

DÜZENLİ HİYERARŞİK KARAR VERME BİRİMLERİNİN ETKİNLİK DEĞERLENDİRMESİ ÜZERİNE BİR MONTE CARLO ÇALIŞMASI

H.Hasan ÖRKÇÜ**
İhsan ALP*

ÖZET

Bu çalışmada her biri birçok alt karar verme birimlerinden (AKVB) oluşan, girdi ve çıktıları toplanabilir üst karar verme birimlerinin (UKVB) etkinlik skorlarını hesaplamada olası iki yolun Monte Carlo yöntemi ile karşılaştırılması yapıldı. Problem 2002 FIFA Dünya Kupası takımlarının etkinlik skorları değerlendirilmesi sırasında ortaya çıktı. Oyuncular birer AKVB ve takımlar UKVB gibi düşünülebilir. Takım etkinlik skoru oyuncu etkinlik skorlarından ya da takım verilerden hareketle hesaplanabilir. İki yolla elde edilen sonuçlar Mann Whitney U testiyle test edildi. UKVB'lerin aynı çaplı AKVB'lerden oluşması durumu, farklı UKVB ve farklı girdi çıktı sayılı denemeler için tekrarlandı. VZA modellerinden CCR ve BCC için yapılan denemelerden birbirine paralel sonuçlar elde edildi.

Anahtar Sözcükler: Veri Zarflama Analizi, Grup Etkinliği, Simülasyon, Hiyerarşi.

A MONTE CARLO STUDY OVER THE EFFICIENCY EVALUATION OF REGULAR HIERARCHICAL DECISION MAKING UNITS

ABSTRACT

In this study, the two possible techniques of computing efficiency scores of the upper decision making units (uDMU) which contain a lot of sub decision making units (sDMU) and whose inputs and outputs can be summable, are compared with the Monte Carlo technique. This problem appeared while the 2002 FIFA World Cup teams' efficiency scores are computed. Each players can be thought as an sDMU and each team can be thought as an uDMU. Team's efficiency score can be computed by the help of the player efficiency scores or the team data. The results obtained by two techniques are tested by Mann-Whitney U test. The situation that uDMU's contain sDMU's having the same size repeated for trials with different uDMU and different numbers of inputs and outputs. Trials applied for CCR and BCC, two of the DEA models obtained the parallel results to each others.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Group Efficiency, Simulation, Hierarchy.

1. GİRİŞ

Ekonomik etkinlik ölçümü kavramından ilk kez Debreu (9) söz etti. Farrell' in (11) çalışması kavramı pekiştirdi. Yüzyılın üçüncü çeyreğinde Charnes, Cooper ve Rhodes (8)

İhsan ALP, Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü.

Hasan ÖRKÇÜ, Araş. Gör., Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü.

karar verme birimlerinin (KVB) etkinlik ölçümünü yöneylem araştırması modelleri ile hesaplanabileceğini gösterdi. Önerilen ve CCR diye adlandırılan bu ve benzeri modellerin performansı belirlenecek karar verme birimlerini zarflaması nedeniyle yeni analiz yöntemi Veri Zarflama Analizi (VZA) olarak adlandırıldı. Geçen çeyrek yüzyılda bu alandaki çalışmalar üstel olarak arttı. VZA alanındaki çalışmaları listeleyen Seiford (21), Gattoufi ve ark. (13) bibliyografyaları bunların en kapsamlısı oldu. Ayrıca Gattoufi ve arkadaşları yapılan çalışmaların geniş bir taksonomisini de verdiler (14).

Bu giderek yaygınlaşan yöntemle göreceli etkinliği hesaplanacak KVB'leri bankalar, hastaneler, eğitim kurumları olduğu gibi spor takımları ya da oyuncular olabilir. Çalışmaya konu olan problem Veri Zarflama Analizinin futbol takımlarına uygulaması sırasında ortaya çıktı. Basketbol, futbol takımları gibi oyuncuları bireysel; alt karar verme birimleri (AKVB), kendileri bu bireylerden oluşan üst karar verme birimi (UKVB) ya da grup KVB gibi düşünülebilir. Aralarında hiyerarşik bir yapı olan bu tür UKVB'lerinin göreceli etkinliği iki yolla hesaplanabilir.

1- AKVB'lerinin her birinin etkinliği hesaplanır. Bu bireysel etkinlik değerlerinin ortalaması UKVB'nin etkinlik skoru olur.

2- Bireysel ham girdi ve çıktı değişkenleri verileri toplanarak UKVB'leri ham girdi ve çıktı değişkenleri verileri elde edilir. Toplanmış verilerden hareketle UKVB'lerine ait etkinlik skoru hesaplanabilir.

Basketbol istatistiklerinde oyunculara ait istatistikler yayınlanmakta, bu nedenle birinci yol uygun düşmektedir. Futbolda takım ve oyuncuya ait düzenli ve detaylı istatistikler ne yazık ki FIFA Dünya Kupası istatistikleri dışında tutulmamaktadır. Futbolda takım etkinlik skorları yukarıda bahsedilen iki yolla hesaplanabilir. Problem böyle bir çalışma sırasında doğdu. FIFA Dünya Kupası resmi sitesinde (25) hem oyunculara ait istatistikler hem de bunların toplamı olarak takım istatistikleri yer almaktadır. Bu sitedeki ham veriler kullanılarak VZA'nın futbolda da kullanılabileceği yanında hangi VZA modellerini uygun olduğu araştırılmak isteniyordu. Böylece yukarıda sözü edilen ikileme karşılaşıldı. Hesaplamalar önerilen yollardan birincisiyle yapıldığında ikinciye göre daha düşük etkinlik skorları elde edildi. Bu durumun düzenli hiyerarşik KVB için geliştirilip geliştirilemeyeceğine ilişkin bir Monte Carlo çalışması planlandı.

Çalışmanın ikinci kısmında düzenli hiyerarşik KVB yapısı tanımlanacak, üçüncü kısımda VZA ve VZA ile ilgili simülasyon çalışmaları, dördüncü bölümde ilk problem, beşinci bölümde yapılan Monte Carlo deneyi, altıncı bölümde sonuç ve tartışmalar yer alacaktır.

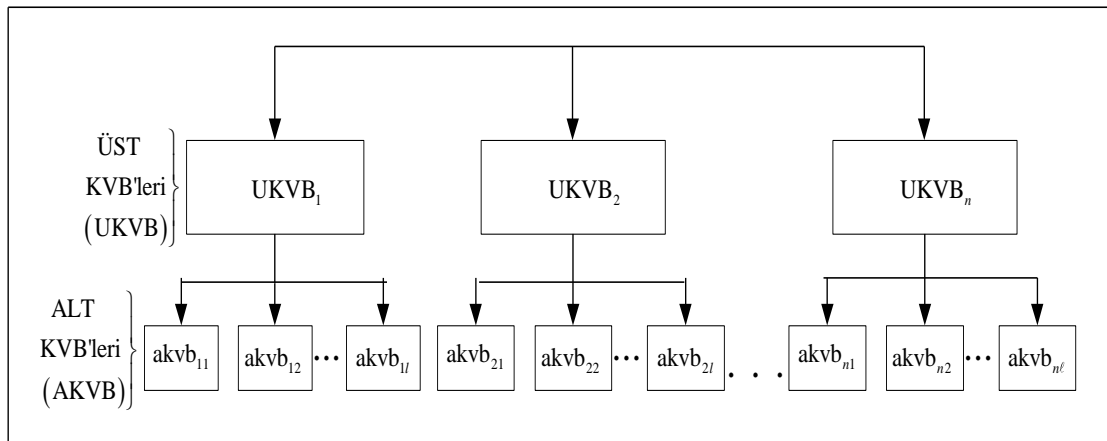
2. DÜZENLİ HİYERARŞİK KARAR VERME YAPISI

VZA ile etkinlikleri hesaplanan bazı KVB'leri bankalar, okullar ya da bunların şubeleri gibi basit olarak nitelenebilecek yapıdan daha karmaşık bir yapıda olabilir. İkinci veya daha fazla düzeyde AKVB'lerinden oluşabilir. Örnek olarak birçok alanda faaliyet gösteren holdingler verilebilir. Bağlı alt ve yan kuruluşları birer AKVB gibi düşünülebilir. Holdingler ise UKVB olarak tanımlanabilir. UKVB'ne grup KVB de denir. Holdinglere yönelik etkinlik değerlendirmesinde aşağıdan yukarıya doğru hiyerarşik bir yol izlenebilir.

Hiyerarşik UKVB girdi ve çıktıları, AKVB'lerinin girdi çıktılarıyla aynı ya da farklı yapıda olabilir. Bu çalışmada UKVB girdi ve çıktıları, futbol ve basketbol takımları örneklerinde olduğu gibi AKVB girdi ve çıktılarıyla aynı ve bunların toplamından elde edildiği durumları kapsamaktadır.

Aşağıda şematik olarak da vereceğimiz düzenli hiyerarşik KVB'leri yapısı şöyle tanımlanabilir: n tane UKVB'nin her biri l sayıda AKVB'den oluşsun. Bu yapı, her UKVB'de aynı sayıda AKVB olması nedeniyle düzenli hiyerarşik, UKVB'lerin her biri değişik sayıda AKVB'lerinden oluşması durumunda ise düzenli olmayan hiyerarşik yapı olarak adlandırılır.

Şekil 1: Hiyerarşik KVB Yapısı



3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri Zarflama Analizi (VZA, Data Envelopment Analysis) matematiksel programlama tabanlı, parametrik olmayan bir yöntemdir. Etkinlik hesaplamasında çok girdi ve çok çıktıyı eş anlı olarak dikkate alır. Bir kesikli ya da doğrusal etkinlik sınırı oluşturur. Etkinlik sınırı üstündeki KVB'lerini etkin, bu sınırın altındaki KVB'lerini etkin olmayan KVB'leri olarak niteler. Çok girdi ve çıktıyı eş anlı değerlendirirken KVB'nin etkinlik skorunu maksimum yapacak ağırlıkları objektif biçimde belirler.

Bu alanda orijinal çalışma Charnes, Cooper ve Rhodes (8) tarafından yapılmıştır. Geliştirdikleri model ölçeğe göre sabit getiri varsayımı CCR modeli olarak anılmaktadır. Banker, Charnes ve Cooper (1) modele yeni bir kısıt ekleyerek ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayalı BCC modelini geliştirdiler.

VZA başlangıçta kâr amaçlı olmayan karar verme birimlerinin göreceli teknik etkinliğinin hesaplanması için düşünülmüştür. Ancak giderek yaygınlaşarak kâr amaçlı olan bankalar, hastaneler, zirai çiftlikler, kâr amaçlı olmayan okullar, üniversiteler, kütüphaneler gibi kamu ve özel sektör kurumlarına çok geniş uygulanmaktadır (Rajiv ve ark.(20), Shawna ve ark. (22), Gattoufi ve ark. (14)).

VZA, KVB'lerinin en iyilerinden parçalı ya da parçasız bir etkin sınır oluşturur. Etkin sınırın üstünde yer alan karar verme birimlerine (1 veya 100) teknik etkinlik skoru atar. Bu sınırın altında yer alan karar verme birimleri teknik olarak etkin olmayan KVB'leri olarak tanımlanır ve etkin karar verme birimlerinden uzaklıklarına göre bir etkinlik skoru alırlar. CCR ve BCC VZA modelleri sırasıyla [1] ve [2] model denklemleri ile verilebilir.

CCR Modeli	BCC Modeli
$\max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ $v_i \geq 0, u_r \geq 0$ $j = 1, 2, \dots, n$ $i = 1, 2, \dots, m$ $r = 1, 2, \dots, s$	$\max w_o = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} + u_o$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_o \leq 0$ $v_i \geq 0, u_r \geq 0 \text{ ve } u_o \text{ serbest}$ $j = 1, 2, \dots, n$ $i = 1, 2, \dots, m$ $r = 1, 2, \dots, s$
[1]	[2]

Burada, o indisi etkinliği hesaplanacak KVB'ni, x girdileri, y çıktıları, w ilgili birimin etkinlik değerini, n KVB sayısını, m girdi sayısını, s çıktı sayısını ve BCC modelindeki u_o değişkeni de ölçeğe göre getiriye simgelemektedir.

VZA yöntemi etkinliklerin belirlenmesi yanında etkinlik düzeyinin geliştirilmesi amaçlarıyla da kullanılabilir. Önce her KVB' nin ne kadar etkin olduğu hesaplanır. Etkin olmayan KVB'lerin kendilerine referans olan KVB'lere göre girdilerindeki fazlalıkları ve çıktılarındaki azlıkları bulunur. Bu olumsuzluklarını düzeltebildiği oranda etkin olmayan KVB'ler etkin KVB düzeyine yükselir.

3.1. Veri Zarflama Analizi İle İlgili Simülasyon Çalışmaları

VZA üzerine yapılan simülasyon çalışmalarının çoğunluğu, üretim sınırı parametrelerinin tahmini üzerinedir. Gong ve Sickles (12) Aigner'in tahmin metodunu, stokastik sınır modelini ve VZA'yı karşılaştırdıkları çalışmalarında, üç girdi ve tek çıktı durumunu göz önüne alan bir simülasyon çalışması yaptılar. Banker, Gadh ve Gorr (2) üretim sınırının parametrelerinin tahmini için, VZA' nın BCC modelini ve düzeltilmiş sıradan en küçük kareler yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, iki girdi ve tek çıktı durumu ve 25, 50, 100 ve 200 KVB sayısını kapsayan bir simülasyon deneyi tasarladılar. VZA üzerine yapılan başka simülasyon çalışmaları da vardır: VZA ve üretim sınırı ile ilgili olan McMullen ve Frazier (17), VZA ve girdi-çıkıtı değişkenlerindeki stokastik değişimler ile ilgili olan Desai, Ratick ve Schinnar (10), VZA teorisi ile ilgili olan Chaparro ve Jimeney (7), Lothgren (18), Lothgren (19), Haas ve Murphy (15), Hughes ve Yaisawarng (16), Bojanic, Caudill ve Ford (6), Banker, Chang ve Cooper (3), Suoyeshi (23), VZA ve regresyon analizi üzerine olan Bardhan, Cooper ve Kumbhakar (4), VZA ve eğitim üzerine olan Warry (24), Bifulco ve Bretschneider (5) çalışmaları sayılabilir.

Literatürde VZA’da hiyerarşik KVB etkinliği üzerine her hangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

4. İLK PROBLEM

Bu çalışmanın başlamasına neden olan araştırmanın konusu 2002 FIFA Dünya kupası takımlarının performans değerlendirmesi ile şampiyona sonrası gerçekleşen sıralamayla uyumuydu. Önceden de belirtildiği gibi FIFA’nın resmi sitesinde şampiyonaya katılan oyuncu ve takımların ayrı ayrı düzenli ve detaylı istatistikleri mevcuttur. Oyuncular ve takımlar kendi aralarında birer KVB gibi düşünülebilir. Takımlar oyunculardan oluşmakta. Maç sırasında sahada her takımdan sadece 11 kişi yer almakta. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında düzenli hiyerarşik bir yapı gözlenmektedir. Takımların etkinlik skorları giriş kısmında belirtildiği gibi iki yolla hesaplanabilir. Aşağıda bir örnek olarak futbolda atak bakımından bu hesaplama verilecektir. Futbolda takım etkinliği bu çalışmanın konusu değildir. Takım etkinliği için ayrıca savunma ve kaleci etkinliği de eklenmelidir. O nedenle verilen örneğe bu çalışmanın konusu açısından bakılmalıdır.

2002 FIFA Dünya Kupasına katılan toplam 32 takım vardır. Takımlardan 4’ünün oyuncularına ait istatistikler olmadığı için 28 takım incelenmeye alındı. Takım ve oyunculara ait verilerin özet istatistikleri Çizelge 1’ de görülmektedir.

Çizelge 1. Takımların ve Oyuncuların Değişkenlerine Ait Özet İstatistikler

	Takımlara ait istatistikler					
Değişken	TMS	TGS	TAS	TGSS	TPS	TSVS
Ortalama	4.19	5.71	3.35	22.75	0.46	7.89
Varyans	1.90	11.91	4.46	74.19	0.40	23.72
Maksimum	7	18	12	54	2	20
Minimum	3	1	1	1	0	1
	Oyunculara ait istatistikler					
Değişken	OMS	OGS	OAS	OGSS	OPS	OSVS
Ortalama	4.11	1.49	0.38	3.75	0.12	1.00
Varyans	2.31	1.66	0.563	8.98	0.12	3.46
Maksimum	7	8	4	21	2	9
Minimum	1	1	0	1	0	0

Takımlara ve oyunculara ait çıktı değişkenleri aşağıda verilmektedir.

Takım çıktıları, TMS: Takımın oynadığı maç sayısı, TGS: Takımın gol sayısı, TAS: Takımın asist sayısı, TGSS: Takımın gollük şut sayısı, TPS: Takımın penaltı sayısı ve TSVS: Takımın serbest vuruş sayısı’dır.

2002 FIFA Dünya Kupasına eleme düzeninde olduğundan takımların oyun sayıları eşit ve aynı değildir. Buna bağlı olarak diğer istatistikleri de doğrudan karşılaştırılabilir bir yapıda değildir. Bu nedenle takım maç sayılarına oranlamak anlamlı olacaktır. Diğer çıktılar TMS’ya oranlanarak yeni çıktı değişkenleri elde edilmiştir: (y_1) : TMS, (y_2) : $TGSr=TGS/TMS$, (y_3) : $TASr=TAS/TMS$, (y_4) : $TGSSr=TGSS/TMS$, (y_5) : $TPSr=TPS/TMS$, (y_6) : $TSVSR=TSVS/TMS$.

Oyuncu çıktıları takım çıktılarına paralel olarak OMS: Oyuncunun oynadığı maç sayısı, OGS: Oyuncunun gol sayısı, OAS: Oyuncunun asist sayısı, OGŞS: Oyuncunun gollük şut sayısı, OPS: Oyuncunun penaltı sayısı ve OSVS: Oyuncunun serbest vuruş sayısı'dır. Takım çıktı değişken dönüşümlerine uyarak oyuncu çıktı değişkenleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır: (y_1): OMS, (y_2): OGSr=OGS/OMS, (y_3): OASr=OAS/OMS, (y_4): OGŞSr=OGŞS/OMS, (y_5): OPSr=OPS/OMS, (y_6): OSVsr=OSVS/OMS.

Takım ve oyuncu girdileri tüm KVB'leri için 1 olarak alınmıştır.

Oyuncu verilerinden yola çıkılarak elde edilen etkinlik skoru (AKVB yolu), takım verilerinden hareketle elde edilen etkinlik skoru (UKVB yolu) diye nitelenecektir. Etkinlik hesaplamaları CCR ve BCC modelleri için bulunmuş ve Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Takımların Atak'a Yönelik Etkinlik Skorları

Takımlar	<i>CCR</i>		<i>BCC</i>	
	UKVB yolu	<i>Modeli</i> AKVB yolu	UKVB yolu	<i>Modeli</i> AKVB yolu
<i>ARG</i>	0.867	0.448	0.890	0.512
<i>BEL</i>	0.941	0.668	1	0.751
<i>BRA</i>	1	0.727	1	0.798
<i>CMR</i>	1	0.415	1	0.512
<i>CRC</i>	0.891	0.449	1	0.578
<i>CRO</i>	0.744	0.575	0.823	0.628
<i>DEN</i>	0.812	0.625	0.861	0.705
<i>ECU</i>	0.561	0.500	0.687	0.587
<i>ENG</i>	0.650	0.365	0.711	0.463
<i>ESP</i>	1	0.591	1	0.645
<i>GER</i>	1	0.376	1	0.412
<i>IRL</i>	0.830	0.423	0.951	0.516
<i>ITA</i>	1	0.607	1	0.698
<i>JPN</i>	0.632	0.381	0.694	0.456
<i>KOR</i>	0.814	0.280	0.867	0.369
<i>MEX</i>	0.727	0.514	0.802	0.647
<i>NGA</i>	0.543	0.291	0.651	0.359
<i>PAR</i>	0.847	0.608	0.901	0.685
<i>POL</i>	0.604	0.356	0.705	0.428
<i>POR</i>	0.777	0.548	0.863	0.627
<i>RSA</i>	0.833	0.568	0.924	0.682
<i>RUS</i>	0.878	0.520	0.947	0.624
<i>SEN</i>	0.611	0.518	0.688	0.596
<i>SVN</i>	0.734	0.388	0.805	0.487
<i>SWE</i>	0.736	0.591	0.814	0.711
<i>TUR</i>	0.673	0.331	0.782	0.433
<i>URU</i>	1	0.682	1	0.734
<i>USA</i>	0.777	0.364	0.869	0.410

Elde edilen sonuçlarda her iki hesaplamada da (UKVB ve AKVB yolu) paralel olarak BCC modeli etkinlik skorlarının CCR modeli etkinlik skorlarından daha büyük olduğu gözlenmektedir. CCR modeline göre BCC modelinde daha fazla KVB'nin etkin çıkması teorik olarak beklenir. Sonuçlarda bu da görülmektedir. Bu çizelgede her iki modelde UKVB yolu bulunan etkinlik skorları AKVB yoluyla elde edilene göre daha yüksektir. AKVB yoluyla hiçbir takımın etkin çıkmaması dikkat çekicidir.

CCR ve BCC modelleriyle UKVB ve AKVB yoluyla hesaplanan etkinlik skorlarının farklı olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile test edildi.

CCR modeli için, örnek çapı ($n_1, n_2 = 28$) yeterince büyük olduğundan Mann-Whitney test istatistiği yerine Normal dağılım kullanılmış ve test istatistiği değeri $z_h = 5.771$ (p değ < 0.000001) olarak bulunmuştur. Bu değer H_0 hipotezinin red edildiği anlamına gelir. Sonuç olarak, CCR modeli için UKVB ve AKVB yoluyla elde edilen etkinlik skorları arasında fark vardır.

BCC modeli için, test istatistiği değeri $z_h = 5.850$ (p değ < 0.000001) olarak hesaplanmıştır. Bu değer H_0 hipotezinin red edildiği anlamına gelir. Sonuç olarak, BCC modeli için de UKVB ve AKVB yoluyla elde edilen etkinlik skorları arasında fark vardır.

Bu sonuçlara göre düzenli hiyerarşik yapıdaki KVB'lerinin etkinlik skoru hesaplanmasında toplanmış verilerden yani UKVB yoluyla hesaplanması VZA mantığına göre daha anlamlı olacaktır. Ancak elde edilen sonuçların genellenbilmesi için yeterli sayıda simülasyon denemelerine gerek vardır. Sonraki kısımda bu amaçla bir simülasyon çalışması düzenlenecektir.

5. SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

İlk problem hesaplamalarıyla elde edilen sonuçların düzenli hiyerarşik KVB'lerinin etkinlik skoru hesaplamasında geçerliliğini test etmek üzere farklı UKVB sayıları ve farklı sayılarda girdi çıktı değişkenleriyle bir simülasyon çalışması tasarlandı. Simülasyon çalışmasında MATLAB 7,0 programı kullanıldı. AKVB'lerine ait girdi ve çıktılar tekdüze dağılımından (0,1000) aralığında üretildi. Kolaylık olması açısından her UKVB'nin 5 AKVB'nden oluştuğu varsayıldı. CCR ve BCC modelleri için 40 farklı durum göz önüne alındı. Her durum için 1000 deneme ve hipotez testi yapıldı. CCR modeli toplu sonuçları Çizelge 3'de yer almaktadır.

Çizelge 3. CCR Modeli İçin Simülasyon Çalışması Sonuçları

No	UKVB Sayısı	AKVB Sayısı	Girdi Sayısı	Çıktı Sayısı	Red Sayısı	Ort. p değeri
1	4	20	1	1	0	0.125000
2	5	25	1	1	0	0.062500
3	6	30	1	1	999	0.031300
4	8	40	1	1	1000	0.007800
5	10	50	1	1	1000	0.002000
6	5	25	1	2	0	0.062700
7	7	35	1	2	1000	0.015600
8	9	45	1	2	1000	0.003900
9	12	60	1	2	1000	0.000050
10	15	75	1	2	1000	0.000060
11	8	40	1	3	1000	0.007900
12	10	50	1	3	1000	0.002000
13	12	60	1	3	1000	0.000040
14	15	75	1	3	1000	0.000060
15	20	100	1	3	1000	0.000007
16	10	50	1	4	1000	0.002300
17	12	60	1	4	1000	0.000040
18	15	75	1	4	1000	0.000006
19	18	90	1	4	1000	0.000008
20	22	110	1	4	1000	0.000008

21	5	25	2	1	0	0.067400
22	7	35	2	1	990	0.017300
23	9	45	2	1	1000	0.004600
24	12	60	2	1	1000	0.000050
25	15	75	2	1	1000	0.000001
26	8	40	2	2	987	0.010000
27	10	50	2	2	998	0.003500
28	12	60	2	2	1000	0.001900
29	15	75	2	2	1000	0.000020
30	18	90	2	2	1000	0.000040
31	13	65	2	4	999	0.001300
32	16	80	2	4	1000	0.000060
33	18	90	2	4	1000	0.000020
34	22	110	2	4	1000	0.000005
35	25	125	2	4	1000	0.000002
36	10	50	3	2	985	0.004200
37	12	60	3	2	999	0.001100
38	15	75	3	2	1000	0.000010
39	18	90	3	2	1000	0.000020
40	23	115	3	2	1000	0.000002

Çizelge 3'den bir durumun (31 nolu durum) ayrıntısı örnek olarak Çizelge 4' de verilmektedir. Burada CCR modeli için hazırlanan, UKVB sayısının 13, AKVB sayısının 65, girdi sayısının 2 ve çıktı sayısının 4 olduğu görülmektedir. Bu deneme için önce 65 AKVB'ne ait 2 girdi ve 4 çıktının değerleri tekdüze dağılımdan rasgele üretildi. 65 AKVB için CCR modeli ile etkinlik değerleri bulundu, toplanıp ortalaması alınarak UKVB'lerinin etkinlik skoru elde edildi (AKVB yolu). Sonra aynı UKVB'indeki AKVB'in girdi ve çıktı değişkenleri toplanarak UKVB girdi ve çıktı değişkenleri elde edildi. 13 UKVB için CCR modeli ile etkinlik değerleri hesaplandı (UKVB yolu). İki işlem de 1000 kez tekrar edildi. İki farklı yolla elde edilen UKVB'lerine ait etkinlik skorların eşitliği $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde Mann-Whitney U testi ile test edildi. 1000 deneme için birim ve grup etkinlikleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığını iddia eden hipotezin ret edildiği durumlar sayıldı. Bu örnek için 1000 denemenin 999 tanesinde, ortalama p değeri (anlamlılık değeri) 0.0013 olmak üzere, AKVB yolu ile UKVB yolu etkinlik skorlarının farklı olduğu sonucuna varıldı.

Çizelge 4. CCR Modeli Simülasyon Sonuçlarından Birinin (no:31) Detayı

AKVB	Etk. Say	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Frekans		14	54	116	179	122	111	92	63	60	76	47	27	17	9	5	7
UKVB	Etk. Say	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	-	-	-	-	-
	Frekans		56	41	88	131	164	193	150	106	47	18	5	1	-	-	-	-

Ret Sayısı: 999, Ortalama p Değeri: 0.0013

Çizelge 3 toplu olarak değerlendirdiğinde CCR modeli için, UKVB, AKVB sayıları ve girdi-çıkıtı değişkeni sayıları bakımından 40 farklı durum bulunmaktadır. AKVB ve UKVB yollarıyla elde edilen etkinlik değerleri arasında fark olmadığını öne süren hipotez 4 durum (1., 2., 6. ve 21. durumlar) dışında, yapılan 1000 tekrarda yüksek sayılarda (çoğunlukla 1000 tekrarın tamamında) ret edildi. İki farklı yoldan hesaplanan etkinlik skorları arasında fark bulunamayan durumlarda, UKVB sayılarının girdi+çıkıtı değişken sayılarından yeterince büyük olmaması dikkat çekicidir.

Çalışmanın bu bölümünde CCR modeli için yapılan işlemler BCC modeli içinde düzenlendi. Toplu sonuçlar Çizelge 5' de verilmektedir.

Çizelge 6’da, 37 nolu denemenin detayı yer almaktadır (12 UKVB, 60 AKVB, 2 girdi ve 3 çıktı durumu). BCC modeli ile UKVB ve AKVB hesaplama yollarıyla elde edilen etkinlik skorları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını araştıran hipotez testi sonuçları görülmektedir. 1000 deneme için birim ve grup etkinlikleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığını iddia eden hipotezin red edildiği durumlar sayıldı. Bu örnek için 1000 denemenin 999 tanesinde, ortalama p değeri (anlamlılık değeri) 0.0025 olmak üzere, AKVB yolu ile UKVB yolu etkinlik skorlarının farklı olduğu sonucuna varıldı.

Çizelge 5. BCC Modeli İçin Simülasyon Çalışması Sonuçları

<i>No</i>	<i>UKVB Sayısı</i>	<i>AKVB Sayısı</i>	<i>Girdi Sayısı</i>	<i>Çıktı Sayısı</i>	<i>Ret Sayısı</i>	<i>Ort. p değeri</i>
1	4	20	1	1	0	0.155700
2	5	25	1	1	3	0.057500
3	6	30	1	1	991	0.026500
4	8	40	1	1	1000	0.004500
5	10	50	1	1	1000	0.001000
6	5	25	1	2	0	0.072500
7	7	35	1	2	1000	0.009600
8	9	45	1	2	1000	0.002400
9	12	60	1	2	1000	0.000070
10	15	75	1	2	1000	0.000009
11	8	40	1	3	1000	0.005200
12	10	50	1	3	1000	0.001500
13	12	60	1	3	1000	0.000080
14	15	75	1	3	1000	0.000005
15	20	100	1	3	1000	0.000006
16	10	50	1	4	999	0.013500
17	12	60	1	4	1000	0.001600
18	15	75	1	4	1000	0.000030
19	18	90	1	4	1000	0.000005
20	22	110	1	4	1000	0.000005
21	5	25	2	1	5	0.061000
22	7	35	2	1	992	0.018000
23	9	45	2	1	1000	0.001900
24	12	60	2	1	1000	0.000070
25	15	75	2	1	1000	0.000009
26	8	40	2	2	994	0.015000
27	10	50	2	2	999	0.002400
28	12	60	2	2	1000	0.001000
29	15	75	2	2	1000	0.000060
30	18	90	2	2	1000	0.000004
31	13	65	2	4	999	0.008600
32	16	80	2	4	1000	0.000007
33	18	90	2	4	1000	0.000003
34	22	110	2	4	1000	0.000006
35	25	125	2	4	1000	0.000003
36	10	50	3	2	990	0.005100
37	12	60	3	2	999	0.002500
38	15	75	3	2	1000	0.000008
39	18	90	3	2	1000	0.000002
40	23	115	3	2	1000	0.000009

Çizelge 6. BCC Modeli Simülasyon Sonuçlarından Birinin (no:37) Detayı

AKVB	Etk. Say	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Frekans	22	83	158	206	176	128	104	46	41	21	11	2	1	0	1
UKVB	Etk. Say	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-	-	-	-	-
	Frekans	46	108	178	204	193	135	89	33	10	4	-	-	-	-	-

Ret Sayısı: 999, Ortalama p değeri: 0.0025

CCR ve BCC modeli toplu simülasyon sonuçlarıyla (Çizelge 3 ve Çizelge 5) karşılaştırıldığında birbirine paralellik gözlenmektedir. BCC modeli içinde AKVB ve UKVB yollarıyla elde edilen etkinlik değerleri arasında fark olmadığını öne süren hipotez 4 durum (1., 2., 6. ve 21. durumlar) dışında, yapılan 1000 tekrarda yüksek sayılarda (çoğunlukla 1000 tekrarın tamamında) ret edildi. İki farklı yoldan hesaplanan etkinlik skorları arasında fark bulunamayan durumlarda, UKVB sayıları girdi+çıkıktı değişken sayılarından yeterince büyük değildir. VZA, KVB sayısının girdi+çıkıktı sayısının üç katı olması istenir ki (1., 2., 6. ve 21.) durumlarda bu kural sağlanmamaktadır.

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

VZA modelleriyle düzenli hiyerarşik UKVB'lerinin etkinlik skorları AKVB yolu ya da AKVB girdi ve çıktıları toplanıp bu verilerden (UKVB yolu) hareketle hesaplanabilir. VZA önceden subjektif belirlenmiş ağırlıklar yerine objektif belirlediği ağırlıklarla daha yüksek etkinlik skorları veren bir yöntemdir. Burada da benzer sonuçlar elde edildi: UKVB yoluyla elde edilen etkinlik skorları AKVB yoluyla elde edilen etkinlik skorlarına göre daha yüksektir. Elde edilen başka bir sonuçta BCC modelleriyle CCR'a göre daha fazla KVB'nin etkin çıkması gibi UKVB hesaplama yolu AKVB yoluna göre daha fazla UKVB etkin çıkarmaktadır. Bu durumların genel geçerliliği plânlanan simülasyon çalışması yoluyla araştırıldı. Elde edilen sonuçlar, UKVB sayısının girdi+çıkıktı sayısının üç katından büyük olduğunda tüm bu durumları gerçeklemektedir. Elde edilen sonuçlar ışığında, uygulamada düzenli hiyerarşik UKVB'leri etkinlik hesaplamalarında ikinci yol önerilebilir. Bu çalışmada UKVB'lerini oluşturan AKVB'lerinin sayısı sabit alındı. Hiyerarşik yapının düzenli olmaması durumun da benzer sonuçları vereceği iddia edilebilir. Düzensiz hiyerarşik yapı olarak isimlendireceğimiz ikinci yapıya ilişkin başka yeni bir simülasyon çalışması bu çalışmayı tamamlayacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W., (1984), *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis*, Management Science, 30(9), 1078-1092.
2. BANKER, R.D., GADH, V.M., GORR, W.L., (1993), *A monte carlo comparison of two production frontier estimation methods: corrected ordinary least squares and data envelopment analysis*, European Journal of Operational Research, 67, 332-343.
3. BANKER R. D., CHANG H., COOPER W.W., (2004), *A simulation study of DEA and parametric frontier models in the presence of heteroscedasticity*, European Journal of Operational Research, 153, 324-340.
4. BARDHAN I.R., COOPER W.W., KUMBHAKAR S.C., (1998), *A simulation study of joint uses od Data Envelopment Analysis and Statistical Regressions for Production Function Estimation and Efficiency Evaluation*, Journal of Productivity Analysis, 9, 249-278.
5. BIFULCO R., BRETSCHEIDER S., (2001), *Estimating school efficiency: A comparison of methods using simulated data*, Economics and Educaton Review, 20, 417-429.
6. BOJANIC A. N., CAUDILL S. B., FORD J. M., (1998), *Small-sample properties of ML, COLS and DEA estimators of frontier models in the presence of heteroscedasticity*, European Journal of Operational Research, 108, 140-148.
7. CHAPARRO F. P., JIMENEY J.S., (1997), *On the role of weight restrictions in DEA*, Journal of Productivity Analysis, 8, 215-230.
8. CHARNES A, COOPER W.W., RHODES E., (1978), *The efficiency of decision making units*", European Journal of Operational Research, 2, 429-444.
9. DEBREU G., (1951), *The coefficient of resource utilisation*, Econometrica, 19, 273-292.
10. DESAI A., RATICK J. S., SCHINNAR A. P., (in pres), *Data Envelopment Analysis with stochastic variations in data*, Socio Economic Planning Sciences.
11. FARRELL M.J., (1957), *The measurement of productivity efficiency*, Journal of Royal Statistical Society, Serie A, CXX, 253-287.
12. GONG, B., SICKLESS, R.C., (1992), *Finite sample evidence on the performance of stochastic frontiers and data envelopment analysis using panel data*, Journal of Econometrics, 51, 259-284.
13. GOTTOUFI S., ORAL M., REISMAN A., (2003) *"Data Envelopment Analysis literature a bibliyograpy uptade (1951-2001)*, Socio Economic Planning Sciences, doi: 10.(016/50038-0121.
14. GOTTOUFI S., ORAL M., REISMAN A., (2004), *A taxonomy for data envelopment analysis*, Socio Economic Planning Sciences, 38, 141-158.
15. HAAS D. A., MURPHY F.H., (2003), *Compesanting for non-homogeneity in decision making units in data envelopment analysis*, European Journal of Operational Research, 144, 530-544.

16. HUGHES A., YAISAWARNG S., (2004), *Sensitivity and dimensionality tests of DEA efficiency scores*, European Journal of Operational Research, 154, 410-422.
17. MCMULLEN P., FRAZIER G. V., (1998), *Using simulation and Data Envelopment Analysis to Compare Assembly Line Balancing Solutions*, Journals of Productivity Analysis, 11, 149-168.
18. LOTHGREN M., (1999), *Boostrapping the Malmquist peoductivity index- a simulation study*", Applied Economic Letters, 6 (11), 707-710.
19. LOTHGREN M., (2000), *On the consistency of DEA-based average efficiency bootsrap*", Applied Economic Letters, 7 (1), 53-57.
20. RAJIV, D.B., SURYA, J., RAM, N., (2004), *Analysis of trends in technical and allocative efficiency: An application to Texas public school districts*, European Journal of Operational Research, 154 (2), 477-491.
21. SEIFORD L.M., (1997), *A bibliyography for data envelopment analysis (1978-1996)*, Annals of Operations Research, 73, 279-281.
22. SHAWNA, G., DIMITRI, M., VIVIAN, V., (2004), *Competitive effects on teaching hospitals*, European Journal of Operational Research, 154 (2), 515-525.
23. SUOYESHI T., (2001), *Extended DEA-Discriminant Analysis*, European Journal of Operational Research, 131, 324-351.
24. WARRY S.H., (2003), *Adaptive non-parametric efficiency frontier analysis: a neural network-based model*, Computers and Operations Research, 30 (2), 279-295.
25. www.fifaworldcup.yahoo.com/o2/en/t/st/gk/mp/. Erişim Tarihi: 20.05.2004.