



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Türkiye’deki kent içi raylı ulaşım sistemlerinin performanslarının Veri Zarflama Analizi ile karşılaştırılması

A comparison of performances of urban rail systems in Turkey by Data Envelope Analysis

Yazar(lar) (Author(s)): Mahsa MASOUMI¹, Ebru V.ÖCALIR-AKÜNAL²

ORCID¹: 0000-0001-6402-1108

ORCID²: 0000-0001-8381-1308

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Masoumi M. ve Öcalır-Akünel E.V., “Türkiye’deki kent içi raylı ulaşım sistemlerinin performanslarının Veri Zarflama Analizi ile karşılaştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 21(4): 971-975, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.391798

Türkiye’deki Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemlerinin Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Karşılaştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Mahsa MASOUMI^{1*}, Ebru V. ÖCALIR-AKÜNAL²

¹Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

²Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 02.10.2016 ; Kabul/Accepted : 26.08.2017)

ÖZ

Toplu taşıma türleri arasında kent içi raylı sistemler, daha rahat, güvenilir, temiz enerji kullanımı ve sonucunda daha az hava kirliliği, yüksek taşıma kapasitesi ve hızlı erişim sağlamaları sebebiyle gitgide daha fazla tercih edilmektedir. Bütün bu olumlu özelliklerine karşılık kent içi raylı sistemler oldukça yüksek maliyetli yatırımlar gerektirmekte ve bu yüzden de planlamanın ve uygulamanın en iyi şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de işletmede olan kent içi raylı ulaşım sistemlerinin performansları Veri Zarflama Analizi ile karşılaştırılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Uygulamada kullanılan veri seti Ulaşım Dairesi Başkanlıklarından ve ilgili literatürden toplanmıştır. Uygulama sonucunda her bir kentin raylı ulaşım sisteminin etkinlik değeri ve etkin olmayan kentler için tavsiye edilen iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, kent içi raylı ulaşım sistemleri.

A Comparison of Performances of Urban Rail Systems in Turkey By Data Envelope Analysis

ABSTRACT

Urban rail systems among the public transport types are increasingly preferred due to the use of more convenient, reliable, clean energy and resulting in less air pollution, higher carrying capacity and faster accessibility. In contrast to all these positive features, the urban rail systems require highly costly investments and therefore the planning and implementation must be carried out in the best possible way. In this study, an evaluation was made by comparing the performances of urban rail transportation systems operated in Turkey with Data Envelopment Analysis. The data is collected from the Transportation Department Presidency and related literature for this study. As a result of the implementation, the recommendation for the efficiency value of each city's rail transportation system and the recommended improvement for the ineffective cities are presented.

Keywords: Data Envelopment Analysis, urban rail transportation systems.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kültürel, sosyal veya daha önemlisi teknolojik gelişmelerden dolayı, sanayi devriminden sonra hızlı bir şekilde yoğun nüfus artışı ile birlikte kentler de hızlı bir şekilde büyümeye başlamıştır. Özellikle bu dönemde gelişmekte olan ülkelerde çarpık ve plansız kentleşmenin sonucunda şehirlerdeki ulaşım en büyük sorunlardan biri olarak ortaya çıkmıştır. Ulaşımın asıl amacı, insanların daha kısa sürede, daha ekonomik, çevreye duyarlı, rahat ve güvenilir bir şekilde taşınmasını sağlamaktır.

Şehirlerdeki hızlı nüfus artışı ile birlikte özel araç sahipliği de hızla çoğalmaktadır. Bu nedenle kent içi ulaşımı önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Neredeyse dünyanın çoğu kentlerinde ulaşım büyük sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların en önemlilerinden biri ulaşımında kullanılan araçların hava kirliliğine yol açmasıdır. Diğer ciddi sorunlar ise; zaman,

enerji kaybı ve insan sağlığını da çok ciddi şekilde tehdit eden hava kirliliğidir. Bu ciddi tehditlere karşı en iyi çözüm toplu taşıma sistemlerini tercih etmektir [1].

Kent içi toplu taşıma sistemleri arasında raylı sistemler, yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen, işletme maliyetlerinin düşük olması, temiz enerji kullanımı ve sonucunda daha az hava kirliliği ile hızlı erişim sağlaması ve daha az zaman kaybı ve daha az trafik sıkışıklığı yarattığı için diğer sistemlere göre daha fazla tercih edilmektedir [1].

Toplu taşıma yatırımları kentlerde uzun süreli ve kalıcı bir etkiye sahiptir, özellikle de raylı sistemlerin yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı daha fazla etkiye sahiptir. Bu yüzden kent içi raylı sistemlerin daha verimli çalışabilmesi için planlama ve etüt çalışmalarının çok önemli olduğu görülmektedir. Fakat dünya örneklerine bakıldığında bazılarının yolcu kapasitesinin düşük olduğu ve bu yüzden trafik sıkışıklığına bir çözüm olmadığı görülmektedir.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : ma_soumi@yahoo.com

Swami tarafından yılında yapılan çalışmada (2015), Multimodal bağlamda Veri Zarflama Analizi Yöntemini kullanarak Delhi'deki Metro istasyonlarında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma alanı sarı ve kırmızı metro hatlarını içermektedir. Kullanılan veriler banliyöde yaşayan insanlardan (demografik, seyahat zamanı ve kalite algılama parametreleri) anket yardımı ile toplanmıştır. Sarı ve kırmızı hatlar, yedi koridora bölünmüş özel istasyonlarda verimlilik analizi yapılmıştır. Sonuçlar ortaya çıkararak, etkinlik skorları ve etkin olmayanların zaafalarını iyileştirmek için stratejiler önerilmiştir. Koridorlar arasında, sarı hattaki Jahangirpuri'den Kashmere kapısına kadar olan ve kırmızı hattaki Inderlok'tan Kashmere kapısına kadar en iyi performansı gösterdiği, özel istasyonlar arasında ise sarı hatta G.T.B. Nagar, Rajiv Chowk, Malviya Nagar ve Ghitorini, kırmızı hatta ise Pulbangash ve karşılama istasyonunun daha iyi performans gösterdiği değerlendirilmiştir [2].

Türkiye'deki raylı sistem yatırımları ve performansları üzerine yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'nda (2014) yapılan bir tez çalışmasında, Türkiye'deki raylı ulaşım sistemleri dünyadaki metropol kentlerinin raylı sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapısal açıdan, yatırım maliyeti, gelir-gider, kullanım ve çeken ve çekilen araçlar açısından yapılmıştır. Bir kapasite hesabı yapılarak tasarlanan sistemlerin verimli çalışmadığı, işletme maliyetlerinin taşınan yolcu sayıları göz önüne alındığında yüksek kaldığı tespit edilmiştir. Aynı güzergâh üzerinde paralel toplu taşıma türlerinin varlığı, yolcuların raylı sistemleri kullanmak yerine şahsi araçlarına yönelmesi, istasyonlara yolcu taşıyan ring servisler bulunmaması verimliliği etkileyen en önemli faktörlerdir [1].

Bu çalışmada, literatüre bir katkı olarak Türkiye'deki raylı sistem yatırımı bulunan kentlerin birbirleriyle karşılaştırması yapılmaktadır.

2. YÖNTEM (METHODOLOGY)

Araştırma kapsamında veri setine ulaşılan kentlerdeki raylı sistem performansları ve etkinlik düzeyleri Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Etkin olmayan kentlere örnek olacak şekilde etkin kent değerleri üzerinden etkinlik artırıcı değerler belirlenmiştir.

Veri Zarflama Analizi (VZA) doğrusal programmanın özel bir uygulama şekli olup, aynı amaçlara sahip işletmelerin göreceli olarak verimliliği ölçmede kullanılan bir yöntemdir. Bu parametrik olmayan, doğrusal programlama tabanlı yöntemde benzer girdilerin kullanılmasıyla aynı çeşitte çıktı ya da çıktılar üretilmekte ve sorumlu karar noktalarının görece etkinlikleri ölçülmektedir [3, 4].

Veri Zarflama Analizi (VZA) daha önce de belirtildiği üzere belirli ve seçilmiş Karar Verme Birimlerinin (KVB) görece etkinlik ölçümü için kullanılan bir yöntemdir.

Çalışmada VZA analizi için aşağıdaki aşamalar takip edilmiştir:

- Karar Verme Birimlerinin seçimi: Veri Zarflama Analizinin sağlıklı ve kullanılabilir olması açısından Karar Verme Birimlerinin aynı kararlara sahip olması gerekmektedir. Bu uygulamanın ilk aşaması homojen karar verme birimlerinin seçimidir. Diğer bir anlamda birbirlerine benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten KVB'nin, karşılaştırılmalı görece etkinliklerini ölçmek üzere seçilmesidir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ise birimlerin sayısıdır. Bu konuda bir çok varsayım bulunmaktadır. Yapılan uygulamanın güvenilir olması açısından eğer kullanılan girdi sayısı "I" ve çıktı sayısı "O" ise bu durumda karar verme biriminin (DMU) sayısı en az "I+O+1" olmalıdır [4]. Çalışmada kullanılan Karar Verme Birimleri, veri setine ulaşılan kentlerdir: Ankara, Antalya, Adana, İstanbul, İzmir, Bursa, Kayseri, Konya, Samsun, Eskişehir ve Gaziantep.
- Modelde kullanılacak olan Değişkenlerin (Girdiler ve Çıktılar) belirlenmesi: Karar Verme Birimlerinin seçiminden sonra ikinci aşama modelde kullanılacak Girdi ve Çıktıların belirlenmesidir. Uygulamanın sonunda önemli sonuçların elde edilebilmesi ve etkili yorumların yapılabilmesi için değişkenlerin seçimine son derece önem ve dikkat vermek gerekmektedir. Bir yandan da Girdi ve Çıktıların sayısı da çok fazla olmamalıdır çünkü fazla sayıda olursa gözlem kümesinin homojenliğinin bozulmasına ve sonuçta VZA'yi modelinin ayrıştırma yeteneğinin düşmesine neden olmaktadır [5]. Çalışmada kullanılan Girdiler; hat uzunluğu (km), istasyon sayısı, sefer sıklığı (dakika), ticari hız (km/saat) ve şehir nüfusedir. Çıktı ise senelik taşınan yolcu sayısıdır (Çizelge 1).
- Veri kümesinin güvenilirliği ve elde edilebilirliği: VZA'yi uygulama çalışmalarında üçüncü aşama ise seçilen girdi ve çıktılara ait veri kümesinin elde edilmesidir. Eğer her hangi birim için güvenli veriler elde edilemez ise hem birime ait etkinlik değeri ve hem diğer birimlerin etkinlik değerleri görece etkinlik ölçümünden dolayı, tüm etkinlik değerlerini çekişmeli hale getireceğinden dolayı uygulamadan çıkartılması gerekecektir [6]. Veri kümesi, bilgilerine ulaşılabilen kenter kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan bilgiler, ilgili Büyükşehir Belediyeleri'nin web sayfaları ve Ulaşım Daire Başkanlıkları'ndan resmi yazı ile elde edilen güvenilir rakamlardır.
- Kullanılacak VZA'yi modelinin belirlenmesi ve görece etkinliğin ölçülmesi: Karar Verme Birimleri ve değişkenlerin seçiminden sonra çalışmaya en uygun VZA'yi modeli seçilir ve etkinlik ölçümü KVB'leri için yapılır. Bu yöntemde kullanılan modeller iki farklı şekilde yapılabilmektedirler: girdiye yönelik, çıktıya yönelik. Girdi yönlü model, en etkin şekilde minimum

Çizelge 1. Girdi ve çıktı değerleri (2016 yılı) (Inputs and Outputs)(by the year 2016)

Kentler	Girdiler				Çıktı	
	Hat uzunluğu (km)	İstasyon sayısı	Sefer sıklığı (dakika)	Ticari hız km/saat	Şehir nüfusu	Senelik taşınan yolcu sayısı
Ankara	64,2	55	5	40	5.270.000	109.256.000
Antalya	15,7	26	7	27	2.328.555	13.620.000
Adana	13,5	13	10	40	1.737.000	9.410.000
İstanbul	147	142	5	32	14.800.000	717.628.374
İzmir	156	57	7	40	2.848.000	230.000.000
Bursa	48	61	7	27	2.340.000	75.443.501
Kayseri	33,7	55	10	30	1.062.000	36.323.522
Konya	56	40	5	27	1.221.000	30.809.550
Samsun	31	21	8	30	605.319	18.200.000
Eskişehir	45	61	13	25	844.842	47.760.000
Gaziantep	26,5	29	7	22	1.974.244	18.000.000

girdiyi kullanarak maksimum çıktıyı elde edilebilmek için kullanılan bir modeldir. Çıktı yönlü model ise belirli girdileri kullanarak maksimum çıktıyı elde etmeye çalışır [7]. Veri Zarflama Analizi tablolar halinde hazırlanan veri kümesini kullanarak KVB leri'nin etkinlik ölçümünü tespit etmektedir. Bu yöntem doğrusal programlama tabanlı olduğundan dolayı, modeli çözmek için bazı paket programları, bilgisayar yazılımları ve VZA'ne bazı özel yazılımlar kullanılmaktadır. GAMS, LINDO, QSB, EMS, IDEAS, DEAP, ETAKS vs. Bu çalışmada Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanarak yapılan girdi yönlü CCR modeli CRS varsayımı altında ele alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda CCR modeline göre ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Yazılım olarak EMS'den yararlanılmıştır.

- Etkinlik değerlerinin belirlenmesi: Charnes, Cooper ve Rhodes'un etkinlik açıklamalarında herhangi bir birimin 100% etkin olabilmesi için ancak aşağıdaki durumlarda gerçekleşebilir: Her bir karar birimi için 0 ile 1 (veya yüzde) arasında elde edilir. Etkinlik sınırı etkin olan KVB yani etkinlik değerleri 1 olanları tarafından belirlenir. Etkin olmayan Karar Verme Birimlerinin etkinlik değeri ise 0 ile 1 arasında olur [8].
- Referans grupları: VZA, görel olarak verimli birimlere uygulanan yönetsel veya organizasyonel yöntemleri uygulayarak verimli olmayan karar verme birimlerinin aynı seviyede etkinliğe ulaşabileceği varsayımına dayanır [9]. Veri Zarflama Analizi etkin olan bir grup karar birimini referans olarak belirtir ve

gözle kümesinden daha küçük bir grupla karşılaştırmanın yapılmasını sağlar. Veri setini oluşturan kentlerin etkinlik değeri ve referans kümeleri Çizelge 2'de verilmektedir.

- Etkin olmayan birimler için stratejilerin belirlenmesi: Veri Zarflama Analizi ile yapılan karşılaştırma, karar verme birimlerinin benzerliklerinden hareket etmeye başlar, bunun büyük faydası ise etkin olmayan birimlerin etkin hale getirebilmek üzere bazı önemli stratejiler (etkin olmayan birimlerin referans grubunda olan etkin birimlere ait ağırlıklı katsayısıdır) sağlar. Analizin sonunda elde edilen sonuçlar, etkin birimlerin elde edilebilen giriş ve çıkış içerdiğini varsaymaktadır. Aynı anda etkin olmayanlar için de bu girdi ve çıktılara ulaşmasının varsayar. Fakat bu her zaman doğru olamaz ve sonunda iyileştirme çabaları sonuçsuz kalabilir [10]. Bu çalışmada da etkin olmayan birimler belirlenmiş ve Bulgular bölümünde özetlenmiştir.
- Sonuçların değerlendirilmesi: Veri Zarflama Analizi uygulamasında yapılan son aşama ise, girdiler ve çıktıların hepsi yapılan uygulamada değerlendirildikten sonra elde edilen sonuçları karar birimlerine göre değerlendirilir ve sonunda yorumlanır [9]. Uygulamada belirlenen hedeflere ulaşılması zor olsa da bu bilgilerin daha sonra kullanılabilir olması ve iyileştirmelere açık olması faydalı bir gelişmedir. Çalışmayla ilgili sonuçlar, Tartışma ve Öneriler bölümünde özetlenmiştir.

Çizelge 2. Girdi yönlü CCR etkinlik değerleri ve referans kümeleri (CCR Efficiency scores and reference sets)

Girdi yönlü CCR etkinlik değerleri ve referans kümeleri		
Kentler	Etkinlik değeri	Referans kümeleri
Ankara	%42,48	4 (0,1452) 10 (0,1053)
Antalya	%17,77	4 (0,0190)
Adana	%14,32	4 (0,0131)
İstanbul	%100,00	
İzmir	%89,72	4 (0,1221)
Bursa	%64,60	4 (0,0841) 10 (0,3155)
Kayseri	%64,12	4 (0,0183) 10 (0,4862)
Konya	%49,97	4 (0,0309) 10 (0,1803)
Samsun	%54,30	4 (0,0032) 10 (0,3329)
Eskişehir	%100,00	
Gaziantep	%18,69	4 (0,0240) 10 (0,0156)

Çizelge 3. Analizden elde edilen değişken artıkları (Variable residues obtained from the analysis)

Şehirler	1.girdideki fazlalık	2.girdideki fazlalık	3.girdideki fazlalık	4.girdideki fazlalık	5.girdideki fazlalık	Çıktıdaki azlık
Ankara	2,0232	0	0,0286	9,7100	0,0015	0,0531
Antalya	0	1,9252	1,1490	4,1907	132899,7	0,0001
Adana	0,0061	0	1,3667	5,3096	54724,08	0,0167
İzmir	0	23,0405	5,6701	31,982	748623,3	0,5546
Bursa	6,9683	19,2577	0	6,8629	0,0009	0,0444
Kayseri	0,9351	20,033	0	6,4968	0	0,0007
Konya	16,7651	10,9078	0	7,9947	0,0009	0,1083
Samsun	4,0439	2,2921	0	7,8645	0,0006	0,0125
Gaziantep	0	1,6005	0,9852	2,9524	0	0,0006

Kentler	Girdiler				Çıktı	
	Hat uzunluğu (km)	İstasyon sayısı	Sefer sıklığı (dakika)	Ticari hız km/saat	Şehir nüfusu	Senelik taşınan yolcu sayısı
Ankara	64,2	55	5	40	5.270.000	109.256.000
Antalya	15,7	26	7	27	2.328.555	13.620.000
Adana	13,5	13	10	40	1.737.000	9.410.000
İstanbul	147	142	5	32	14.800.000	717.628.374
İzmir	156	57	7	40	2.848.000	230.000.000
Bursa	48	61	7	27	2.340.000	75.443.501
Kayseri	33,7	55	10	30	1.062.000	36.323.522
Konya	56	40	5	27	1.221.000	30.809.550
Samsun	31	21	8	30	605.319	18.200.000
Eskişehir	45	61	13	25	844.842	47.760.000
Gaziantep	26,5	29	7	22	1.974.244	18.000.000

3. BULGULAR (FINDINGS)

Türkiye'deki kentiçi raylı sistemlerin performanslarının VZA ile karşılaştırıldığı çalışma sonucu aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Bulgular, Veri Zarflama Analizini kent içi raylı sistemlerin performanslarını karşılaştırarak görece etkinliklerini ölçmek ve etkin olmayanlar için performanslarını yükseltmek amacıyla, nasıl kullanılabilirliğini göstermektedir.
- Karar Verme Birimleri (kentler) arasında İstanbul ve Eskişehir'in kent içi raylı sistemlerinin etkinlik skoru % 100 (veya 1) olduğu için etkin oldukları değerlendirilmektedir. Etkinlik değerleri %100 değerinin altında olan ve performanslarının etkin olmadığı değerlendirilen kentler ise Ankara, Antalya, Adana, İzmir, Bursa, Kayseri, Konya, Samsun ve Gaziantep'dir.
- Etkin olmayan birimlerin (kentlerin) etkinliklerini artırabilmeleri için, etkin olan kentler arasından hangisinin referans alınabileceğini belirlemek mümkündür. Örnek olarak; Ankara kenti'nin % 42,48 etkinlik değeri ile etkin durumda olmadığı görülmektedir. Bu şehrin etkinliğini artırabilmek veya etkin olabilmesi için etkin olan İstanbul kentini % 14 ve Eskişehir kentini % 10 oranında referans alması gerektiği görülmektedir.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER (DISCUSSION AND SUGGESTIONS)

Veri Zarflama Analizi'nden elde edilen diğer bir çıktı da değişkenlerin artık değerleridir. Bu değerler aslında etkin olmayan kentlerin girdilerini ve çıktılarını ne degerde azaltması ve artırması gerektiğini göstermektedir. Azaltma girdilerdeki fazlalık ve artırma ise çıktılardaki

azlık değerlerine göre yapılmaktadır. VZA'yi sonuçlarından elde edilen ve etkin olmadığı değerlendirilen 9 kente ait değişken artık değerler Çizelge 3'de verilmiştir.

Bu birimlerin etkin hale gelebilmeleri için, girdilerdeki fazlalığı azaltmak ve çıktıdaki azlığı artırılması gerekmektedir. İncelenen kentlerde raylı sistemlerin verimliliğini artırmak için, iyileştirme tablosunda (Tablo 3) elde edilen değişken artıklarına göre:

- Sefer sıklıklarını Ankara'da 0,0286 dakika, Antalya'da 1,1490 dakika, Adana'da 1,3667 dakika, İzmir'de 5,6701 dakika ve Gaziantep'te 0,9852 dakika azaltmak,
- Ticari hızı Ankara'da 9,7100 km/saat, Antalya'da 4,1907 km/saat azaltmak, Adana'da 5,3096 km/saat, İzmir'de 31,9820 km/saat, Bursa'da 6,8629 km/saat, Kayseri'de 6,4968 km/saat, Konya'da 7,9947 km/saat, Samsun'da 7,8645 km/saat ve Gaziantep'te 2,9524 km/saat azaltmak,
- Senelik taşınan yolcu miktarını Antalya'da 132.900 kişi, Adana'da 5.724 kişi ve İzmir'de 748.623 kişi artırmak gerekmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Baştürk, G., "Kent içi raylı toplu taşıma sistemleri incelemesi ve dünya örnekleri ile karşılaştırılması", *Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi*, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, (2014).
- [2] Swami, M. ve Parida, M. "Comparative appraisal of metro stations in Delhi using Data Envelopment Analysis in a Multimodal context, *Journal of Public Transportation*, 18(3): 29-51, (2015).

- [3] Semra, T., “İşletme performansını belirlemede Veri Zarflama Analizi”, *Yönetim ve Ekonomi*, 10(2): 221-229, (2003).
- [4] Başkaya, Z., Avcı, B., Veri Zarflama Analizi, *Dora Yayınları*, 1.Baskı, (2011).
- [5] Erdoğan, M. ve Yıldız, M., “Sağlık işletmelerinde finansal oranlar aracılığıyla performans ölçümü: hastanelerde bir uygulama”, *KAÜ İBBF Dergisi*, 6(9): 129-148, (2015).
- [6] Kandemir, M. “Ankara’daki Hastanelerin Etkinliğinin İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi ile İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2016).
- [7] Sarı, Z., “Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama”, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, (2015).
- [8] Yavuz, İ. “Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama)”, *MPM Yayınları*, Yayın No: 654, Ankara, (2001).
- [9] Aydemir, Z.C. “Bölgesel rekabet edebilirlik kapsamında illerin kaynak kullanım görece verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi uygulaması”, *Uzmanlık Tezi*, DPT, (2002).
- [10] Selcan, Ç., İnsani gelişmenin Veri Zarflama Analizi ile ölçülmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara, (2012).
- [11] Charnes, A., Cooper, W. W., ve Rhodes, E., “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal*.