
$\phi_4(0.5 \ln w_3^2)$	0.084	0.022	0.080	0.021
$\delta_1(\ln y_1 \ln w_1)$	0.009	0.006	0.008	0.006
$\delta_2(\ln y_1 \ln w_3)$	0.052	0.009	0.053	0.009
$K_1(t \ln y_1)$	0.001	0.002	0.001	0.002
$K_2(t \ln w_1)$	0.002	0.002	0.001	0.002
$K_3(t \ln w_3)$	-0.021	0.004	-0.023	0.004
$\xi_1(\ln Eq \ln y_1)$	-0.062	0.017	-0.055	0.017
$\xi_2(\ln Eq \ln w_1)$	-0.068	0.017	-0.070	0.017
$\xi_3(\ln Eq \ln w_3)$	0.017	0.026	0.020	0.026
$\psi_1(t \ln Eq)$	0.001	0.006	0.001	0.006
ρ	0.963	0.006	0.962	0.007
τ	26.947	1.714	28.252	1.874
ϕ	24.383	3.083	99.773	15.231
sigma_v	0.192	0.006	0.188	0.006
sigma_u	0.203	0.012	0.101	0.007
Log marginal olasılık	-339.893		-331.064	
Sonsal olasılık	0.0001		0.999	
Dağılım	Üstel-Logit-Normal		Log-Normal	

Her iki model için tahmin edilen girdi ve çıktı değişkenleri katsayıları pozitif işaretli olup beklentilerimizle uyumludur. Dinamik modelde ρ parametresi firmaların uyarılma maliyetlerinden kaynaklanan etkisizlikteki kalıcılığı görmektedir.

Tabloda her iki model için tahmin edilen ρ parametresinin bire çok yakın olduğu gör÷lmektedir. Buna göre etkinsizlikteki kalıcılığın oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Bu sonuç Tsionas (2006) tarafından yapılan ve ABD bankaları için ulaşılan bulgularla uyumludur (Tsionas, 2006). Buna göre imalat sanayinde ele alınan dönem boyunca faaliyet gösteren firmaların uyarlama maliyetlerinin yüksek olduğu ve bu maliyetlerin firmaları kısa dönemde etkinsiz kalmaya zorladığı sonucuna ulaşılabilir. Bayezgil model tahminlerinde tahmin edilen modeller arasında karşılaştırma yapılırken bazı test istatistiklerinden yararlanılmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanlardan birisi log marjinal olasılık istatistiğidir. Tabloda iki model için tahmin edilen log marjinal olasılık değerleri karşılaştırıldığında, model 2 için tahmin edilen olasılık değerinin daha yüksek olduğu gör÷lmektedir. Sonsal olasılık değerleriyle de desteklenen bu sonuç, log –normal dağılıma göre tahmin edilen model 2'nin yapılan bayezgil tahminlemelerde açıklama gücünün daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki analizlerinde log –normal ile tahmin edilen model 2 sonuçları kullanılmaktadır.

7.3. Maliyet Etkinlik Skorlarının Elde Edilmesi

Tablo 5'te dinamik ve statik sınır modelleri kullanılarak tahmin edilen maliyet etkinlik skorlarının yıllara göre değişimi yer almaktadır. Etkinlik skorlarının elde edilmesinde model seçim kriterlerine göre seçilen modeller (model 2) referans alınmıştır. Statik sınır modelinin tahmininde Battese ve Coelli (1992) yaklaşımı kullanılırken, dinamik sınır modelinin tahmininde Tsionas (2006) tarafından geliştirilen ve bayezgil tahminlemeye dayalı yaklaşım kullanılmaktadır.

Tablo 5. Maliyet Etkinlik Skorlarının Yıllara Göre Değişimi

Yıllar	Dinamik Model				Statik Model			
	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Mak.	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Mak.
2005	0.341	0.105	0.155	0.701	0.602	0.132	0.270	0.980
2006	0.333	0.102	0.158	0.683	0.581	0.131	0.251	0.979
2007	0.328	0.100	0.153	0.694	0.694	0.562	0.132	0.232
2008	0.318	0.099	0.132	0.688	0.547	0.136	0.213	0.948
2009	0.328	0.101	0.125	0.690	0.529	0.140	0.195	0.945
2010	0.327	0.104	0.089	0.682	0.515	0.143	0.178	0.942
2011	0.323	0.105	0.084	0.661	0.491	0.144	0.161	0.939
2012	0.331	0.111	0.085	0.682	0.478	0.149	0.145	0.935
2013	0.338	0.111	0.091	0.672	0.460	0.152	0.130	0.932
2014	0.336	0.113	0.111	0.680	0.441	0.148	0.214	0.928
2015	0.334	0.114	0.094	0.688	0.422	0.150	0.196	0.924
2016	0.330	0.122	0.095	0.748	0.403	0.152	0.178	0.964
2017	0.327	0.125	0.093	0.746	0.389	0.159	0.162	0.962
Ortalama	0.330	0.108	0.112	0.693	0.493	0.143	0.194	0.948

Tabloya göre dinamik maliyet etkinlik skorlarının ele alınan dönem boyunca %31 ve %34 arasında değiştiği, ortalamasının ise %33 olduğu görülmektedir. Statik maliyet etkinlik skorları ise %60 ile %38 arasında değişirken, ortalama değeri %49 olarak tahmin edilmiştir. Buna göre, girdilerin mümkün olduğunca etkin kullanılması koşuluyla, firmalar uyarılma maliyeti olmadan çıktı maliyetlerini potansiyel olarak %51 oranında azaltabilme imkanına sahiptirler. Öte yandan, üretim sürecinde uyarılma maliyetlerinin dikkate alınması halinde potansiyel iyileşmenin %67 olması öngörülmektedir. Dinamik etkinlik skorları genellikle yatay bir seyir izlerken, statik etkinlik skorları sürekli azalan bir trend eğilimine sahiptir. Ayrıca, firmaların statik etkinlik skorları dinamik etkinlik skorlarına göre daha fazla değişkenlik göstermektedir. Dinamik etkinlik skorlarının statik etkinlik skorlarından daha düşük olması, firmaların uyarılma maliyetlerinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Nitekim tablo 4'te yer alan dinamik modele ait p parametresinin büyüklüğü bu durumu desteklemektedir.

Tablo 6. Alt Sektörler Etkinlik Ortalamaları

Alt sektörler	Dinamik Model		Statik Model	
	Ortalama	Sıra	Ortalama	Sıra
Kağıt ve Kağıt Ürünleri, Basım ve Yayın	0.374	1	0.569	1
Metal Eşya, Makine, Elektrikli Cihazlar ve Ulaşım Araçları	0.365	2	0.540	3
Kimya, İlaç, Petrol, Lastik ve Plastik Ürünler	0.361	3	0.547	2
Taş ve Toprağa Dayalı	0.347	4	0.519	4
Ana Metal Sanayi	0.306	5	0.462	5
Gıda, İçecek ve Tütün	0.303	6	0.461	6
Tekstil, Giyim Eşyası ve Deri	0.227	7	0.353	7

Tablo 6'da firmaların faaliyet gösterdikleri alt sektörler için ortalama maliyet etkinlik skorları yer almaktadır. Dinamik ve statik sınır modeli sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, sektörde en etkin firmaların Kağıt ve Kağıt Ürünleri, Basım ve Yayın sektöründe faaliyet gösteren firmalar olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte maliyet etkinlik skoru en düşük alt sektör Tekstil, Giyim Eşyası ve Deri sektörüdür. Diğer sektörlerin etkinlik ortalamaları birbirine yakın iken, Tekstil, Giyim Eşyası ve Deri sektörünün etkinlik skoru diğerlerine göre daha düşük kalmıştır. Ayrıca, dinamik sınır modeline göre Metal Eşya, Makine, Elektrikli Cihazlar ve Ulaşım Araçları sektörü ikinci en etkin sektör iken, statik sınır modeline göre Kimya, İlaç, Petrol, Lastik ve Plastik Ürünler sektörleri ikinci en etkin sektördür. Tahmin edilen etkinlik ortalamalarının birbirinden anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğinin test edilmesi amacıyla Kruskal-Wallis sıra testi kullanılmıştır. Kruskal-Wallis testi parametrik olmayan bir test olup iki ya da daha çok örneklem ortalaması için uygulanmaktadır. Tablo 7'de yıllar itibarıyla hesaplanmış Kruskal-Wallis test sonuçları yer almaktadır.

Kruskal-Wallis testinde boş hipotez sektörler arası etkinlik ortalamalarının farklılık göstermediği şeklindedir. Tabloda dinamik ve statik sınır modeline ait olasılık değerleri %5 önem düzeyinde anlamlı olduğu için, sektörler arası maliyet etkinlik ortalamalarının birbirinden farklı olduğu söylenebilir.

Tablo 7. Alt Sektörler Etkinlik Skorları için Kruskal-Wallis Test Sonuçları

Yıllar	Dinamik Model			Statik Model		
	Chi-kare	df	p-olasılık	Chi-kare	df	p-olasılık
2005	23.240	6	0.0007	21.773	6	0.0013
2006	22.337	6	0.0011	23.407	6	0.0007
2007	21.305	6	0.0016	22.787	6	0.0009
2008	25.325	6	0.0003	25.464	6	0.0003
2009	27.255	6	0.0001	28.460	6	0.0001
2010	27.554	6	0.0001	27.648	6	0.0001
2011	25.663	6	0.0003	25.582	6	0.0003
2012	25.055	6	0.0003	25.655	6	0.0003
2013	23.379	6	0.0007	25.837	6	0.0002
2014	15.121	6	0.0193	20.597	6	0.0022
2015	15.914	6	0.0142	20.767	6	0.0020
2016	14.584	6	0.0238	19.838	6	0.0030
2017	14.066	6	0.0289	21.367	6	0.0016

*df model serbestlik derecesini göstermektedir.

Sektörlerin etkinlik ortalamalarının farklılık göstermesine rağmen, etkinlik seviyelerinin birbirlerine zaman içerisinde yaklaşp yaklaşmadığının belirlenmesi amacıyla çalışmada sigma - σ ve beta - β yakınsama testlerinden yararlanılmıştır. β yakınsamasında düşük başlangıç etkinlik düzeyine sahip sektörler, yüksek başlangıç etkinlik seviyesine sahip sektörlerden daha hızlı etkinlik artışı sağlamaktadır. σ yakınsamasında ise, her bir sektörün etkinlik düzeyinin ele alınan sektörlerin ortalama etkinlik seviyesine ne kadar hızda yakınsadığı ölçülmektedir.

β yakınsaması için oluşturulan temel eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Sala-i-Martin, 1996):

$$\ln EFF_{i,t} - \ln EFF_{i,t-1} = \alpha + \beta \ln EFF_{i,t-1} + \sum_{i=1}^7 D_i + \epsilon_{i,t} \quad (15)$$

Burada $EFF_{i,t}$ t yılında i sektörünün maliyet etkinliği skorlarını; $EFF_{i,t-1}$ t-1 yılında i sektörünün etkinlik skorlarını; D_i sektörel kukla değişkenlerini; ϵ_i hata terimini; α ve β ise tahmin edilmek istenen parametreleri göstermektedir. D_i sektör kukla değişkenleri sektörlerle özgü farklılıkları dikkate alan sabit etkileri modele dahil etmek amacıyla oluşturulmuştur. Modelde başlangıç düzeyine ait β parametresinin negatif işareti, β yakınsamasını göstermektedir. β parametresi negatif ve ne kadar büyükse bütün sektörlerin etkinlik düzeyleri o kadar hızla birbirine yaklaşmaktadır.

σ yakınsaması panel veri tanımı aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Sala-i-Martin, 1996):

$$\Delta W_{i,t} = \alpha + \beta W_{i,t-1} + \sum_{i=1}^7 D_i + \epsilon_{i,t} \quad (16)$$

Burada $\ln \text{EFF}_{i,t}$, t yılında i firmasının ortalama maliyet etkinliği skorlarının logaritmasını; MEFF_t , $\ln \text{EFF}_{i,t}$ 'in yıllar itibariyle hesaplanan ortalama değerini göstermektedir. Eşitlikte $W_t = \ln \text{EFF}_{i,t} - \text{MEFF}_t$ ve $W_{i,t} = W_{i,t} - W_{i,t-1}$ şeklinde ifade edilmektedir. D_i ülke kukla değişkenini, ε_i hata terimini, α ve β ise tahmin edilmek istenen parametreleri göstermektedir. D_i sektör kukla değişkenleri sektörlere özgü farklılıkları dikkate alan sabit etkileri modele dahil etmek amacıyla oluşturulmuştur. Başlangıç değerine ait β parametresinin negatif olması halinde σ yakınsamasından söz edilmektedir.

Tablo 8. Sektörler Arası Etkinlik Yakınsaması

	Dinamik Model			Statik Model	
	σ -yakınsama	β -yakınsama		σ -yakınsama	β -yakınsama
α	0.0008	-0.0152	α	-0.0288***	-0.0063
	(0.0030)	(0.0254)		(0.0110)	(0.0113)
β	-0.2584***	-0.0128	β	-0.0102	0.0491**
	(0.0504)	(0.0246)		(0.0535)	(0.0215)
γ	0.2557***	0.0931	γ	0.1740	-0.1340
	(0.0887)	(0.1018)		(0.2665)	(0.0969)

Not: Standart hatalar parantez içinde gösterilmektedir. *, **, *** sırasıyla 10%, 5% ve 1% önem düzeyinde anlamlılıkları göstermektedir.

Tablo 8'de sektörlerin maliyet etkinlik skorları arasında yakınsamanın olup olmadığını test etmek amacıyla yapılan β ve σ yakınsamalarına ait tahmin sonuçları yer almaktadır. Katsayıların tahmininde panel rassal etkiler modeli¹ kullanılmıştır. Tablo 8'de yer alan β yakınsamasına ait rassal etkiler sonuçları incelendiğinde, dinamik model için tahmin edilen yakınsama parametresinin ($\ln(\text{EFF}_{i,t-1})$) istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Statik modelde ise katsayı anlamlı olmakla birlikte pozitif işaretlidir. Dolayısıyla sektörler arasında zayıf düzeyde de olsa bir ıraksama olduğu görülmektedir. Buna göre, başlangıçta (2005 yılı başlangıç dönemi) düşük etkinlik düzeyine sahip sektörlerin, yüksek etkinlik düzeyi ile başlayan sektörler göre etkinlik değerlerinde önemli bir artışın olmadığı anlaşılmaktadır. Buna göre, sektörde bulunan ve etkin firmalar tarafından benimsenen teknolojik gelişmenin etkisiz firmalar tarafından yeterince benimsenemediği ve bu firmaların etkisiz kalmaya devam ettiği söylenebilir. Dolayısıyla β yakınsamasına göre, etkisiz firmaların zaman içinde etkin olanları yakalayamadığı (catch-up) görülmektedir. Statik etkinlik skorlarına göre, etkisizliğin uzun dönemde artış göstermesi sektör genelinde bir yakınsamanın olmadığına işaret etmektedir. Ulaşılan bu sonuç Kök ve Yeşilyurt'u (2005) destekler niteliktedir. Öte yandan farklı alt sektörlerin kullandığı teknoloji ve üretim modellerinin birbirinden farklı olması, bu sonucu destekleyen diğer bir faktör olarak değerlendirilebilir.

σ yakınsamalarına ait tahmin sonuçları incelendiğinde, yakınsama parametresine ($W_{i,t-1}$) ait katsayının statik model için anlamsız, ancak dinamik model için anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuç sektörlerin dinamik maliyet etkinlik skorları arasında σ yakınsamasının olduğu yönünde bilgi vermektedir.

1 Panel veri analizi ile yapılan tahminlerde, sabit etkili ya da tesadüfi etkili modellerden hangisinin geçerli olacağı Hausman testi ile belirlenmektedir. Tesadüfi ve sabit etki tahmincileri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının incelenmesi için yapılan Hausman testinin sonucuna göre tesadüfi etkiler tahmincisinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

σ yakınsaması her bir sektöre ait etkinlik skorunun örneklemin ortalama etkinlik skoruna ne hızla yakınsadığını göstermektedir. σ yakınsama sonucuna göre, sektörler arasındaki ortalama dinamik maliyet etkinliği skorlarındaki sapmaların 2005-2017 dönemi boyunca azaldığı gözlenmektedir. Tablo 5'te yer alan dinamik ve statik maliyet etkinlik skorlarının yıllara göre değişim trendi bu sonucu desteklemektedir.

8. Sonuç

Günümüz finansal sistemi içinde faaliyet gösteren her firma, değişen küresel ekonomik koşullar karşısında güçlü kalabilmek için, faaliyette bulunduğu sektörün rekabetçi koşullarına ayak uydurmak zorundadır. Firmanın rekabetçi kalabilmesinin ön koşulu ise iktisadi etkinliğin sağlanmasıdır. Etkinliğin bu fonksiyonundan dolayı firmalar için performans ölçümü büyük önem taşımaktadır. Firmaların veya endüstrilerin rakipleri ile rekabet edebilmeleri firmaların optimal seviyelerine ulaşmalarına bağlıdır. Optimal seviyeye ulaşmanın yolu ise yüksek etkinlik ve verimlilik düzeylerinde faaliyette bulunmakla mümkündür.

Bu çalışmanın amacı Türkiye imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların etkinliğini ölçmektedir. Etkinlik analizi, mevcut kaynaklarla firmanın ne kadar etkin üretim faaliyetinde bulunduğunu gösteren bir performans göstergesidir. Bu göstergeler aynı zamanda geçmiş tecrübelerden hareketle firma yöneticilerinin gelecekte alacakları pozisyonlar için de birer sinyaldir. Endüstriyel etkinliğin ölçülmesinde birçok yöntem kullanılmasına rağmen, mevcut yaklaşımların birçoğunda iktisadi etkinliğin dinamik yönü ihmal edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, mevcut yaklaşımlara kıyasla daha uygun bir teknik olduğu için Dinamik Stokastik Sınır Analizi yaklaşımı kullanılmıştır.

Dinamik modele ait katsayılar üstel-logit-normal ve log-normal dağılım altında bayezyen yaklaşım kullanılarak tahmin edilmektedir. Bayesgil yaklaşımlar kullanılarak tahmin edilen modeller arasında seçim yaparken literatürde en sık bilinen log marjinal olasılık kriteri kriteri kullanılmaktadır. Tablo 4'te modeller arasında karşılaştırma yapıldığında log-normal dağılıma göre tahmin edilen modelin log marjinal olasılık değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Dolayısıyla firmaların dinamik etkinlik skorlarının karşılaştırılmasında log-normal dağılıma göre tahmin edilen model 2 sonuçları kullanılmıştır. Statik modelde katsayılar, yarı – normal ve kesikli – normal dağılıma göre tahmin edilmiş ve ardından LR testi ile uygun model seçilmiştir. Tablo 3'te yer alan LR testine göre kesikli – normal dağılımın uygun olduğuna karar verilmiş ve etkinlik skorlarının karşılaştırılmasında model 2 sonuçları kullanılmıştır.

Tablo 4'te yer alan dinamik model (model 2) parametrelerinin sonsal ortalamaları ve standart sapmaları incelendiğinde, girdi ve çıktı esneklik katsayılarının beklentilerle uyumlu ve pozitif olduğu görülmektedir. Öte yandan tahmin edilen kalıcılık parametresi (ρ) oldukça yüksek (0.962) ve bire yakındır. Kısa dönem etkinsizliği gösteren ρ katsayısının büyüklüğü, firmaların uyarılma maliyetlerinden kaynaklanan etkinsizlikteki kalıcılığın yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 5'te dinamik ve statik sınır modelleri kullanılarak tahmin edilen maliyet etkinlik skorlarının yıllara göre değişimi yer almaktadır. Dinamik maliyet etkinlik skorlarının ele alınan dönem boyunca %31 ve %34 arasında değiştiği, ortalamasının ise %33 olduğu görülmektedir. Buna göre firmalar çıktı maliyetlerini ortalama %67 oranında azaltabilirler. Statik maliyet etkinlik skorları ise %60 ile %38 arasında değişirken, ortalama değeri %49 olarak tahmin edilmiştir. Buna göre, uyarılma maliyeti olmadan firmaların çıktı maliyetlerinde ortalama %51 azalış sağlanabilir.

Dinamik etkinlik skorlarının statik etkinlik skorlarından daha düşük olması, ρ kalıcılık parametresinin büyüklüğüne bağlı olarak firmaların uyarılma maliyetlerinin yüksek olmasının bir sonucudur. Firmaların oluşturduğu alt sektörler karşılaştırıldığında, en yüksek etkinlik değerine (dinamik ve statik) sahip sektör Kağıt ve Kağıt Ürünleri, Basım ve Yayın sektörü iken; etkinlik skoru en düşük alt sektör Tekstil, Giyim Eşyası ve Deri sektörüdür. Sektörler arası ortalama etkinlik skorlarının birbirinden anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla yapılan Kruskal-Wallis testine göre, maliyet etkinlik skorları ele alınan dönem itibarıyla birbirinden anlamlı farklılık göstermektedir.

Sektörel bazda etkinlik ortalamalarının farklılık göstermekle birlikte, bu farklılığın sektörlerin etkinlik yakınmasına bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla çalışmada, sigma - σ ve beta - β yakınsama testleri uygulanmıştır. Tablo 8'de yer alan yakınsama test sonuçlarına göre, sektörlerin dinamik ve statik etkinlik skorları arasında β yakınsaması yoktur. Buna göre, sektörde başlangıç dönemi itibarıyla düşük etkinlik düzeyle faaliyet gösteren firmalar, yüksek etkinlik düzeyi ile başlayan firmaları zaman içinde yakalayamamıştır. Dolayısıyla firmalar arası etkinlik açığı devam etmiştir. Bununla birlikte statik etkinlik skorları arasında anlamsız, ancak dinamik etkinlik skorları arasında anlamlı σ yakınsamasına ulaşılmıştır. Tahmin edilen negatif ve anlamlı σ değeri, sektörlerin dinamik maliyet etkinliği skorlarında görülen sapmaların ele alınan dönem boyunca ortadan kalktığını göstermektedir.

Etik Beyanı

Bu makalede hiçbir insan çalışması sunulmamıştır.

Yazar Katkıları

Yazar bu çalışmaya katkıları olduğunu beyan etmiş ve yayın için onaylamıştır.

Çıkar çatışması

Yazar, araştırmanın potansiyel bir çıkar çatışması olarak yorumlanabilecek ticari veya finansal ilişkilerin yokluğunda yürütüldüğünü beyan etmektedir.

Kaynakça

- AHN, S. C., & SICKLES, R. C. (2000). Estimation of Long-Run Inefficiency Levels: A Dynamic Frontier Approach. *Econometric Reviews*, 19(4), 461–492.
- AHN, S. C., GOOD, D. H., & SICKLES, R. C. (1998). The Relative Efficiency and Rate of Technology Adoption of Asian and North American Airline Firms. In: Fu, T.T., Huang, C. J., Lovell, C.A.K (eds). *Economic Efficiency and Productivity Growth in the Asia Pacific Region*. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 65–89.
- AIGNER, D. J., LOVELL, C. A. K., & SCHMIDT, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Function Models. *Journal of Econometrics*, 6, 21–37
- AKAN, Y., & ÇALMAŞUR, G. (2011). Etkinliğin Hesaplanmasında Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Yaklaşımı Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Tra1 Alt Bölgesi Üzerine Bir Uygulama), *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25 (0), 13-32
- ASCHE, F., KUMBHAKAR, S. C., TVETERAS, R. (2008). A Dynamic Profit Function with Adjustment Costs for Outputs. *Empirical Economics*, 35, 379–393.
- ATAN, M., YAŞAR, Z. R., UNVAN, Ö., UZUN, C. B. (2009). Türkiye'de İktisadi Faaliyet Kollarında Verimlilik ve Etkinliğin Üretim Fonksiyonları ile İncelenmesi (2004-2006). *Ekonomik Yaklaşım*, 20 (72), 43-58
- AYED-MOUELHI, R.B., & GOAIED, M. (2003). Efficiency Measure from Dynamic Stochastic Production Frontier: Application to Tunisian Textile, Clothing, and Leather Industries. *Journal of Econometrics Reviews*, 22(1), 93–111

- AVCI, T., & ÇAĞLAR, A. (2016). Stokastik Sınır Analizi: İstanbul Sanayi Odası'na Kayıtlı Firmalara Yönelik Bir Uygulama. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 17-57
- BATTESE, G., & COELLI, T. (1992). Frontier Production, Function, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169
- BATTESE, G., & COELLI, T. J. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function For Panel Data. *Empirical Economics*, 20, 325-332
- BATTESE, G., & G. CORRA (1977). Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, 169-179
- BERGER, A.N., & MESTER, L. J. (1997). Inside the Black Box: What Explains Differences in the Efficiencies of Financial Institutions. *Journal of Banking and Finance*, 21, 895-947
- BİLİK, M., AYDIN, Ü., & KAHYAÖĞLU, H. (2016). Türkiye Gıda Sanayinde Kısa ve Uzun Dönemli Etkinlik: Stokastik Sınır Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 67-84
- COELLI, T., D. S., PRASADA, R., & BATTESE, G. E. (1997). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Springer.
- CORNWELL, C., SCHMIDT, P., & SICKLES, R. C. (1990). Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variations in Efficiency Levels. *Journal of Econometrics*, 46 (1-2), 185-200
- ÇOKGEZEN, M., & BALÇILAR, M. (2003). Comparative Technical Efficiencies of State and Privately Owned Sugar Plants in Turkey. *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(8), 167-179
- DELİKTAŞ, E. (2002) Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayiinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 29 (3-4), 247-284
- DELİKTAŞ, E. (2006). İzmir Küçük, Orta ve Büyük Ölçekli İmalat Sanayinde Üretim Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi. *Ege University Working Papers in Economics*, Sayı 06/03, İzmir.
- DESLI, E., RAY, S. C., & KUMBHAKAR, S. C. (2003). A Dynamic Stochastic Frontier Production Model With Time-Varying Efficiency. *Applied Economics Letters*, 10 (10), 623-626
- DÜZAKIN, E., & DÜZAKIN, H. (2007), Measuring the Performance of Manufacturing Firms with Super Slacks Based Model of Data Envelopment Analysis: An Application of 500 Major Industrial Enterprises in Turkey. *European Journal of Operational Research*, 182, 1412-1432
- EMVALOMATIS, G., STEFANOÜ, S., & LANSINK, A. (2011). A Reduced-Form Model for Dynamic Efficiency Measurement: Application to Dairy Farms in Germany and the Netherlands. *American Journal of Agricultural Economics*, 93 (1), 131-174
- EMROUZNEJAD, A., & THANASSOULIS, E. (2005). A Mathematical Model for Dynamic Efficiency Using Data Envelopment Analysis. *Applied Mathematics and Computation*, 160, 363-378
- GALÁN, J. E., VEIGA, H., & WIPER, M. P. (2015). Dynamic Effects in Inefficiency: Evidence from the Colombian Banking Sector. *European Journal of Operational Research*, 240 (2), 562-571
- GELFAND, A. E., & SMITH, A. F. M. (1990). Sampling-Based Approaches to Calculating Marginal Densities. *Journal of the American Statistical Association*, 85, 398-409
- GREENE, W. (2005). Fixed and Random Effects in Stochastic Frontier Models. *Journal of Productivity Analysis*, 23(1), 7-32
- JONDROW, J., LOVELL, C., MATEROV, I. S., & SCHMIDT, P. (1982). Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of Econometrics*, 19, 233-238
- HAJIHASSANIASL, S., & KÖK, R. (2016). Scale Effect in Turkish Manufacturing Industry: Stochastic Metafrontier Analysis. *Journal of Economic Structures*, 5(13): 1-17
- HAMERMESH, D. S., & PFANN, G. A. (1996). Adjustment Costs in Factor Demand. *Journal of Economic Literature*, 34(3), 1264-1292
- HULTBERG, P. T., NADIRI, M. I., SICKLES, R. C. (1999). An International Comparison of Technology Adoption and Efficiency: A Dynamic Panel Model. *Annals of Economics and Statistics*, (55/56), 449-474

- KODDE, D., & PALM, F. C. (1986). Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions. *Econometrica*, 54(5), 1243–1248
- KÖK, R., & YEŞİLYURT, M. E. (2006). İlk Beş Yüz İmalat Sanayi Kuruluşunun Etkinlik Analizi ve Sigma Yakınsaması- Türkiye Örneği: 1993- 2000. *İktisat İşletme ve Finans*, 249, 46-60
- KUMBHAKAR, S. (1990). Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency. *Journal of Econometrics*, 46, 201–211
- KUMBHAKAR, S., GHOSH, S., & MCGUCKIN, T. (1991). A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms. *Journal of Business and Economic Statistics*, 9(3), 279–286
- KUMBHAKAR, S. C., HESHMATI, A., & HJALMARSSON, L. (2002). How Fast Do Banks Adjust? A Dynamic Model of Labor Use with an Application to Swedish Banks. *Journal of Productivity Analysis*, 18, 79–102
- KUMBHAKAR, S. C., LIEN, G., & HARDAKER, J. B. (2014). Technical Efficiency in Competing Panel Data Models: A Study of Norwegian Grain Farming. *Journal of Productivity Analysis*, 41(2), 321–337
- LANG, G., & WELZEL, P. (1996). Efficiency and Technical Progress in Banking: Empirical Results for a Panel of German Cooperative Banks. *Journal of Banking & Finance*, 20, 1003–23
- LUCAS, R. E. (1967). Adjustment Costs and the Theory of Supply. *Journal of Political Economy*, 75 (4), 321–334
- MEEUSEN, W., & VAN DEN BROECK, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb- Douglas Production Functions with Composite Errors. *International Economic Review*, 18, 435–44
- MAYES, D., HARRIS, C., & LANSBURY, M. (1994). *Inefficiency in Industry*. Harvester Wheatsheaf, New York, London
- NEMOTO, J., & GOTO, M. (2003). Measuring Dynamic Efficiency in Production: An Application of Data Envelopment Analysis to Japanese Electric Utilities. *Journal of Productivity Analysis*. 19, 191–210
- OUELLETTE, P., & YAN, L. (2008). Investment and Dynamic DEA. *Journal of Productivity Analysis*, 29 (3), 235–247
- ÖNDER, A. Ö., DELİKTAŞ, E., & LINGER, A. (2003). Efficiency in the Manufacturing Industry of Selected Provinces in Turkey: A Stochastic Frontier Analysis. *Emerging Markets Finance and Trade*, 39(2), 98–113
- PITT, M. M., & LEE, L. F. (1981). The measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry. *Journal of Development Economics*, 9 (1), 43–64.
- RAMANATHAN, T. V., ROHAN, N., ABRAHAM, B. (2020). A Stochastic Frontier Regression Model with Dynamic Frontier. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 49(6), 1415-1428
- SALA-I-MARTIN, X. (1996). Regional Cohesion: Evidence and Theories of Regional Growth and Convergence. *European Economic Review*, 40, 1325–1352.
- SENGUPTA, J. K. (1995). *Dynamics of Data Envelopment Analysis: Theory of Systems Efficiency*. Kluwer Academic Publishers, London.
- SCHMIDT, P., & SICKLES, R. C. (1984). Production Frontiers and Panel Data. *Journal of Business & Economic Statistics*, 2(4), 367–374
- TANNER, M. A., & WONG, W. H. (1987). The Calculation of Posterior Distributions by Data Augmentation (with discussion). *Journal of the American Statistical Association*, 82, 528–550
- TAYMAZ, E., & G. SAATÇI. (1997). Technical Change and Efficiency in Turkish Manufacturing Industries. *Journal of Productivity Analysis*, 8(4), 461–475
- TREADWAY, A. B. (1971). The Rational Multivariate Flexible Accelerator. *Econometrica*, 35(5), 845–856
- TSIONAS, E. (2006). Inference in Dynamic Stochastic Frontier Models. *Journal of Applied Econometrics*, 21, 669–676