DÜMF Mühendislik Dergisi

web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Türkiye'de meydana gelebilecek depremlere karşı afet yönetim sistemi performansının veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi

Ufuk ALTINSOY*
Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
altinsoyufuk@gmail.com ORCID: 0000-0001-5274-9222

Erdem AKSAKAL
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum
erdem.aksakal@atauni.edu.tr ORCID: 0000-0003-0746-5727

Geliş: 13.12.2018, Revizyon: 02.02.2019, Kabul: 04.02.2019

Öz

Teknolojik ve endüstriyel gelişmelerle beraber nüfus yoğunluğunun artması ile doğal ve beşerî kaynaklı afetler insanlar için gittikçe daha riskli ve zararlı olmaya başlamıştır. Bu durum insanları afetlere karşı daha duyarlı olmaya bununla beraber olası felaketlerin önüne geçmek ve etkisini azaltmak için afet yönetim sistemleri kurmaya yönlendirmektedir. Ülkemiz de üzerinde bulunduğu coğrafya sebebiyle ani gelişen doğal afetlerden olan deprem tehlikesi yüksek ülkeler arasındadır. Bu çalışmada, yakın zamanda meydana gelen dört büyük deprem örneklem olarak ele alınarak, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (ÇKKV) biri olan Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemiyle Türkiye'nin depremlere karşı afet yönetim sistemi performansının değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda Türkiye'de meydana gelebilecek depremlere karşı oluşturulan afet yönetim sisteminin yeterli olup olmadığı, sistemin eksik yanlarının neler olduğu ve ne gibi tedbirler geliştirilmesi gerektiği ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Çok Kriterli Karar Verme, Veri Zarflama Analizi, Afet Yönetim Sistemi, Deprem, Performans Analizi*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.496680

Giriş

Dünya üzerindeki son dönemlerde yaşanan afetleri göz önünde bulundurduğumuzda sayıca bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Afet, hayatımız boyunca olumsuz sonuçlar doğurabilecek, ne zaman, nerede ve nasıl meydana gelebileceğini daha önceden kesin bilgilerle doğrulayamadığımız, insanlar için maddi ve manevi kayıplara yol açan, gündelik yaşamımızı durduran veya kesintiye uğratan doğal ya da doğal olmayan nedenlerle oluşan olaylardır. Bu açıklamalardan da anlaşılabileceği gibi afet, olayın kendisinden çok ortaya çıkardığı sonuçlar olarak görülmektedir. Afetlerin sebep olduğu kayıplar afetlerin büyüklüğünün göstergesidir (Kadıoğlu, 2008).

Diğer bir ifadeyle afet, insanların yaşamları süresince karşılaşılabileceği, sosyal ve psikolojik yaşamını çok fazla etkileyen bir olay olması sebebiyle, toplumun planlı ve programlı bir şekilde hazırlıklı olmaları gereken çevresel ve sosyal sorunların başında gelmektedir (Yılmaz, 2003).

Afetleri beşerî afetler ve doğal afetler olarak iki grupta sınıflandırabiliriz. Beşerî afetler kaynağı büyük oranla insana bağlı olan afet türüdür. Doğal afetler ise meydana geliş sebepleri doğa olaylarına bağlı afetlerdir. Doğal afetleri ise iki grupta incelemek mümkündür: Jeolojik tabanlı afetler ve Meteorolojik tabanlı afetler (Yılmaz, 2003).

Dünyadaki en etkin deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunan ülkemizin topraklarının % 93'ü deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır.(SATIR BAŞI)

Ülkemizde gerçekleşen afetlerle ilgili istatistiksel verilere göre, ülkemizde meydana gelen doğal afetler incelendiğinde, afetten etkilenen insan sayısı bakımından birinci sırada % 58 oran ile depremler gelmektedir (Altun, 2018). Bu sebeple, ülkemizde afet kavramı denildiğinde akla deprem gelmekte ve alınan önlemler ve yapılan çalışmalar genellikle bu kapsamda olmaktadır.

Ülkemiz yapısı nedeniyle jeolojik tabanlı afetler grubuna dahil olan, dünyanın en aktif deprem bölgelerinden birisidir. Özellikle Erzincan depremi (13 Mart 1992), Marmara depremleri (17 Ağustos/12 Kasım 1999), Bingöl Depremi (01 Mayıs 2003) ve Van depremleri (29 Ekim/09 Kasım 2011) göz önüne alındığında deprem riskinin boyutları net olarak ortaya çıkmaktadır. Yaşadığımız bu depremler neticesinde binlerce vatandaşımız hayatını kaybetmiş veya yaralanmış, yüz binlerce yerleşim alanı kullanılmaz hale gelmiş ve ülkemiz büyük ekonomik kayıplara uğramıştır. Özellikle Marmara depreminden sonra depremin önemini daha iyi anlayan ülkemiz depremin geride bıraktığı etkileri daha aza indirebilmek için çalışmalar yürütmeye başlamıştır. Bu anlamda yapılması gereken çalışmalar iki grupta incelenmiştir. Birincisi olası afet öncesi riskleri en aza indirmek ve tehlikelere karşı tedbirli olmak, ikincisi ise afetlerden sonra müdahale konusunda kapsamlı ve ayrıntılı planlar yapmaktır.

Bu sebeple doğal veya beşerî insan kaynaklı afetler sonucunda insan hayatı başta olmak üzere meydana gelen diğer kayıpların önlenmesi, olası risklerin belirlenebilmesi ve azaltılması, bu doğrultuda gerekli planlama ile eğitim, tatbikat ve buna benzer çalışmaların yapılması, önceden tahmin veya erken haber alma sisteminin geliştirilmesi, gerektiği zaman etkili müdahale yapılarak zararların en aza indirilebilmesi, bütünleşik çalışmalar neticesinde hayatın normale dönebilmesi için yapılacak tüm işleri afet yönetimi dâhilinde değerlendirmemiz gerekmektedir (Kadıoğlu, 2008)

Meydana gelen afetlerin tüm aşamalarında yapılması gereken çalışmaların planlanması, sevk ve idare edilmesi, koordinasyon sağlanması, uygulanabilmesi için devletin tüm kurum ve kuruluşlarıyla, kaynaklarını aynı hedeflere yönlendirmesini gerektiren afet yönetimi, oldukça geniş bir olgudur. Afet ile mücadele tüm kaynakların bir güç olarak birleşmesidir (Yılmaz, 2003).

Bu çalışmada, yakın zamanda meydana gelen dört büyük deprem örneklem olarak ele alınarak, Türkiye'nin depremlere karşı afet yönetim sistemi performansının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Her sistemin kendine ait bir hedefi vardır. Bu hedefler genelde yüksek verimlilik, yüksek kar ve düşük maliyet, memnuniyet, üstün hizmet gibi performans vasıtalarıyla tanımlanabilirler. Yani bir sistemin istediği hedefe ulaşıp ulaşmadığı performans ölçümleri ile belirlenebilir.

Sistemlerin performansları ise etkinlik analizleri ile ölçülebilmektedir. Etkinlik analizleri üç yöntemle ölçülebilmektedir. Bu yöntemler oran analizi, parametrik ve parametrik olmayan yöntemlerdir. Bu bağlamda çalışmamızda birden fazla sayıda girdi ve çıktı değişkeninin beraber çalışmasına fırsat tanıyan, parametrik olmayan, ÇKKV yöntemlerinden biri olan VZA tercih edilmiştir.

Veri Zarflama Analizi Çalışmaları

Bu bölümde VZA ve afet yönetim sistemi tabanlı VZA konusu üzerinde yapılan çalışmalar incelenmiştir. VZA'nın uygulama alanına hizmet üreten birçok işletme ve kamu kurumları girer. Literatürde VZA ile ilgili farklı sektörlerde birçok çalışma bulunmaktadır. Hastanelerde, bankacılık sektöründe, eğitim kurumlarında, konaklama tesisleri gibi birçok sektörde VZA yöntemiyle çalışmalar yapılmıştır (Bakırcı ve Babacan,2010).

VZA literatürde çok sayıda kullanılmasına karşın ülkemizde genellikle sağlık sektörü ve eğitim kurumları alanında kullanılmasıyla sınırlı kalmış olup yaygın kullanım alanına sahip değildi. Bunun sebebi ise yöntemin uygulanabilirliğinin karmaşık olarak kabul edilmesi, veri kümelerine erişebilirliğinin güç olması olarak değerlendirilse de özellikle son zamanlarda VZA ile ilgili paket programların geliştirilmesi yöntemin yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır (Mecit, 2005).
Örneğin; Kıyıldı ve Karaşahin (2006) ülkemizdeki 32 havalimanını VZA ile değerlendirmiştir. Yazarlar çalışmalarında havalimanlarının alt yapı kapasite durumunu ortaya koyabilecek veriler tespit etmiş ve bunları değişken olarak VZA modelinde kullanmıştır.

Peker ve Birdoğan (2009) VZA yaklaşımını kullanarak Türkiye'deki havalimanlarının 2007 yılındaki etkinliklerinin ölçülmesini amaçlamışlardır. Yazarlar çalışmalarını Kıyıldı ve Karaşahin (2006)'nin yaptığı çalışmadan farklı olarak havalimanlarını büyük ve küçük havalimanları olacak şekilde gruplandırmış ve hangi havalimanlarının etkin hangi havalimanlarının etkin olmadığını gözlemlemişlerdir.

Gürler (2015) yapmış olduğu çalışmada ülkemizdeki havalimanlarının etkinlik analizini VZA ve yapay sinir ağlarını (YSA) birbirine entegre ederek yapmıştır. Önce VZA ile etkinlik ölçümü yapılmış sonra ise yeni faaliyete girecek havalimanının etkinliğini tahmin edebilen bir YSA modeli geliştirmiştir. Babacan ve Özcan (2009) çalışmalarında VZA yardımıyla otel işletmelerinin göreli etkinliklerini ölçmüşlerdir. Rouyendegh ve Erkan (2010) çalışmalarında önce LINDO ile model kurmuş ve analiz yapmış ikinci aşamada ise Babacan ve Özcan (2009) 'nın çalışmalarına ek olarak bulunan sonuçlar üzerinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniği ile Ankara'da bulunan 21 adet 4 yıldızlı otel arasından birbirine yakın 8 otelin etkinlik değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir.

Baysal ve Toklu (2001) Konya'da bulunan bazı ortaöğretim kurumlarının performanslarını VZA yöntemi ile ölçmeye çalışmışlardır. Hem girdi odaklı hem çıktı odaklı VZA modelleri kurarak çözümleri LINDO programı ile yapmışlardır. Kutlar ve Kartal (2004) çalışmalarında Cumhuriyet Üniversitesinin 8 fakültesini örneklem olarak ele almış ve üniversitenin verimlilik analizini söz konusu fakülteler temelinde VZA yöntemi ile belirlemişlerdir.

Özden (2008), Kutlar ve Kartal (2004)'dan farklı olarak, çalışmasında Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliklerini ölçerken VZA ile etkinlik analizini yapmış sonrasında ise süper etkinlik modelleri yardımıyla üniversitelerin etkinlik sıralamalarını da belirlemiştir. Türker

(2012) ise önceki çalışmalara benzer olarak üniversite bölümlerinin etkinlik analizini yapmıştır. Fakat bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak VZA ve bulanık DEMATEL yöntemi beraber kullanılmıştır.

Irmak (2014) Sivas ilinde bulunan 10 devlet hastanesine ait 2013 yılı verilerini kullanarak VZA yöntemiyle etkinlik değerlendirmesi yapmıştır. Bal ve Bilge (2013) sağlık bakanlığına bağlı eğitim ve araştırma hastanelerinin etkinliklerinin araştırılmasını hedeflemiş ve bu bağlamda 35 eğitim ve araştırma hastanesinin verilerini değerlendirerek sonuca ulaşmaya çalışmışlardır. Yazıcı ve Kalın (2018) çalışmalarında coğrafya bölümü ve sosyal bilgiler öğretmenliği öğrencilerinin doğal afet konusunda oluşturdukları metaforlarını nitel araştırma yöntemlerinden olan olgu bilim deseni kullanarak analiz edip yorumlamışlardır.

Çalışmamızın konusu olan afet yönetim sistemi ve depreme karşı savunmasızlık değerlendirmesi konularında yapılan çalışmalar mevcuttur. Korkmaz (2010) yapmış olduğu çalışma ile deprem sonrasında meydana gelebilecek tehlikeyi ve hasarı ortaya koyabilmek için entegre sismik tehlike değerlendirmesi ve afet yönetimi yaklaşımı ile etkin, hızlı ve güvenilir bir kayıp tahmini planlaması yapmıştır.

Panahi ve diğerleri (2014) yaptıkları çalışmada Tahran şehrindeki okul binalarının sismik açıdan savunmasızlığını Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) temelinde değerlendirmiştir. Delavar ve diğerleri (2015) Panahi ve diğerleri (2014)'ne benzer şekilde İran/Tahran için CBS tabanlı grup karar verme yaklaşımı kullanarak hastane binalarının depreme karşı savunmasızlığın ve zayıflığın değerlendirmesi yapmışlardır. Literatür incelendiğinde ise afet yönetim sistemi, afet ve deprem konularının VZA ile birlikte çok sınırlı sayıda kullanıldığı gözlemlenmiştir. VZA yöntemiyle etkinlik ve performans değerlendirilmesi yapılan afet yönetim sistemi çalışmaları Tablo 1 'de özetlenmiştir.

Yazar Adı	Yayın Yılı	Girdiler ve Çıktılar	Konu
Wei ve diğerleri	2004	**Girdi:** Nüfus Yoğunluğu**,** Altyapı Düzensizliği **Çıktı:** Mağdur İnsan Sayısı**,** Ekonomik Kayıp	Bu çalışmada Çin'deki depremlere karşı savunmasızlığın değerlendirilmesi yapılmıştır. 10 yıllık süreç ele alınarak eyaletlere göre depremin etki şiddetindeki değişimler ele alınmıştır. Böylelikle bölgelerin depreme karşı hassasiyetleri değerlendirilmiştir (Wei vd., 2004).
Zou ve Wei	2009	**Girdi:** Nüfus, Üretim Yapısı, Tüketim Yapısı, Ekonomik Büyüme, Tasarruf ve Yatırım, Dış Ticaret, Devlet Finansmanı, Dış Borç Durumu **Çıktı:** Hayatını Kaybeden Toplam İnsan Sayısı**,** Felaketten Etkilenen İnsan Sayısı**,** Ekonomik Kayıp	Bu çalışmanın amacı, ekonomik kalkınma ile kıyı felaketlerinden kaynaklanan kayıplar arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve hem tehlikelerin gelişim üzerindeki etkisini hem de bu tür kalkınmanın tehlikelere karşı dayanıklılığı tanımlamaktır (Zou ve Wei, 2009).
Pan ve Li	2010	**Girdi:** Önleme ve Erken Uyarı Sistemleri**,** Yardım Fonu Miktarı**,** Kurtarma Personeli Sayısı**,** Kurtarma Hızı **Çıktı:** Mağdur Sayısı**,** Ekonomik Kayıp**,** Yeniden Yerleşim**,** Yeniden İnşa	Çin'deki üç büyük deprem olayı ile deneysel araştırmalar yürütülmüş ve VZA' ya dayalı acil durum yönetimi performansı değerlendirme sistemi incelenmiştir (Pan ve Li, 2010).

Huang ve diğerleri	2011	**Girdi:** Bölgesel Afet Tehlikesi, Bölgesel Sosyo-Ekonomik Sisteme Maruz Kalma **Çıktı:** Bölgesel Doğal Afet Kayıpları	Veri zarflama analizi modeli kullanılarak Çin'de meydana gelebilecek afetlere karşı bölgesel olarak güvenlik açığının değerlendirilmesi yapılmıştır (Huang vd., 2011).
Üstün ve Barbarosoğlu	2015	**Girdi:** Arama Kurtarma Personel Sayısı, Arama Kurtarma Personel Çalışma Süresi, Sağlık Personeli Sayısı, Sağlık Malzeme Sayısı, Doktor Sayısı, Gayrı Safi Milli Hasıla (GSMH) **Çıktı:** Yaralı Sayısı, Vefat Sayısı, Hasarlı Bina Sayısı, Altyapı alanı büyüklüğü, Hasta Sayısı, Çadır Sayısı, Günlük Yiyecek	1999 depremlerinde Türkiye afet yönetim sisteminin VZA ile performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Afet yardımını dört ana gruba ayırarak çalışmayı yürütmüşlerdir (Üstün ve Barbarasoğlu, 2015). Arama-Kurtarma Sağlık Hizmeti Temel İhtiyaçlar Altyapı Onarımı/Enkaz Kaldırma
Üstün	2016	**Girdi:** İlçe Yüzölçümü, İlçe Nüfusu, Ekonomik Durum, Bina Sayısı **Çıktı:** Yatak Sayısı (Hastane), Acil Tahliye Yolu, Tahliye ve Barınma Alanı, Kamu Bina Sayısı, Eğitim Bina Sayısı	İstanbul'un Afet Direnç Kapasitesinin VZA ile değerlendirilmesi yapılmıştır (Üstün, 2016).

Tablo 1: Veri Zarflama Analizi ve Afet Yönetim Sistemi Çalışmalar

Veri zarflama analizi

VZA, birbirine benzeyen girdiler kullanarak birbirine benzeyen çıktılar üreten karar verme birimi (KVB) etkinliklerini ölçmeye yarayan ve parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA' da en verimli etkin birime göre kıyaslama yapılır. VZA' nın ortaya ilk çıkışı Farrell (1957)' in ağırlıklandırılmış çıktılar ile ağırlıklandırılmış girdilerin oranlanması ile performans ve etkinlik ölçümü yapan yaklaşımıdır. VZA modelleri ile aynı girdi ve çıktıya sahip karar birimlerinin etkinlik analizi yapılabilir. Modelin çözümü sonucunda etkinlik skoru 1'e eşit olanlar etkin olarak değerlendirilir. Eğer etkinlik skoru 1'den düşük ise etkin olmayan KVB olarak değerlendirilir. Daha sonra etkin olmayan KVB etkin olan KVB' ne benzetilmeye çalışılır (Banker ve Thrall, 1992). Farklı bir ifadeyle etkin olmayan KVB etkin olan KVB (referans küme) gibi etkin olabilmek için tanımlanan kuramsal bir KVB' nin girdi ve çıktı değerlerini hedeflemesi gerekmektedir. Böylelikle etkin olmayan KVB için potansiyel iyileştirmeler belirlenir ve bu iyileştirmeler yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

PI (%) =((Hedef-Gerçekleşen) / (Gerçekleşen)) x 100

Veri zarflama analizi modelleri "girdiye yönelik" ve "çıktıya yönelik" olmak üzere ikiye ayrılır. Her iki model temelde birbirine benzerler. Girdiye yönelik VZA modelleri mevcut çıktıyı elde edebilmek için en az girdinin kullanılması gerektiğini, çıktıya yönelik VZA modelleri ise belirli girdi değişkeni ile en fazla ne kadar çıktı üretilmesi gerektiğini araştırır (Banker ve Thrall, 1992).

VZA ilk olarak Charnes-Cooper-Rhodes (1978) tarafından ortaya atılmıştır. İsimlerinin baş harflerinden oluşan CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri altında karar verme birimlerinin etkin olup olmadığını ölçmeyi amaçlamaktadır. CCR modeli doğrusal programlama formatında aşağıdaki gibi gösterilir.

$Mak\ h_k = \sum_{r=1}^{s} U_{rk} Y_{rk}$
(1)
$\sum_{r=1}^{s} U_{rk} Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_{ik} X_{ij} \leq 0 \quad j = 1,2, \ldots, n$
(2)

$\sum_{i=1}^{m} V_{ik} X_{ik} = 1 \quad U_{rk} \geq \varepsilon \quad r = 1,2 \ldots, s$ (3)

$V_{ik} \geq \varepsilon \quad i = 1,2 \ldots, m$ (4)

h_k : k karar birimini,(Etkinliği Ölçülen KVB)

U_{rk} : k karar biriminin r çıktıları için ağırlığını,

v_{ik} : k karar biriminin i girdileri için ağırlığını,

Y_{rk} : k karar biriminin r. çıktı değerini,

X_{ik} : k karar biriminin i.girdi değerini,

Y_{rj} : j karar biriminin r.çıktı değerini,

X_{ij} : j karar biriminin i.girdi değerini,

ε : sıfıra çok yakın bir sayı (örneğin 0.0001)

r : s tane farklı çıktıyı

i : m tane farklı girdiyi,

j : n tane farklı karar birimini

ifade etmektedir.

CCR modelinden sonra Banker, Charnes, Cooper (1984) tarafından ölçeğe göre değişken getiri (Variable Returns to Scale: VRS) varsayımı ile girdiye yönelik Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli geliştirilmiştir. Modelde yer alan u_0 değişkeninin pozitif olması karar biriminin ölçeğe göre azalan getiri, negatif olması ölçeğe göre artan getiri ve sıfır olması ise ölçeğe göre sabit getiri durumunu ifade etmektedir. BCC modeli doğrusal modelleme formatında aşağıda gösterildiği gibi ifade edilir:

$Mak\ h_k = \sum_{r=1}^{s} U_{rk} Y_{rk} - U_0$
(5)

Kısıt

$\sum_{r=1}^{s} U_{rk} Y_{rj} - Uo - \sum_{r=1}^{m} V_{ik} X_{ij} \leq 0 \quad j = 1,2, \ldots, n$
(6)

$\sum_{i=1}^{m} V_{ik} X_{ik} = 1 \quad U_{rk} \geq \varepsilon \quad r = 1,2 \ldots, s$
(7)
$V_{ik} \geq \varepsilon \quad i = 1,2 \ldots, m$
(8)

CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri ile girdi ve çıktı yönelimli olarak toplam etkinliği ölçerken, BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri ile girdi ve çıktı yönelimli olarak teknik etkinliği ölçer (Charnes vd., 1981). Toplamsal model ise, KVB ölçeğe göre sabit getirili olduğunu varsayımına dayanarak toplam etkinlikleri belirlemek istendiğinde kullanılır. Tablo 2 'de CCR, BCC ve toplamsal modele ait özellikler belirtilmiştir.

Tablo 2: CCR, BCC ve Toplamsal Modele ait özellikler

Model	**CCR Model**	**BCC Model**	**Toplamsal Model**
Getiri	Ölçeğe göre sabit getiri	Ölçeğe göre değişken getiri	Ölçeğe göre sabit getiri
Etkinlik	Toplam etkinlik	Teknik etkinlik	Toplam etkinlik
Yönelim	Girdi ya da çıktı odaklı	Girdi ya da çıktı odaklı	Girdi ya da çıktı odaklı

VZA modelleri oluşturulurken eğer girdi değişkenleri ile ilgili kontrol az ise çıktı yönelimli bir model, eğer çıktı değişkenleri ile ilgili kontrol az ise girdi yönelimli bir model kurmaya dikkat edilmelidir (Cingi ve Tarım, 2000).

Uygulama

Amaç

Çalışmamızın amacı yaşamış olduğumuz depremler neticesinde meydana gelen maddi ve

manevi kayıpları en aza indirebilecek tedbirleri ortaya koyabilmektir. Bu kapsamda ülkemizin afet yönetim sistemi yaşanmış dört büyük depremi ele alınarak değerlendirilecektir. Değerlendirme ÇKKV yöntemlerinden biri olan VZA yöntemiyle yapılacaktır.

Değerlendirme neticesinde sistemin eksik yanlarının tespit edilmesi ve ne gibi tedbirler alınabileceğinin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

Araştırma evreni ve örneklem

Araştırmanın evrenini Türkiye'de meydana gelen, maddi ve manevi kayıplara sebebiyet veren depremler oluşturmaktadır. Ülkemizde son 40 yıl içerisinde yaşanmış 11 deprem incelenmiştir. Ancak yaşanmış depremler ile ilgili verilerin elde edilebileceği sağlıklı bir veri tabanı bulunmaması sebebiyle Başbakanlık Kriz Yönetim Merkezi yayınları, Afet ve Acil Durum Başkanlığı yayınları, Erzincan İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü yayınlarından elde edilen veriler doğrultusunda çalışma yürütülmüştür. Elde edilen veriler Şekil 1'de gösterilmiştir. Yapılan analizin güvenirliliğini sağlamak için resmi olarak elde edilebilen verilere göre ülkemizde yaşadığımız depremler arasından örneklem kümesi oluşturulmuştur. Bu bağlamda kronolojik sırayla 15.03.1992 Erzincan depremi, 17.08.1999 ve 12.11.1999 Marmara depremi, 01.05.2003 Bingöl depremi, 23.10.2011 ve 09.11.2011 Van depremleri örneklem kümemizi oluşturmaktadır.

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktıların belirlenmesi

Çalışmamızda kullanılan girdi ve çıktılar, elde edilebilen güvenilir veriler doğrultusunda, afet yönetim sisteminin müdahale ve iyileştirme aşamalarını yansıttığı değerlendirilen değişkenler arasından literatürde kullanım şekilleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Hayatını kaybeden insan sayısı çıktı değişkeni, enkazdan vefat etmiş olarak çıkarılan insan sayısını ifade etmektedir. Etkinlik ve verimlilik analizi yapılırken önemli olabilecek girdi ve çıktının analize dâhil edilmemiş olmasına ve ilişkisiz bir değişkenin kullanılmamasına dikkat edilmiştir. Analizde kullanılan girdi ve çıktı kümesi Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3: Analizde kullanılan girdi ve çıktı kümesi

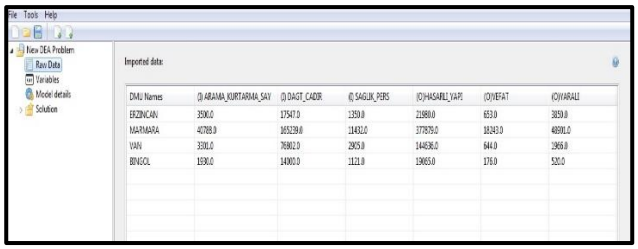
Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Arama-Kurtarma Personel Sayısı **(X_1)**	Hayatını Kaybeden İnsan Sayısı **(Y_1)**
Sağlık Personeli Sayısı **(X_2)**	Yaralanan İnsan Sayısı **(Y_2)**
	Hasarlı Yapı Sayısı **(Y_3)**
	Dağıtılan Çadır Sayısı **(Y_4)**

Çalışmada kullanılan istatistiksel yöntem ve paket program

Yapılan çalışmada etkinlik ve verimlilik analizinde son dönemlerde çok sık uygulama alanı bulunan VZA yöntemi kullanılmıştır.

Modelin çözümü Huberts Virtos tarafından geliştirilen, açık kaynak kullanıcı ara yüzüne sahip VZA dayanan kıyaslama aracı olan OSDEA-GUI programı yardımıyla yapılmıştır. Programın öne çıkan özellikleri, kolay kullanım sağlayan anlaşılır ara yüze sahip olması, kırk adet analizi üst üste yaparak daha önceki yapılan analizler ile karşılaştırma imkânı sağlaması, kontrol edilemeyen değişkenler ile analiz yapabilme imkânın olması, birçok değişken ve KVB ile analiz yapılabilmesidir.

Yapılan analiz çıktılar üzerinde kontrolün az olduğu değerlendirildiğinden "Girdi Yönelimli CCR Sabit Getirili Model" varsayımı altında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: Elde edilen veriler

Araştırma bulguları

Girdi Yönelimli CCR Sabit Getirili Modeli ile yapılan hesaplamalar sonucunda yaşanan dört büyük depreme yönelik değerlendirilen afet yönetim sisteminden ikisinin görece toplam etkin olduğu diğer ikisinin ise görece toplam etkin olmadığı tespit edilmiştir. Etkinlik değeri 1'in altında olan yani etkin olmayan depremler, Erzincan depremi ve Bingöl depremidir. Analize ait etkinlik skorları Tablo 4 'te görüldüğü gibidir.

Tablo 4: Girdiye yönelik CCR modeline göre etkinlik skorları

Karar Verme Birimi (KVB)	Etkinlik Skoru	Etkinlik Durumu
Erzincan Depremi (KVB_1)	0.948199	Etkin değil
Marmara Depremi (KVB_2)	1	Etkin
Bingöl Depremi (KVB_3)	0.489109	Etkin Değil
Van Depremi (KVB_4)	1	Etkin

Veri zarflama analizinin en önemli özelliği, etkin sınıra erişemeyen KVB için etkin KVB oluşturdukları etkinlik sınırına erişmesi için referans kümesi oluşturmaktır. Referans kümesi içerisinde bulunan KVB etkin olmayan KVB için neler yapılması gerektiğini, ne gibi tedbirler alması gerektiğini karar vericilere gösterir (Özden, 2008).

Tablo 5' te analiz sonucunda etkinlik skoru 1'in altında çıkan KVB için referans KVB olabilecek depremler belirtilmiştir. Modelde referans kümelerinde hangi depremlerin ne kadar sayıda yer aldığı, etkin KVB sıklığını göstermektedir. Etkin olmayan KVB Erzincan depremi için Marmara depremi, Bingöl depremi için hem Marmara depremi hem de Van depremi referans alınacak KVB'dir.

Tablo 5: Etkinlik sınırı altında kalan karar verme birimleri için referans kümeleri

Etkinlik Sınırı Altında Kalan Karar Verme Birimleri	Referans Olacak (Etkin) Karar Verme Birimleri
Erzincan Depremi	Marmara ve Van Depremleri
Marmara Depremi	Marmara Depremi
Bingöl Depremi	Marmara ve Van Depremleri
Van Depremi	Van Depremi

Etkin sınıra ulaşmak için Tablo 5'te referans olarak gösterilen KVB ait lambda değerleri Tablo-6 'da gösterilmiştir. Bu değerler iki referans kümesine sahip olan etkin olmayan KVB'nin hangi referans kümesinin girdi ve çıktı değerlerini hedef olarak alacağını ifade etmektedir.

Tablo 6: Karar verme birimlerine ait lambda değerleri

Karar Verme Birimi	KVB2	KVB4	Toplam
KVB1	0.076130248	0.064676883	0.140807
KVB2	1	0	1
KVB3	0.003618082	0.174502641	0.178121
KVB4	0	1	1

KVB'nin ikili parametreleri, referans kümesini belirler ve etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin girdi ve çıktı değerlerine ulaşmak için katkı oranını gösterir. Örneğin Erzincan depremi için toplam lambda değeri 0.140807 (0.07613+0.06467) yani %14' lük etki oranına sahiptir.

Etkin olmayan Erzincan depremi iki referans kümesine sahiptir. Ancak Marmara depremi parametresi Van depremine göre daha büyük olması sebebiyle Erzincan depremi girdi ve çıktı değişkenleri Marmara depremini referans küme olarak alacaktır.

Her ne kadar etkinlik skorları 1'in altında olsa da Erzincan depremi ve Bingöl depremi afet yönetim sistemi yapılacak küçük iyileştirme

tedbirleri ile etkinlik sınırına ulaşabilir. Bu durum VZA'nın en önemli ve öne çıkan özellikleri arasındadır. Etkin olmayan KVB'nin etkin olan KVB'nin benzetilmesi durumuna potansiyel iyileştirme denir (Bakır ve Babacan, 2010). Etkin olmayan KVB'nin girdi ve çıktı değişkenleri için potansiyel iyileştirme değerlerinin hedefleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Girdi ve çıktı değişkenlerine ait hedef değerler

		KVB_1	KVB_3
Girdi Değişkenleri	X_1	3318.69893	723.607529
	X_2	1058.20733	548.292080
Çıktı Değişkenleri	Y_1	1430.49602	178.384363
	Y_2	0	0
	Y_3	38122.6278	26606.5615
	Y_4	0	0

Etkin olmayan Erzincan ve Bingöl depremine ait girdi ve çıktı değişkenlerinde yapılacak artış veya azalış ile etkin sınıra ulaşılabilir. Bu durum karar vericiye alacağı tedbirler konusunda yol göstermektedir. Örneğin Erzincan depremi sonrasında kullanılan arama kurtarma personel sayısı gerçekte 3500 kişi olmasına rağmen bu çalışma 3318 kişi ile yürütülürse, sağlık personel sayısı 1350 kişiden 1058 kişiye düşürülür ve enkazdan çıkardıkları vefat eden insan sayısı 653 kişiden 1430 kişiye arttırılabilir ise etkin sınıra ulaşabilir.

Sonuç olarak, Erzincan depremi ve Bingöl depremleri için arama kurtarma personel sayısı, sağlık personel sayısı, hayatını kaybeden insan sayısı, hasarlı yapı sayısında yapılacak artış ve azalışlar etkin sınıra ulaşılabilir.

Tartışma ve Sonuçlar

Ülkemizde afet yönetim sistemi 2009 yılında AFAD (Afet ve Acil Durum Başkanlığı)'ın kurulmasına kadar olan süreçte belirli bir sistemi ve yönetim şekli olmayan, birden çok bakanlık, kurum ve kuruluşun ayrı ayrı görevlendirildiği, yaşanılan afetlerden sonra anlık tedbirler alan bir sistem şeklindeydi. Afet yönetimi, afet öncesi, afet esnası ve afet sonrasında yapılan çalışmalar bütünüdür. Ülkemizin afetlerin verdiği zararları azaltamamasının nedeni, afetler meydana gelmeden önce yapılan çalışmaların seviyesinin düşük olması ve daha çok afetin meydana gelmesinden sonra geçici, tedbirler ile durumu geçiştirmesidir. Afetlerin verdikleri zararları en aza indirmenin yolu etkili bir afet yönetim sistemi performansına sahip olmaktır.

Son yıllarda daha çok sağlık sektörü ve eğitim kurumları gibi alanlarda performans ve etkinlik analizi için kullanılan yöntemler arasında yer alan VZA çözüm için geliştirilen paket programların sayısının artması ile sık olarak literatürde yer edinmeye başlamıştır. Fakat literatür incelendiğinde afet yönetim sistemi, afet, deprem konuları VZA ile birlikte çok sınırlı sayıda kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada ülkemizde yaşanılan, maddi ve manevi kayıplara yol açan dört büyük deprem örneklem olarak ele alınmış, ülkemizin afet yönetim sistemi performansı CCR-VZA modeli ile girdi yönelimli olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme neticesinde örneklem olarak ele alınan Erzincan ve Bingöl depremlerine yapılan müdahalenin etkin bir afet yönetim sistemine sahip olmadan yapıldığı, Marmara ve Van depremlerinin ise etkin bir afet yönetim sistemine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Erzincan ve Bingöl depremleri için etkin sınıra ulaşmayı hedefleyen potansiyel iyileştirme hedefleri ve referans etkin referans kümeleri ortaya çıkarılmıştır. Marmara depremlerinin yapılan analiz neticesinde etkin afet yönetim sistemine sahip olması Türk Silahlı Kuvvetlerinin (TSK) bölgede görevlendirdiği 64.000 bin personelinin etkisi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Türk Silahlı Kuvvetleri arama kurtarma çalışmaları, yaralıların taşınması, barınma olanağı sağlaması ve ayni yardımlar sağlaması konusundaki desteği ile depremin yaralarının sarılması noktasında çok önemli bir görev üstlenmiştir. Bu bağlamda TSK deprem meydana geldikten kısa süre sonra çalışmalara başlamış ve 12.794'ü vefat etmiş, 27.852'si yaralı/sağ vatandaşımızı kurtarmış ve tahliye etmiştir (T.C. Başbakanlık Kriz Yönetim Merkezi, 2000).

Ülkemiz 2011 yılında yaşanan Van depremlerinden önce yaşamış olduğumuz depremlerin sebep olduğu kayıplardan, arama kurtarma ve müdahale aşamasında karşılaşılan sorunlardan ders çıkarmış, bu konuda hazırlıklarını büyük ölçüde tamamlamıştı.

Bu bağlamda deprem öncesi yapılan çalışmaların da önemi anlaşılmış, deprem esnasında ve sonrasında yapılacak çalışmalar koordine edilmiş, bu yönde eğitim ve tatbikatlar yapılmaya başlanmıştır. Van depremlerine müdahale, arama kurtarma, iyileştirme çalışmaları Afet ve Acil Durum Başkanlığı koordinatörlüğünde ve sorumluluğunda gerçekleşmiştir. Marmara depremlerinde olduğu gibi özellikle arama kurtarma faaliyetlerinde yaşanılan sistemsiz ve plansız çalışma Van depremlerine müdahale çalışmalarında görülmemiştir. Nitekim arama kurtarma ekiplerinin üstün gayreti ile enkazdan kurtarılan kişi oranı %28,1 olmuştur. Bu oran dünyada benzer özellikler taşıyan depremler incelendiğinde gerçek bir başarı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmamızda Afet yönetim sistemi etkinlik analizinin yapılması için VZA'nın seçilmesindeki en önemli etken, veriler temelinde girdi ve çıktıların ortak bir şekilde ifade edilmediği durumlar/olaylar için etkinlik ölçümü yapılmasına olanak sağlaması ve etkin olmayan KVB'nin etkin hale getirilmesi için yapılması gerekenler hakkında bilgi vermesidir. Gelecek çalışmalarda ise karşılaştığımız veri elde etme problemine çözüm üretebilecek şekilde eksik verilerle çalışma imkânı sağlayan Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) ve gri ilişkisel analiz yöntemi gibi ÇKKV yöntemleri kullanılabilir.

Kaynaklar

Altun, F., (2018). Afetlerin Ekonomik ve Sosyal Etkileri: Türkiye Örneği Üzerinden Bir Değerlendirme, *Sosyal Çalışma Dergisi*, 2, 1, 1-14.

Babacan, A. ve Özcan, S., (2009). Alanya Bölgesi Otellerinin Göreli Etkinliğinin Belirlenmesi: Bir Veri Zarflama Analizi Tekniği Uygulaması, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6, 12,176-189.

Bakırcı, F. ve Babacan, A., (2010). İktisadi ve idari bilimler fakültelerinde ekonomik etkinlik. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24, 2, 215-234.

Bal, V. ve Bilge, H., (2013). Eğitim ve Araştırma Hastanelerinde Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2, 6, 1-14.

Banker, R. D., Charnes, A. ve Cooper, W.W., (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30, 9, 1078-1092.

Banker, R. D. ve Thrall, R. M., (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 62, 1, 74-84.

Baysal, M. E. ve Toklu, B., (2001). Veri zarflama analizi ile bazı orta öğretim kurumlarının performanslarının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 6, 2,203-220.

Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European journal of operational research*, 2, 6, 429-444.

Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E., (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management science*, 27, 6, 668-697.

Cingi, S. ve Tarım, A. (2000). Türk banka sisteminde performans ölçümü Dea-Malmquist Tfp endeksi uygulaması. *Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliğleri Serisi,* 1, 1-34.

Delavar, M., Moradi, M. ve Moshiri, B., (2015). Earthquake vulnerability assessment for hospital buildings using a GIS-based group multi criteria decision making approach: a case study of

Tehran, Iran, *Proceedings*, International Conference on Sensors & Models in Remote Sensing & Photogrammetry, 153-157, Kish Island.

Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253-290.

Gürler, H., (2015). Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinlik Tahmini: Veri Zarflama Analizi ve Yapay Sinir Ağlarının Birlikte Kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Huang, J., Liu, Y. ve Ma, L., (2011). Assessment of regional vulnerability to natural hazards in China using a DEA model. *International journal of disaster risk science,* 2, 2, 41-48.

Irmak, D. E., (2014). Sivas İlindeki Devlet Hastanelerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Etkinliğinin Belirlenmesi.: *Yüksek Lisans Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

Kadıoğlu, M., (2008). Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., eds (2006). *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, 1-34, JICA Türkiye Ofisi Yayınları (2), Ankara.

Kıyıldı, R. K. ve Karaşahin, M., (2006). Türkiye'deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi İle Altyapı Performansının Değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 10,3,391-397.

Korkmaz, K. A. (2010). Integrated seismic hazard evaluation and disaster management approach for Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 61, 3, 467-476.

Kutlar, A. ve Kartal, M., (2004). Cumhuriyet üniversitesinin verimlilik analizi: Fakülteler düzeyinde veri zarflama yöntemiyle bir uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8, 49-79.

Mecit, E. D., (2005). Veri Zarflama Analizinde Süper Etkinlik ve Bir Uygulama, *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi,* Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özden, Ü. H. (2008). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37, 2, 167-185.

Pan, Y. M. ve Li, Q. W., (2010). Evaluation of emergency management performance based on data envelopment analysis model: A Case of three catastrophic earthquakes in China, *Proceedings*, International Conference on Emergency Management and Management Sciences, 91-94, Beijing.

Panahi, M., Rezaie, F. ve Meshkani, S., (2014). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 4, 969-979.

Peker, İ. ve Birdoğan, B., (2009). Veri zarflama analizi ile Türkiye havalimanlarında bir etkinlik ölçümü uygulaması, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 18, 2, 72-78.

Rouyendegh, B. D. ve Erkan, T. E., (2010). Ankara'da Bulunan 4 Yildizli Otellerin, Vza-Ahs Sirali Hibrit Yöntemiyle Etkinlik Değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 12, 3, 69-90.

T.C. Başbakanlık Kriz Yönetim Merkezi, (2000). *Depremler 1999 17 Ağustos ve 12 Kasım Depremlerinden Sonra Bakanlıklar ve Kamu Kuruluşlarınca Yapılan Çalışmalar,* T.C. Başbakanlık, Ankara

Türker, T., (2012). Üniversitelerde Bölümlerin Performanslarının Değerlendirilmesinde Bulanık Dematel ve Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemlerinin Kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Üstün, A. K. ve Barbarosoğlu, G., (2015). Performance evaluation of Turkish disaster relief management system in 1999 earthquakes using data envelopment analysis. *Natural hazards*, 75, 2, 1977-1996.

Üstün, A. K., (2016). Evaluating İstanbul's disaster resilience capacity by data envelopment analysis. *Natural hazards*, 80, 3, 1603-1623.

Wei, Y.M., Fan, Y., Lu, C. ve Tsai, H.T., (2004). The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method. *Environmental Impact Assessment Review*, 24, 4, 427-439.

Yazıcı, Ö. ve Ulu Kalın, Ö., (2018). "Doğal Afet" için Kavramsal Metaforların Karşılaştırmalı Analizi. *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5, 1, 25-40.

Yılmaz, A., (2003). *Türk kamu yönetiminin sorun alanlarından biri olarak afet yönetimi:*, 2, 15, 35, Pegem A Yayıncılık, Ankara.

Zou, L. L. ve Wei, Y.M., (2009). Impact assessment using DEA of coastal hazards on social-economy in Southeast Asia. *Natural hazards*, 48, 2, 167-189.

Performance evaulation of disaster management system for earthquake that may occur with data envelopment analysis in Turkey

Extended abstract

Natural and human disasters have become riskier and harmful for people as a result of increase in population density together with technological and industrial developments. This leads people to be more vulnerable to disasters and, consequently, to set up disaster management systems to prevent and mitigate potential disasters. With an effective disaster planning prepared, necessary precautions can be taken before the earthquake and all units can intervene by keeping the turmoil and complexity at a minimum level during and after the earthquake. Our country is among the countries with high earthquake risk due to the geography on which it is located.

In this study, four major earthquakes will be dealt with in the near future. These earthquakes (in chronological order) are 13 March 1992 Erzincan Earthquake,17 August/ 12 November 1999 Marmara Earthquakes, 01 May 2003 Bingöl Earthquake, 23 October / 9 November 2011 Van Earthquakes.

The aim of this study, to evaluate the Disaster Management System with DEA, which is one of the MCDA methods, for earthquakes that may occur in Turkey. The number of disasters on the world continues to increase consistently compared to the old times. The ecological equilibrium deterioration that accompanies global warming and technological developments brings with many natural phenomena. Earthquakes, tornadoes, tsunamis living behind each other adversely affect the increasing world population. According to the researches of the scientists, these disasters will continue to increase in the coming period.

Great catastrophes that have been experienced all over the world, indicate the importance of disaster management. Especially the 1999 Marmara Earthquake, which we experienced in our country and had many losses, has caused material and spiritual wounds in every part of society.

After the Marmara Earthquake, our country understood the importance of disaster plans better. In this way, started to work to use the Disaster Management System more effectively. In our study, we use Data Envelopment Analysis which is a Multi-Criteria Decision-Making method to analyze the effectiveness of the four major earthquakes in our country.

In the light of the analysis, Marmara earthquakes found as an effective disaster management system. We associate this with the activities of the Turkish Armed Forces during the earthquake, such as carrying out search and rescue operations with 64 thousand personnel, transporting the wounded, ensuring the usual marriage and providing the same benefits. Because the Turkish Armed Forces started working shortly after the earthquake hit the scene. As a result of the work, 12794 dead and 27852 injured citizens were saved from debris.

As in the Marmara earthquakes, the systemless and unplanned work experienced in search and rescue operations has not been observed in the intervention of Van earthquakes. As a matter of fact, the percentage of people who recovered from the wreckage was 28.1% with the help of search and rescue teams. When this earthquake with similar characteristics is examined in the world, it comes out as a real success. We have determined that this method of data envelopment analysis can be used to measure disaster management system performance.

In the future studies, it is possible to use multi-criteria decision-making methods such as Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) and gray relational analysis method which can work with incomplete data so as to produce a solution to the problem of data acquisition.

Keywords: *Multi-Criteria Decision Making, Data Envelopment Analysis, Disaster Management System, Earthquake, Performance Analysis*