

## **TÜRKİYE’DE BÖLGESEL OLARAK DEVLET DEMİRYOLLARININ 2000-2010 DÖNEMİNDE VZA İLE ETKİNLİĞİNİN VE MALMQUIST ENDEKSİ İLE TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Murat SARIKAYA\*  
Ali KABASAKAL\*\*  
Aziz KUTLAR\*\*\*

### **DETERMINING THE 2000-2010 EFFICIENCY SCORES VIA DEA ANALYSIS AND TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY THROUGH MALMQUIST INDEX OF TURKISH RAILWAYS’ REGIONAL ACTIVITIES**

#### **Öz**

Bu çalışmada öncelikle T.C. Devlet Demiryollarının karar veren birimler şeklinde ele alınan yedi bölgesinin veri zarflama analizi kullanılarak 2000-2010 dönemindeki etkinlik skorları incelenmiştir. Daha sonra Malmquist endeksi kullanılarak toplam faktör verimlilikleri tespit edilmiştir. Analizde, toplam personel sayısı, elektrikli anahat uzunluğu, elektriksiz anahat uzunluğu ve yıllık toplam lokomotif çalışma saati girdi olarak, km başına yolcu ham ton ve km başına yük ham ton da çıktı olarak listelenmektedir. Çalışmada 3 değişkenli girdi ve çıktı yönelimli etkinlik analizleri de yapılmıştır. Girdi yönelimli analizde toplam anahat uzunluğu girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Yapılan analizlerde CCR modeline göre İzmir, Sivas’ın en düşük verimliliğe, BCC modeline göre Sivas ve Adana Bölgesinin en düşük verimlilik skorlarına sahip olduklarını tespit edilmiştir. Buna karşın Haydarpaşa ve Ankara’nın tüm dönemler boyunca sürekli etkinliğe sahip oldukları görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Parametrik Olmayan Metot, VZA, Demiryolu

#### **Abstract**

This paper attempts to measure the performance of Turkish Railways’ 7 regional headquarters that produce passenger and freight services around the country. The data covering eleven years from 2000 to 2010 is analyzed via the DEA method for the purpose of the study. To find out the efficiency scores of the regional

\* Cumhuriyet Üniversitesi, İİBF-İktisat Bölümü, msarikaya@cumhuriyet.edu.tr

\*\* Sakarya Üniversitesi, İİBF-İktisat Bölümü, kabasakal@sakarya.edu.tr

\*\*\* Sakarya Üniversitesi, İİBF-İktisat Bölümü, akutlar@sakarya.edu.tr

decision making units, inputs contain number of employees, length electrified main line, length of non-electrified main line, and amount of working hours of locomotives while outputs contain passenger gross ton per kilometer and cargo gross ton per kilometer. After generating the efficiency scores, total factor productivity is investigated by Malmquist Index. The findings indicate that according to constant returns to scale distance functions, Izmir and Sivas have lowest efficiency scores while according to variable returns to scale distance functions Sivas and Adana have the lowest scores. Haydarpasa and Ankara always have high efficiency scores.

**Keywords:** Non-parametric method, DEA, Railway

## 1. Giriş

Demiryolu taşımacılığı; genişliği farklılık göstermekle beraber belirli bir demiryolu hattında yük ve/veya yolcu taşınması faaliyetidir. Zaman zaman doğal tekeller olarak da sınıflandırılan bu taşımacılık türü, yüksek sabit maliyetler içermesinin de etkisiyle birçok ülkede tekelleşmiş (genellikle ulusal) firmalarca yürütülmüştür. Demiryolu firmalarındaki yapısal değişiklikler bazen dünya siyasi tarihindeki kırılmalar sonucu olmuştur: Sovyetler Birliği'nin dağılmasıyla eski üye ülkelerin ulusal demiryolu firmaları oluşmuş, Gürcistan-Kafkasya bölgesinde politik gerilimin yakın zamana kadar sürmesi, demiryolu sektörünün bu bölgede halen değişkenliğini sürdürebildiğini göstermektedir. Yugoslavya'nın dağılması ile yeni ortaya çıkan ülkeler ulusal demiryolu firmalarını kurmuş, hatta Bosna-Hersek Devletinde her bir etnik bölgenin otonom yönetimi kendi bölgesel demiryolu firmasını oluşturmuştur. İspanya örneğinde ise ülkenin siyasi bütünlüğünde bir zayıflama görülmesi de Katalan ve Bask bölgelerinde faaliyette bulunan ve farklı hat genişliğine sahip bölgesel-milli firmaların varlığı kayda değer bir konudur (UIC, 2010).

Özellikle son dönemlerde diğer taşımacılık türlerinden kaynaklanan rekabet baskısıyla bu ulaşım şeklinin etkinliği sorgulanır hale gelmiş ve sonuçta ciddi yapısal değişiklikler uygulanmaya başlamıştır. Duman (2006)'ya göre yapılan değişiklikler her ülkede aynı olmamakla beraber genellikle yeniden yapılandırma, şirketleştirme veya özelleştirme şeklinde gerçekleşmektedir. Cowie (1999) Avrupa Birliği'nin çıkardığı 91/440 numaralı direktif sonucu İngiliz, Alman, İsveç ve diğer bazı Avrupalı demiryolu firmalarının yeniden yapılandırma sonucu bölündüğünü, özelleştirildiğini ve hükümet tarafından tanınan imtiyaz, muafiyet veya franchising metodu ile ortaklıklara dönüştürüldüğünü belirtmektedir.

Türkiye topraklarında demiryolu işletmeciliği 1856 yılında yapımı başlatılan 130 km'lik İzmir-Aydın hattı ile başlar ve cumhuriyetin ilanıyla toplam 4136 km'ye ulaşan hat ile devralınır. Osmanlı Devleti döneminde daha çok yap-işlet modeli ile sermaye sahiplerince işletilen demiryolları, 1924'te millileştirip "Anadolu-Bağdat Demiryolları Müdüriyeti Umumiyesi", 1927'de "Devlet Demiryolları ve Limanları İdare-i Umumiyesi" adı ile katma bütçeli bir devlet kurumu olarak faaliyette bulunmuştur. 1953'te de "Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD)" ismini alan firma, halen Türkiye Cumhuriyeti'ndeki demiryolu taşımacılığını düzenleme, işletme ve kontrol etme faaliyetini yapan bir Kamu İktisadi Kuruluşu'dur. TCDD'nin 2010 yılı sonu itibariyle hat uzunluğu 11940 km'ye<sup>1</sup> ulaşmıştır. Türkiye'de demiryolları taşımacılığının payı yolcu-km'de %1,6 ve ton-km'de de %4,3'tür ve bu değerler yıllardan beri genellikle düşme eğilimindedir. Son yıllarda yeni konvansiyonel ve hızlı tren projeleri ile demir yollarının önemsendiği izlenimi doğmuştur (TCDD, 2011).

Avrupa Birliği'nde 2007 yılı başından itibaren tüm yük taşımacılığı, 2010 yılı başından itibaren de uluslararası yolcu taşımacılığı rekabete açılarak serbestleştirilmiştir. Yeni firmaların pazara girmesiyle oluşacak sağlıklı bir rekabetin endüstriyi daha etkin bir duruma getirmesi beklenmektedir (Şahbaz ve Yüksel, 2006: 118).

Solak (2011) optimum kapasiteye göre şehirlerarası yolcu taşımacılığında, en ucuz ulaşımın birbirine yakın sonuçlar veren diğer sistemlerin yaklaşık %50'si ile hızlı tren olduğu, yük taşımacılığında ise karayolu taşımacılığı demiryolu taşımacılığının yaklaşık üç katı maliyete sahip olduğu tespit etmiştir. Ayrıca gerçekteşmiş taşımalara göre hem yolcu hem de yük taşımacılığında, otoyolun en ucuz, konvansiyonel trenin de otoyol değerinin yaklaşık dört katı ile en pahalı olduğu belirtilmektedir

Bu çalışmada TCDD'nin 2000-2010 yıllarını kapsayan 11 yıllık süredeki bölgesel performansı ele alınmaktadır. TCDD bir kamu kuruluş olup ülke içerisinde kendisini yedi çalışma bölgesine göre organize etmiştir. Bu bölgeler sırası ile Haydarpaşa-İstanbul, Ankara, İzmir, Sivas, Malatya, Adana ve Afyon şeklinde sıralanmaktadır. Bu bölgelerin verimlilikleri ele alınarak hangi bölgenin daha verimli çalıştığı ve yıllara göre bu

---

<sup>1</sup> Toplam hat uzunluğununun 882 km'si yüksek hızlı tren ana hattı, 8712 km'si konvansiyonel tren ana hattı ve kalan 2346 km iltisak ve istasyon yolu olarak sınıflandırılmıştır.

performansın değişip değişmediği ilgi alanımızı oluşturmaktadır. Çalışmada parametrik olmayan bir performans ölçme tekniği olan Veri Zarflama Analizi kullanılmaktadır. Bunun yanında aynı tekniğin uyumlu bir uzantısı olan ve işletmenin yıllar boyunca Toplam Faktör Verimliliğini (TFV) belirleyen Malmquist Endeksi kullanılmaktadır.

Çalışmada genel olarak dört girdi ve iki çıktı değişkeni kullanılmaktadır. Bu değişkenlerden; toplam personel sayısı ( $TPN_t$ ), elektrikli anahat uzunluğu ( $HEML_t$ ), elektriksiz anahat uzunluğu ( $HNEML_t$ ) ve yıllık toplam lokomotif çalışma saati (LWht) girdi olarak, km başına yolcu ham ton ( $KMPGTP_t$ ) ve km başına yük ham ton ( $KMCGTP_t$ ) da çıktı olarak listelenmektedir. Çalışmada 3 değişkenli girdi ve çıktı yönelimli etkinlik analizleri de yapılmıştır. Girdi yönelimli analizde toplam anahat uzunluğu ( $TML_t$ ) girdi,  $KMPGTP_t$  ve  $KMCGTP_t$  değişkenleri de çıktı olarak kullanılmıştır. Çıktı yönelimli analizde ise  $HEML_t$  ve  $HNEML_t$  girdi,  $KMPGTP_t$  ise çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Veri Zarflama Analizlerinde kullanılan girdi yönelimli ölçeğe göre sabit getirili CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978) modeli ile yine girdi yönelimli ölçeğe göre değişken getirili BCC (Banker, Charnes ve Cooper, 1984) modeli uygulanmaktadır.

Ayrıca ikinci bir yaklaşım olarak, girdi yönelimli ve çıktı yönelimli CCR modeli ile iki girdi bir çıktı ile iki çıktı ve bir girdili değişik modeller kullanılarak sonuçlar grafiklerle ortaya konulmaktadır. Ancak tüm yıllar için bu farklı uygulamayı yapmak yerine çalışmanın temel alındığı on bir yılın ilk ve son dönemlerine ait veriler kullanılarak bu süre içerisinde işletmelerin performansının seyri izlenmeye çalışılmıştır.

## **2. Literatür**

Demiryolları, havayolları ve diğer taşıma yöntemleri ile ilgili Veri Zarflama Analizi (VZA), Sınır Fonksiyonu (frontier function) ve ekonometrik yöntemler kullanılarak bir dizi çalışma yapılmıştır. Bunların önemli bir kısmı sadece VZA yöntemi kullanırken, bir kısmı ise etkinlik skorları kesikli veri setleri şeklinde tanımlanarak etkinliğe farklı bir açıdan bakılmıştır.

Atkinson ve Cornwell (1998), 1951-75 dönemini kapsayan Birleşik Devletler'deki 12 demiryolu şirketi için panel çalışması yapmışlar. Sabit etkiler modeli kullanılarak elde edilen ekonometrik çerçevede yapılan analiz sonuçlarına göre; yıllık ortalama %0,3 civarında verimlilik artışının olduğu ve etkinlikteki değişiminin başlangıçta artarken dönemin

sonlarına doğru dūřuř gōsterdięi ortaya konulmuştur. Cantos, Pastor ve Serrano (1999) 1970-95 dōnemi için Avrupa'daki demiryolu firmalarının verimliliğinin değişiminin etkinlik ve teknolojik gelişmedeki değimeye bağlı olup olmadığını parametrik olmayan yōntemle incelemişlerdir. Çalışmada birçok firmanın reform sūreci yaşadığı 1985-95 dōneminde verimlilik artışının çoğunlukla teknolojik iyileşmenin sonucu geremleştiği tespit edilmiştir. Etkinlik ve teknolojik gelişmenin nedenleri araştırıldığında firmaların finansal bağımsızlık ve otonomlaşma derecelerinin etkinliği ve teknolojik gelişmeyi olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Coelli ve Perelman (1999) ok çıktılı mesafe fonksiyonları kullanarak Avrupa'daki demiryolu firmalarının teknik etkinliğini incelemişler ve doğrusal programlama kullanarak yapılan parametrik sınır (frontier) analizi, VZA ve dūzeltiřmiř en kūuk kareler (corrected ordinary least squares (COLS) yōntemi ile elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Girdi Yōnelimli, ıktı Yōnelimli ve Őleęe Gōre Sabit Getiri Mesafe Fonksiyonları tahmin edilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Girdi ve ıktı Yōnelimli tahminlerde her ũ yōntem için gūlū bir korelasyonun varlığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak alternatif ũ farklı metottan elde edilen teknik etkinlik sonuçlarının kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Cowie (1999)'ye gōre piyasa gūlerinin demiryolu sistemini etkilemesiyle Avrupa genelinde demiryolu firmalarının ciddi değişikliğe gitmişlerdir. Avrupa Birlięi, 1991 yılındaki 91/440 numaralı direktifin çıkarılması ile bu radikal değişikliği aktif olarak desteklemiştir. Bu direktifle, demiryolu altyapısı işletmecilikten finansal olarak ayrılmış ve bu sayede ulusal firmaların sahip olduğu yasal monopolcū yapı bir Őlde ortadan kaldırılmıştır. Bōylece ticari tūm firmaların belini kıran aşırı borçlanma sorununa ōzūm yolu açılmış ve ulusal firmalar arasında, ticari temellere dayalı ortaklıkların oluşmasına destek olunmuştur. Őrneęin, İngiltere'de British Rail firması çok sayıda bağımsız firmalara bōlūnmūř ve bunların bazıları Őzelleřtirilmiř bazıları da Őzel sektōre franchise (bağlı-zincir ortaklık) edilmiştir. Avrupa'nın diğer bōlgelerinde başka tūrlū pratik ōzūm Őrnekleri de mevcuttur. İsveç demiryolu altyapısını işletmecilikten ayıran ilk ũlkedir. Yolcu taşımacılığını Őzel sektōr firmalarına franchise etmiş, yūk taşımacılığını da tamamen Őzel sektōre açmıştır. Almanya da, altyapı ve işletmeciliği birbirinden ayırmış, demiryolu hizmetinin sunumunda yerel birimlerin sorumluluğunu arttırmış, ulusal demiryolu şirketini ikiye bōlmūř ve Őzelleřtirmeyi Őnermiřtir. İsveç gibi Almanya da bōlgesel yolcu taşımacılığını franchise etmiştir.

Loizides ve Tsionas (2004) Monte Carlo simülasyon metodunu kullanarak yaptıkları çalışmada demiryolu firmalarındaki verimlilik artışının nedenlerini araştırmışlardır. Avrupa’da faaliyette bulunan demiryolu firmasının maliyet yapılarını incelemiş ve örneklemin yarısı için fiyatlar ve çıktının, verimlilik artışının ortancayı etkilemediği fakat dağılıma ait diğer özellikleri etkilediği bulgusuna ulaşmışlardır. Bu sonuç, sadece ortalama verimlilik artışını dikkate alan geleneksel yöntemlere şüphe ile bakılmasına sebep olmuştur.

Wang ve Liao (2006) 1991-2000 dönemine ait aylık veriler kullanarak Tayvan Demiryolları’nın maliyet yapısını ve verimliliğindeki büyümeyi incelemişler. Emekli aylığı ve tazminatların sabit varsayıldığı ve yük ve yolcu taşımacılığı ile ilgili değişkenlerin ilişkilendirildiği bir maliyet fonksiyonu tahmin edilmiş ve bu fonksiyonun nötr olmadığı ve ölçek ekonomisi özelliklerini taşıdığı bulgusuna ulaşmışlar. Dönem sonuna doğru teknolojik gelişmeler ve ölçek ekonomisinin etkisiyle TFV’nin arttığını belirtmektedirler. Sabri, Colson ve Mbangala (2008), 1990-2004 dönemi için Kuzey Afrika’daki beş demiryolu firmalarının teknik ve finansal performanslarındaki farklılıklar Malmquist VZA TFV indeksi ve ARGOS programı kullanılarak PROMETHEE II metodu ile analiz edilmiştir. Özellikle teknolojik ve idari ilerleme ayrıştırıldığında, topluma hizmet (yükümlülüğü) ve firma performansının çatıştığı her iki metot tarafından da teyit edilmiştir.

Lan ve Lin (2006) çalışmalarında kargo ve yolcu taşımacılığı yapan demiryolu firmalarının stokastik mesafe fonksiyonu (Stochastic Distance Function) yöntemi ile performanslarını değerlendirmişlerdir. Dünya çapında seçilen 39 demiryolu firmasının 1995-2002 yılları arasındaki 8 yıllık döneme ilişkin yapılan ampirik analizde, yolcu vagonu sayısı, yük vagonu sayısı ve personel sayısı girdi olarak; yolcu treni km’si, yük treni km’si ve yolcu km ve yük km’si de çıktı olarak listelenmiştir. Çalışmaya göre demiryollarının teknik etkinliği ve hizmet etkinliği, kişi başına düşen milli gelir, elektrikli hatların toplam içindeki yüzdeleri ve hat yoğunluğundan olumlu etkilenmektedir. Genel olarak Batı Avrupa demiryolu firmaları Doğu Avrupa ve dünyanın diğer bölgelerindeki firmalardan daha etkin ve verimli çalışmaktadırlar. Yazarlar çalışmanın sonucunda firmaların daha etkin ve verimli işletilmesi için tavsiyelerde bulunmaktadır. Jitsuzumi ve Nakamura (2010) Japon firmalarının etkisizliğine neden olan sosyo-ekonomik etkisizlik ile ilgili çalışmalarında Japonya’daki 53 demiryolu firmasının politika yapıcılar ve yöneticilerinin etkisizliği ile ilgili başlıca sebepleri tespit etmiş ve

yine bu firmaların performansını iyileştirmek için en uygun teşvik sistemini şekillendirmişler.

Yu (2008), 40 küresel demiryolu firmasının 2002 yılına ait verilerini kullanarak geleneksel VZA ve ađ VZA yöntemleri ile etkinlik ve etkililik ölçümlerini yapmıştır. İki farklı metodun sonuçları karşılaştırıldığında performans değerlerinin büyüklüklerinin farklı çıktığı buna karşın demiryolu firmalarının performansa göre sıralamalarının değişmediği görülmüştür. Üç farklı performans kriteri arasındaki ilişki de incelenmiş ve ulaşım hizmetlerinin niteliğinin performans gelişiminde olumlu katkı yaptığı ve nihai olarak ađ VZA yönteminin etkinsizliğin nedenleri hakkında daha açıklayıcı sonuçlar verdiğini bulmuştur.

Nashand ve Nash (2010) iki safhalı VZA yöntemini İsveç, Almanya ve İngiltere'ye ait 43 tren işletmesine uygulamış ve sonrasında verimliliklere Tobit regresyon uygulamıştır. Analiz sonucunda muamele faktörlerinin teknik etkinliği sağlamakta kurumsal faktörlerden daha belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Graham (2008) çalışmasında şehir içi tren işletmecilerinin parametrik ve parametrik olmayan etkinlik skorlarını ele almış, TFV'nin tespitinin yanında translog fonksiyonunu da kullanmıştır. Firmaların TFV ve VZA sonuçlarının birbirine benzediğini tespit etmiştir. Kim ve Ark, (2011) çalışmalarında Kyoto protokolüne uygun olarak çevre kirliliğini azaltmak amacı ile diğer alternatif yolların, denizyolu, iç suyolları ve demiryollarının kullanılabileceği ile ilgili bir VZA analizini yapmışlar.

Türkiye demiryolları ile ilgili özellikle lojistik ve yatırım konusundaki çalışmalar sınırlı da olsa bulunmaktadır. Bunlarda birkaçı aşağıdaki şekilde verilmiştir.

Evren ve Vitoşoğlu (2008) çalışmalarında bir ađ modeli geliştirerek Türkiye'de demiryolu ağrılıklı kombine yük ve yolcu taşımacılığı olanaklarının araştırılması amacı ile çeşitli mal gruplarından oluşan yüklerin karayolu ile demiryolunu içeren bir ađ üzerinde taşınmasının benzetimini gerçekleştirmişlerdir. Modelde yük ve yolcu taşımacılığı için talep, bir matrisler kümesi ile tanımlanmaktadır. şaşamaz (2008) ise karayollarında ve demiryollarında verimlilik analizi, adlı yüksek lisans tez çalışmasında Türkiye'deki karayolu ve demiryolu ulaşım sistemlerinin verimliliklerini araştırmış. Gelecekte bu sistemlerin yolcu ve yük taşımacılığında daha etkin şekilde kullanılması için işgücü ve yatırım planlarını çeşitli senaryolar altında incelemiştir. Yapılan analizlerde, üretimde kullanılan tüm girdilerdeki bileşik verimlilik değişmelerinin ölçülebilmesi için TFV ve VZA'ni kullanmıştır. Karayolu

ve demiryolu ulaşım sistemlerinde 2015 yılına kadar gözlemlenmesi beklenen yolcu-km ve yük-km değerleri 3 farklı senaryo altında ele alınmıştır. Karayolları ve demiryolları arasında verimlilik karşılaştırması yapmış ve karayolu ve demiryolu ulaşım sistemlerinin 2015 yılına kadar daha yüksek verimlilikle çalıştırılabilmesi için bu sektörlerde yapılan yatırımların ve kullanılan işgücünün artırılması gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Bu son çalışmalardan biri Çekerol ve Nalçakan'a (2011) aittir. Bu çalışmada, Türkiye'de lojistik sektörü içerisinde, demiryolu taşımacılık moduna ilişkin talep analiz edilmiştir. Analizde, lojistik sektöründe önemli olan faaliyetler göz önüne alınarak değişkenler belirlenmiş, çoklu doğrusal bağlantı sorunu nedeniyle Ridge Regresyon yöntemi tercih edilmiştir. Yurtiçi yük taşıma ile ilgili farklı sonuçlar ortaya konulmuştur.

### 3. Metodoloji

Performans değerlendirmesinin Ekonomik Etkinlik (EE), Teknik Etkinlik (TE) ve Tahsis Etkinliği (AE) yönüyle ölçüldüğü çalışmalarda parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu konuda son dönemlerin en popüler yöntemlerinden biri olan VZA, özellikle kamu sektöründe, sağlık, eğitim, finans alanlarında ve departmanlı üretim ve hizmet birimlerinin ve mağazaların etkinliğinin belirlenmesinde parametrik olmayan bir analiz tekniğidir. Bu tekniğe ilaveten Karar Veren Birimlerin (KVB'lerin) etkinliğini belirleyen girdi ve çıktılarla ilgili ekonometrik tahmin analizleri yapılmıştır.

VZA çatısı altında etkinlikle ilgili ilk çalışmalar Farrell (1957) ve Debreu (1951)'e kadar gitmektedir. VZA, Farrell'in etkinlik ölçümünde önerdiği nispi teknik etkinlik yaklaşımı benimsenerek geliştirilmiş ve doğrusal programlama yöntemiyle ağırlıklandırılmış çok girdi ve çıktının kullanılmasına dayandırılmıştır. VZA performans kavramına dayalı bir tekniktir. Performans ölçümüne ilişkin ilk çalışmalar birim başına maliyet, birim başına kar, vb. gibi ölçülebilir oranlara dayalı olarak yapılmıştır. Bu oranlar basitçe; *çktı/girdi* şeklinde tanımlanmaktadır. "Üretkenlik" ölçüsü, çoğu kullanım alanında, işçi ya da çalışan performansını değerlendirebilmek için kesirli bir programlama formunu kullanır.

VZA; belli kısıtlar altında, çok sayıda değişkeni bir arada değerlendirebilen "*Matematiksel Programlama*" tekniklerini kullandığı için, çok sayıda girdi ve çıktıyı bir arada değerlendiremeyen ve çok daha sınırlayıcı olan diğer tekniklere göre araştırmacının daha rahat



çalışabilmesini sağlar. Çünkü gerçek hayatta karşılaşılan problemlere karşı daha iyi politikalar üretmek ve yönetim kararlarını almak, pek çok faktörün aynı anda değerlendirilmesini gerektirir. Bu açıdan VZA, matematiksel programlamanın sahip olduğu geniş metodolojik yaklaşım sayesinde yol gösterici analizlerin ve yorumların daha iyi yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Bir KVB'in  $x_k$ , ( $k=1,2,\dots,m$ ) girdilerinden,  $y_i$ , ( $i=1,2,\dots,t$ ) çıktılarını ürettiği varsayılırsa, değişkenler üzerindeki uygun ağırlıklar ( $v_i=1,2,\dots,t$ ;  $w_k=1,2,\dots,m$ ) yardımıyla denklem aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\frac{\sum_{i=1}^t v_i y_i}{\sum_{k=1}^m w_k x_k} \quad (1)$$

Kesirli program toplam faktör etkinliği oranından yararlanmaktadır. Bir anlamda VZA'nın kavramsal bir modeli olarak düşünülmeli, doğrusal model ise etkinlik hesaplamalarında pratik bir yöntem olarak düşünülmelidir. VZA'da her bir girdi ve çıktı için KVB'lere ait ağırlıklar belirlenmektedir. Bu ağırlıkların doğrusal programlama aracılığıyla belirlenmesinde iki kısıt vardır; birincisi, ağırlıklar pozitif olmalıdır, ikincisi de modele dahil edilen KVB için ağırlıklı çıktılarının ağırlıklı girdilere oranı birden büyük olmamalıdır. Literatürde bu ağırlık değerlerine “sanal girdi-çıkıtı” veya “sanal ağırlıklar” denilmektedir.

VZA, yukarıda verilen eşitlikteki girdiler ( $x_k$ ) ile çıktıları ( $y_i$ ) veri olarak alır ve bu girdilerle çıktılar için “p” karar biriminin performansını diğer birimlerin performanslarına göre maksimize eden ağırlıkları seçmektedir;

$$Max . v_i w_k \frac{\sum_{i=1}^t v_i y_{ip}}{\sum_{k=1}^m w_k x_{kp}} \quad (2)$$

Burada Z sayısınca karar birimine ait etkinlik değeri  $\leq 1$  kısıtı altında;

$$0 \leq \frac{\sum_{i=1}^t v_i y_{ic}}{\sum_{k=1}^m w_k x_{kc}} \leq 1 \quad (c = 1,2,\dots,p,\dots,Z) \quad (3)$$

ve

$$v_i, w_k > 0 \quad (v_i=1,2,\dots,t; w_k=1,2,\dots,m) \quad (4)$$

Modeldeki “v” ve “w” girdi ve çıktılar üzerindeki ağırlıkları ve eşitlikteki değişkenleri oluşturur. Modelin çözümü “p” KVB için bir etkinlik değeri ve bu değere ulaşmak için gerekli ağırlıklar kümesini verir.

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen kesirli programlama formundaki parametrik olmayan etkinlik ölçüm modeli çözümü daha kolay olan doğrusal programlama modeline dönüştürülmüştür (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978,1979). Bu eşitlik her bir KVB için ayrı ayrı hesaplanarak Z adet KVB kadar ağırlık kümesi elde edilir. Amaç fonksiyonundaki ağırlıklar, birimin etkinlik değerini ( $\leq 1$ ) kısıtı altında maksimize etmektedir.

Bu eşitlik yardımıyla hesaplanan performansın 1'e eşit olması, gözlenen performans ile potansiyel performansın birbirine eşit olduğu anlamına gelir. Bu durumda gözlenen KVB'in en iyi gözlem olduğuna karar verilir.

### **3.1. Malmquist Endeksi ve Toplam Faktör Verimliliği**

Malmquist Verimlik Endeksi, üretimdeki değişmeyi ele alan endekslerden biridir (Malmquist,1953). Caves, Christensen ve Diewert (1982) tarafından veri zarflama analizinde kullanılmış olan bu endeks, girdi ve çıktı miktarları üzerine oturtulmuş çok çıktılı ve çok girdili teknolojileri temsil eden fark fonksiyonlarından oluşmaktadır. Malmquist Endeksi (ME)'nin diğer endekslerden üstünlüğü, bu endekste fiyatlara gerek olmadığı gibi, teknolojinin yapısına dair varsayımlara da ihtiyaç duyulmamasıdır. Bu özelliklerinden dolayı ME, fiyatların pek net belirlenemediği kamu sektöründeki verimliliği ölçmede uygun bir araç olarak kullanılabilir. (Estache, Be ve Trujillo, 2004).

Endeks parametrik yöntemlerle ve doğrusal programlama yöntemleri ile hesaplanabilmektedir. VZA kullanılarak iki fonksiyon elde edilmektedir. Bu fonksiyonlardan biri teknik değişimi diğeri ise teknik etkinlikteki değişimi ifade etmektedir (Liu ve Wang, 2008).

Malmquist endeksi girdi yönelimli veya çıktı yönelimli olarak hesaplanabilir. Bir üretim yönelimli Malmquist TFV değişim endeksi  $M_h^{t+1}$  şu şekilde yazılabilir:

$$M_h^{t+1}(X_h^{t+1}, Y_h^{t+1}, X_h^t, Y_h^t) = \sqrt{\frac{D_h^t(X_h^{t+1}, Y_h^{t+1})}{D_h^t(X_h^t, Y_h^t)} \frac{D_h^{t+1}(X_h^{t+1}, Y_h^{t+1})}{D_h^{t+1}(X_h^t, Y_h^t)}} \quad (5)$$

Yukarıdaki denklem  $D_h$ ,  $t$  ve  $t+1$  dönemindeki üretim unsurunu göstermektedir,  $t$  dönemindeki teknoloji referans olmak üzere  $t+1$  dönemi kullanılmaktadır. Referans kategori keyfi olarak seçilebilir.

Burada demiryolu firmalarıyla ilgili uygulamada girdiler için ( $h=1,2,\dots,n$ ) olmak üzere girdi vektörü ;

$$x_h^t = (X_{1ht}, X_{2ht}, \dots)'$$
 (6)

şeklinde, çıktı vektörü ise,

$$y_h^t = (Y_{1ht}, Y_{2ht}, \dots)'$$
 (7)

şeklindedir.

TFV'nde teknolojinin ölçeğe göre getiri özellikleri önemli bir yere sahip olduğu için Malmquist endekslerinde uzaklık fonksiyonlarını tahmin etmede ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımının esas alınması gerekmektedir.

#### **4. Ampirik Bulgular**

Türkiye'de bir kamu kuruluşu olan DDY'nın 2000-2010 yılları arasındaki performansı bölgeler bazında ele alan bu çalışmada VZA ve Malmquist Endeksi birlikte kullanılmaktadır. Verimlilik analizinde dördü girdi ve ikisi çıktı olmak üzere toplam altı değişken kullanılmıştır. Veri Zarflama Analizlerinde etkinlik skorlarını belirlerken, girdi yönelimli veya çıktı yönelimli modeller kullanılarak girdilerin fazlalığı veya çıktıların azlığı farklı olarak tespit edilmektedir. Nitekim tek boyutlu olarak girdi yönelimli sabit getirili CCR modeli ile girdi yönelimli değişken getirili BCC modelleri kullanılarak etkinlikler hesaplanmıştır.

Bu iki farklı yaklaşım için ölçeğe göre sabit ve değişken getiri esasına göre analiz yapabilen CCR ve BCC modelleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da ölçeğe göre sabit getirili CCR modeli ve değişken getirili BCC modeli ile etkinlik analizleri yapılmış ve bunların sonuçları değerlendirilmiştir.

Tablo 2'de VZA modellerinde kullanılan girdi ve çıktıların topluca gösterimini vermektedir. Temel modellerde dört girdi ( $X_1, X_2, X_3, X_4$ ) ile iki çıktı ( $Y_1, Y_2$ ) kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Model Değişkenleri (\*)

<i>Girdiler (X)</i>		
$X_2$ : TPN <sub>t</sub> *	KVB'in yıllık toplam personel sayısı,	Adet FTE
$X_3$ : TML <sub>t</sub>	KVB'in toplam ana hat uzunluğu**,	KM
$X_1$ : HEML <sub>t</sub>	KVB'in elektrikli ana hat uzunluğu,	KM
$X_4$ : HNEML <sub>t</sub>	KVB'in elektriksiz ana hat uzunluğu,	KM
$X_4$ : LWH <sub>t</sub>	KVB'in Yıllık Toplam Lokomotif Çalışma Saati.	Saat
<i>Çıktılar (Y)</i>		
$Y_1$ : KMPGTP <sub>t</sub>	KM başına yolcu ham ton (taşınan yolcu değeri),	10 <sup>3</sup> Ton
$Y_2$ : KMCGTP <sub>t</sub>	KM başına yük ham ton (taşınan yük değeri).	10 <sup>3</sup> Ton

\*(t=0,1,...,10) \*\*Sadece üç değişkenli girdi yönelimli model için kullanılmıştır.

Aşağıdaki Tablo 2'de TCDD'na ait yedi bölgenin CCR ve BBC modeli ile yapılan etkinlik analizleri yer almaktadır. CCR analizinde 2004, 2008 ve 2009 yıllarında beş, diğer yıllar için ise dört bölge etkin görünmektedir. Bu bölgeler içinde İzmir bir yıl hariç tüm diğer yıllar boyunca etkin olmayan bir durumdadır. Sivas 2003 ve 2004 yılları hariç diğer tüm yıllar etkinsiz faaliyet göstermektedir. Üçüncü sırada ise Adana bölgesi son 4 yıl hariç etkin çalışmamaktadır. Bir başka husus olarak İzmir'in etkinlik skorlarının çok düşük olması dikkati çekmektedir. Diğer taraftan Haydarpaşa ve Afyon Bölgeleri tüm yıllar boyunca etkinliğini korumaktadır.

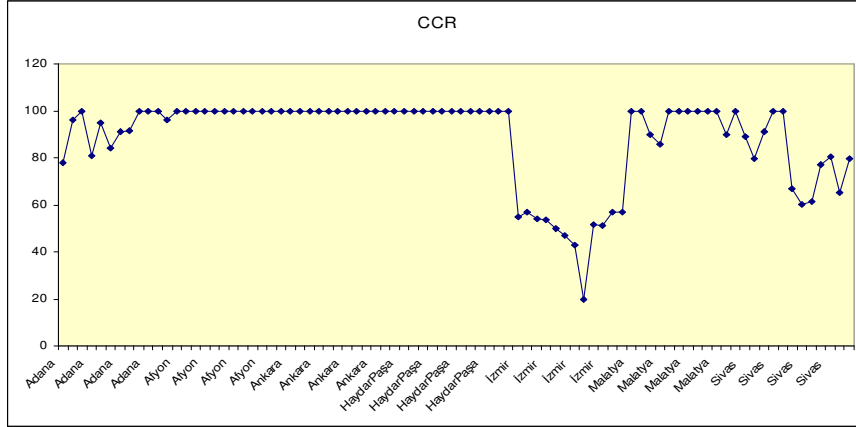
BCC modelinin etkinlik skorları CCR modelinde bir derece farklı sonuçlar vermektedir. Bu modele göre 2002 yılına göre tüm bölgeler etkin olarak çalışmaktadır. Genel olarak dört bölge sürekli olarak etkin görülüyor. Bu model göre Afyon, Haydarpaşa, Ankara ve Malatya Bölgeleri tüm yıllar boyunca etkinliklerini sürdürmektedirler. Sivas ve Adana Bölgesi bu modelin en az etkinliğe sahip bölgeleri olarak gözükmektedir.

Her iki modelde etkin olmayan bölgeler örtüşüyor olsalar bile, İzmir Bölgesinde bir aykırılık göze çarpmaktadır. İzmir CCR modelinde en az etkin olan bölge iken, BCC modelinde en az etkinliğe sahip bölgeler arasında üçüncü sırada yer almaktadır. Adana ve Sivas Bölgesi BCC modelinde daha az etkin bölgeler olarak ortaya çıkmıştır.

**Tablo 2.** CCR ve BCC Modellerine Göre Etkinlik Skorları

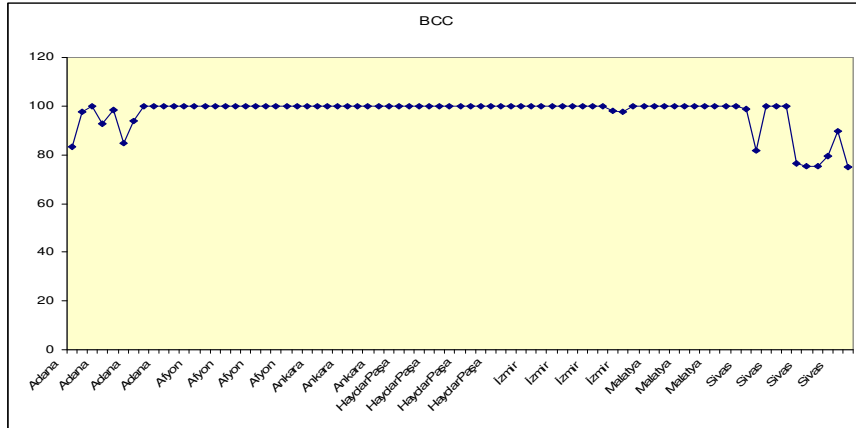
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CCR											
Adana	77,92	96,12	100	81,03	94,86	84,31	91,33	61,49	100	100	100
Afyon	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ankara	100	100	100	100	100	100	100	19,82	100	100	100
Haydarpaşa	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
İzmir	54,81	57,03	54,15	53,5	50	46,97	43,08	100	51,56	50,99	56,98
Malatya	100	100	90,08	85,71	100	100	100	100	100	100	90
Sivas	88,9	79,54	91,05	100	100	66,72	60,23	91,51	77,08	80,58	65
BCC											
Adana	83,12	97,5	100	92,79	98,56	84,68	93,78	100	100	100	100
Afyon	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ankara	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Haydarpaşa	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
İzmir	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97,93	97,81
Malatya	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Sivas	98,7	81,83	100	100	100	76,48	75,19	75,2	79,4	89,79	75,12

Her iki modelin grafikte on bir yıllık sonuçları aşağıdaki şekilde görülmektedir. şekil 1 CCR modelinin etkinlik skorları bölgelerin alfabetik sırasına göre yan yana dizerek göstermektedir. Böylece her bölgenin yıllar boyunca performanslarını izlemek mümkün olacaktır. Grafikte görüleceği gibi, Adana, İzmir, Sivas ve kısmen Malatya Bölgesinin etkinlik skorları düşüktür. Özellikle İzmir Bölgesinin çok düşük verimlilik değerleri tařıdđı dikkatleri çekmektedir.



Şekil 1. CCR Modelinin Etkinlik Skorları

Aşağıdaki Şekil 2’de ise BCC modeline göre etkinlik skorları CCR modelindeki gibi verilmiştir. Burada alfabetik sıraya göre sıralanan bölgelerde Adana ve Sivas’ın düşük etkinlik taşıdıkları görülmektedir. İzmir Bölgesi kısmen etkinsiz olsa da bir önceki modele göre oldukça iyi durumdadır. Bu iki model arasındaki en önemli fark olarak skorların bu modelde daha az düşük olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan bölgelere ait etkinliğin bire bir örtüşmediği de anlaşılmaktadır.

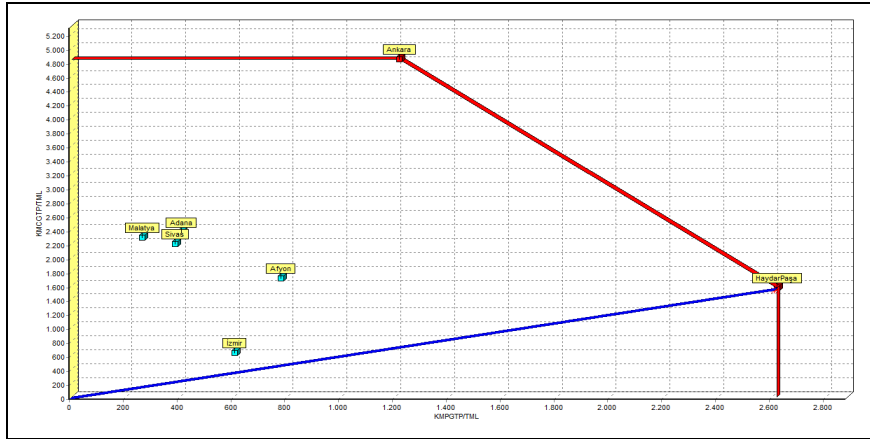


Şekil 2. BCC Modelinin Etkinlik Skorları

#### 4.1. İki Girdili-Bir Çıktılı ve Bir Girdili-İki Çıktılı Etkinlik Analizi

Yukarıdaki iki modele göre yapılan ve toplam altı değişkenin kullanıldığı analizlere bir farklılık getirmek amacı ile CCR modeli kullanılarak girdi yönelimli ve çıktı yönelimli iki farklı model daha kullanılmaktadır. Bu iki farklı yönetime göre kullanılan CCR modelinde toplam üç değişken kullanılmaktadır. Ancak bu uygulama etkinlik açısında bir fikir vermek amacı ile sadece 2000 ve 2010 yılları için verilmiştir. Dönem başı ve dönem sonu itibarı ile bölgelerin etkinliğinde bir değişmenin olup olmadığını takip edilmesi amaçlanmıştır.

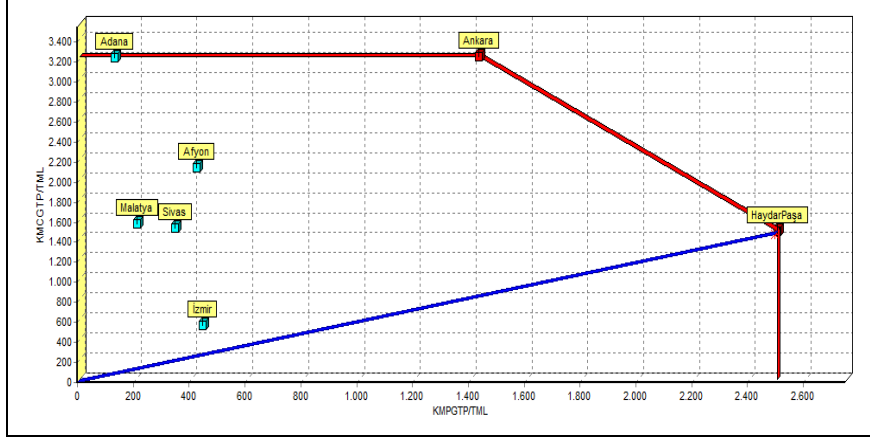
Aşağıdaki Şekil 3'te 2000 yılına ait bir girdili ve iki çıktılı girdi yönelimli bir model kurulmuştur. Girdi olarak toplam Ana Hat Uzunluğu ve çıktı olarak taşınan yolcu ve yük kullanılmıştır. Grafiğe bakıldığında Çıktı çizgisinin üzerinde olan bölgeler etkin diğerleri ise etkin sayılmamaktadır. Şekilde 2000 yılı için Haydarpaşa ve Ankara Bölgesinin etkin olduğu dikkat çekmektedir. Orijine en yakın olanın en düşük çıktı ürettiği kabul edildiğinde İzmir'in bu noktada en düşük verimliliğe sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 2000 Yılı CCR Girdi Yönelimli

Benzer Şekilde Şekil 4, 2010 yılının CCR modeli ile yapılan üç değişkenli girdi yönelimli modelin sonuçlarını göstermektedir. Burada da görüleceği gibi İzmir Bölgesi orijine en yakın olduğu için en az etkin olan, buna

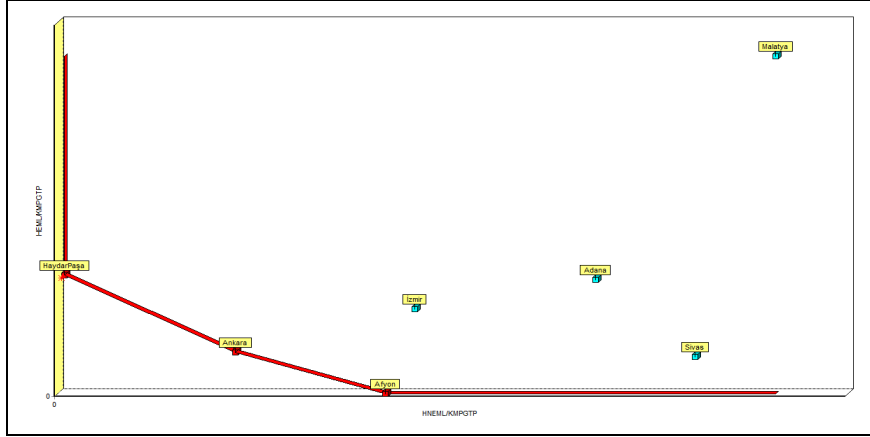
karşın çıktı sınırında yer alan Haydarpaşa, Ankara ve 2000 yılında etkin görünmeyen Adana en etkin bölgeler içinde yer almaktadır.



Şekil 4. 2010 Yılı CCR Girdi Yönelimli

Çıktı yönelimli iki girdili ve bir çıktılı CCR modelinin 2000 ve 2010 yılına ait sonuçları aşağıdaki Şekil 5 ve 6'da ele alınmaktadır. Çıktı yönelimli analizlerdeki sonuçların girdi yönelimli modeldekinden farklı olması beklenir. Girdi olarak normal ve elektrikli hat uzunlukları ve çıktı olarak taşınan yolcu esas alınmıştır. Nitekim aşağıdaki şekilde 2000 yılında etkinlik doğrusu üzerinde Haydarpaşa, Ankara ve Afyon bölgeleri en etkin bölgeler olarak yer almaktadır. Bu modelde özellikle Malatya Bölgesinin üretim setinin içinde yer almasına rağmen çıktı yönelimli olarak düşük verimliliğe sahip olduğu görülmektedir.

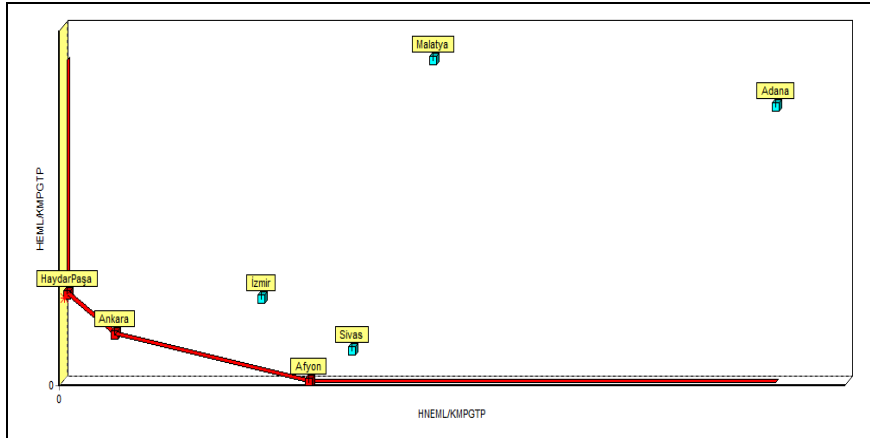




**Şekil 5.** 2000 Yılı CCR Çıktı Yönelimli

Çıktı yönelimli modelin 2010 yılı sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde, üretim setinin içinde yer alan Adana ve Malatya'nın en düşük etkinliğe sahip oldukları dikkat çekmektedir. Yani on yılın sonunda etkinsizliğe Malatya'nın yanı sıra Adana da dahil olmuştur. Aynı yıl için etkin olan bölgelerin değişmediği, yani Haydarpaşa, Ankara ve Afyon Bölgeleri'nin etkinliklerini korudukları görülmektedir.

Girdi yönelimli ve çıktı yönelimli sonuçlara bakıldığında her iki durumda da sürekli etkinliğini koruyan iki bölgeden biri Haydarpaşa diğeri ise Ankara Bölgesidir. Bu iki bölgenin sürekli etkin oldukları görülmektedir



**Şekil 6.** 2010 Yılı CCR Çıktı Yönelimli

## 4.2. Toplam Faktör Verimliliği Analizi

Çıktı yönelimli Malmquist Endeksi TFV ile firmaların verimlilik skorları ve ortalamaları ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu analizde firmalara ait tahmin edilecek etkinlik değerleri Tablo 3'te listelenmektedir.

**Tablo 3.** Malmquist Endeksi Analizindeki Bağımlı Değişkenler

Tfpch	Toplam Faktör Verimliliği Değişimi	Total Factor Productivity (TFP) Change
Techch	Teknik Etkinlik Değişimi	Technical Change
Effch	Etkinlik Değişimi	Efficiency Change
Pech	Saf Etkinlik Değişimi	Pure Efficiency Change
Sech	Ölçek Etkinliği Değişimi	Scale Change

Aşağıdaki tabloda Malmquist endeksi kullanılarak sabit getirili ve girdi yönelimli TFV ile ilgili sonuçlar verilmiştir. Malmquist Endeksinin yıllık ortalamalarına bakıldığında dönem boyunca dört yıl TFV'nin birin üzerinde olduğu görülüyor. Tabloda 2008 yılında TFV'ndeki artış %10 ile en yüksek düzeyde bulunmaktadır. Yıl ortalamaları incelendiğinde TFV'ndeki büyümenin %2 azaldığı görülmektedir.

**Tablo 4.** Malmquist Endeksi Yıllık Etkinlik Ortalamaları

Yıllar	Effch	Techch	Pech	Sech	Tfpch
2001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2002	1.023	0.947	1.029	0.994	0.968
2003	0.975	1.039	0.989	0.985	1.013
2004	1.036	0.948	1.009	1.027	0.981
2005	0.920	0.941	0.942	0.977	0.866
2006	0.985	1.017	1.012	0.973	1.002
2007	0.898	0.970	1.009	0.890	0.871
2008	1.199	0.917	1.008	1.190	1.100
2009	1.005	1.048	1.015	0.990	1.053
2010	0.971	1.003	0.975	0.996	0.974
Ortalama	0.998	0.982	0.998	1.000	0.980

Aşağıdaki Tablo 5, bölgelerin on bir yıl boyunca toplam faktör verimliliklerini vermektedir. Yukarıda CCR ve BCC modellerindeki sonuçlardan farklı olarak Adana teknik etkinlik, ölçek etkinliğı ve TFV açısından hep birin üzerindeki değerleri içermektedir. Yani dönem boyunca verimlilik değişimi birden büyüktür. TFV ise %4,5 oranında artış göstermiştir. Yukarıdaki VZA modellerinde görüleceğı gibi son yıllarda Adana Bölgesinin etkinliğinin tam olduğı göze çarpmaktadır. Diğer taraftan çıktı yönelimli analizde de Adana Bölgesinin etkin olan çizgi üzerinde yer aldığını hatırlamak gerekir. Dönem boyunca özellikle Sivas'ın hiçbir etkinlik değeri birin üzerinde yer almamaktadır. Dönem sonu itibariyle de Sivas Bölgesi en düşük faktör verimliliğine sahip bulunmaktadır. Dönem sonunda Sivas Bölgesinde TFV'ndeki düşüş %5,8 kadardır. Yani faktör verimliliğinde yaklaşık % 6'lık bir azalma bulunmaktadır.

**Tablo 5. Malmquist Endeksi Bölge Ortalamaları \***

Bölge	Effch	Techch	Pech	Sech	Tfpch
Haydarpaşa	1.000	0.983	1.000	1.000	0.983
Ankara	1.000	0.967	1.000	1.000	0.967
İzmir	1.004	0.980	0.998	1.006	0.984
Sivas	0.969	0.972	0.973	0.996	0.942
Malatya	0.990	0.998	1.000	0.990	0.987
Adana	1.025	1.019	1.019	1.006	1.045
Afyon	1.000	0.957	1.000	1.000	0.957
Ortalama	0.998	0.982	0.998	1.000	0.980

\*Tüm Malmquist Endex değerleri geometrik ortalama biçimindedir.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, 1953 deki bir mevzuat düzenlemesi ile Türkiye Cumhuriyeti'ndeki demiryolu taşımacılığını düzenleme, işletme ve kontrol etme faaliyetini yapan bir Kamu İktisadi Kuruluşu olarak kurulan Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD)'nin performansı ele alınmıştır. TCDD'nin yedi ayrı bölgeye ayrılmış çalışma birimlerinin yani KVB'lerin 2000-2010 dönemini kapsayan on bir yıllık çalışma süresinde VZA ve Malmquist Endeksi ile verimlilik analizleri yapılmış ve Toplam Faktör Verimlilikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. İlk etapta girdi yönelimli CCR ve BCC modelleri kullanılarak etkinlik skorları tespit edilmiştir. Etkinlik skorlarında CCR modeli ile ilgili analizlerde başta İzmir ve Sivas Bölgelerinin düşük etkinliğe sahip

oldukları tespit edilmiştir. Daha sonra BCC modeli ile değişken getirili analizde ise Adana ve Sivas Bölgesinin düşük etkinliğe sahip olduğu görülmüştür.

İkinci olarak CCR modeli ile girdi yönelimli ve çıktı yönelimli grafik analizinde bir girdi iki çıktı ve iki girdi bir çıktı şeklinde analizler dönem sonu ve dönem başı itibarıyla yapılmıştır. Her iki analiz türünde de karar verici birimler olarak Haydarpaşa ve Ankara Bölgelerinin sürekli etkin oldukları görülmektedir.

Ele alınan on bir yıllık dönemde Malmquist Endeksi kullanılarak Toplam Faktör Verimlilikler ele alınmıştır. Yıllar boyunca TFV %2 oranında azalmıştır. Diğer taraftan faktör verimliliği açısından Adana Bölgesinin %4,5 oranında bir TFV artışının olduğu tespit edilmiştir.

### **Kaynakça**

- Atkinson, S.E. ve Cornwell, C. (1998). Estimating Radial Measures of Productivity Growth: Frontier vs Non-Frontier Approaches. *Journal of Productivity Analysis*, 10, 35-46.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiency in DEA. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Cantos, P., Pastor, J.M. ve Serrano, L. (1999), Productivity, efficiency and technical change in the European railways: A non-parametric approach, *Transportation*, 26 (4), 337-357.
- Caves, D., Christensen, L.R. ve Diewert, W.E., (1982). The Economic Theory of Indeks Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity. *Econometrica*, 50, 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W.W., ve Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E. (1979). Short Communication: Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 3, 339.
- Coelli, T.A. ve Perelman, S. (1999). A comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to European railways. *European Journal of Operational Research*, 117, 326-339.

- Coelli T., Rao, D.S.P. ve Battese, G.E. (2004). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W. W., Seiford, L.M. ve Tone, K. (2006). Introduction to Data Envelopment Analysis and its Uses. New York: Springer.
- Cowie, J. (1999). The Technical Efficiency of Public and Private Ownership in the Rail Industry: The Case of Swiss. *Journal of Transport Economics and Policy*, 33(3).
- Çekerol, G.S. ve Nalçakan, M. (2011). Lojistik Sektörü İçerisinde Türkiye Demiryolu. Yurtiçi Yük Taşıma Talebinin Ridge Regresyonla Analizi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 31(2), 321-344.
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19(3), 273–292.
- Duman, İ. (2006). "Demiryollarının Yeniden Yapılanma İhtiyacı ve TCDD'deki Gelişmeler". *Uluslararası Demiryolu Sempozyumu Bildiriler Kitabı (cilt 2)*. Ankara.
- Estache A., Be, B.T. ve Trujillo, L. (2004). Sources of Efficiency Gains in Port Reform: A DEA Decomposition of a Malmquist TFP Indeks for Mexico. *Utilities Policy*, 12, 221-230.
- Evren, G. ve Vitoşoğlu, Y. (2008). Türkiye'de demiryolu ağırlıklı kombine yük taşımacılığı olanaklarının araştırılması. *İTÜ Dergisi Seri D*, 7(1), 77-88.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253–281.
- Graham, D.J. (2008). Productivity and efficiency in urban railways: Parametric and non-parametric estimates. *Transportation Research: Part E*, 44(1), 84–99.
- Jitsuzumi, T. ve Nakamura, A. (2010). Socio-Economic Causes of inefficiency in Japanese railways: Application of DEA for managers and policymakers. *Planning Sciences*, 44, 161–173.
- Kim, H., Choi, C., Woo, J., Choi, Y., Kim, K. ve Wu, D. (2011). Efficiency of the modal shift and environmental policy on the Korean railroad. *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment*, 25(3).
- Lan, L.W. ve Lin, E.T. J. (2006). Performance Measurement for Railway Transport: Stochastic Distance Functions with Inefficiency and

- Ineffectiveness Effects. *Journal of Transport Economics and Policy*, 40(3), 383-408.
- Liu, F.F. ve Wang, P.H. (2008). DEA Malmquist Productivity Measure: Taiwanese Semiconductor Companies. *International Journal of Production Economic*, 112, 367-379.
- Loizides, J. ve Tsionas, E.G. (2004). Dynamic Distributions of Productivity Growth in European Railways. *Journal of Transport Economics and Policy*, 38(1), 45-76.
- Malmquist S., (1953). Indeks Number and Indifferences Surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.
- Nashand, A.S.J. ve Nash, C.A. (2010). Benchmarking of train operating firms: a transaction cost efficiency analysis. *Transportation Planning and Technology*, 33(1), 35-53.
- Sabri, K., Colson, G.E. ve Mbangala, A.M. (2008). Multiple Criteria and Multiple Periods Performance Analysis: The Comparison of North African Railways. *Computing Anticipatory Systems: CASYS'07-Eighth International Conference. AIP Conference Proceedings*, 1051, 351-365.
- Şahbaz, R.P. ve Yüksel S. (2006). Avrupa Birliği'nde Demiryolu Ulaştırması: Standartlar, Politikalar, Hedefler. Ankara: Seçkin Yayıncılık,
- Şaşamaz, Ç. (2008). Karyollarında ve demiryollarında verimlilik analizi. Yayınlanmamış YL Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Solak, A.O. (2011). Karayolu ve Demiryolu Ulaşım Sistemlerinin Ekonomik Etkinlik Analizi, Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- TCDD, (2011). Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İstatistik Yıllığı 2006-2010. <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/istatistik/20062010yillik.pdf>. 01.02.2012.
- UIC, (2010). Railway Time-Series Data 1970-2009. [http://www.uic.org/etf/publication/publication-detail.php?code\\_pub=302/70-09x1](http://www.uic.org/etf/publication/publication-detail.php?code_pub=302/70-09x1). 01.02.2012.
- Wang, S. ve Liao, C. (2006). Cost structure and productivity growth of the Taiwan Railway. *Transportation Research: Part E*, 42, 317-339

Yu, M. (2008). Assessing the technical efficiency, service effectiveness, and technical effectiveness of the world's railways through NDEA analysis. *Transportation Research: Part A*, 42, 1283–1294.

