

AB ÜLKELERİ'NDE BÜTÜNLEŞİK ENTROPİ AĞIRLIK-TOPSIS YÖNTEMİYLE AR-GE PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ

Süleyman ÇAKIR*
Selçuk PERÇİN**

Özet

Bir ülkenin bilimsel ve teknolojik yönden ilerlemesi için oldukça kritik önemde olan Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) yatırımlarına önem vermesi gerekir. Ancak yapılan yatırımların ülkenin gelişme sürecine katkısı istenilen düzeyde gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle, Ar-Ge yatırımı yapan organizasyonlarda düzenli olarak performans ölçümü ve değerlemesi yapılmalıdır. Literatür incelemesi sonucunda Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümünde çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinin kullanıldığı çalışma sayısının oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Bunun yanında ulusal düzeyde ülkelerin Ar-Ge performanslarının karşılaştırıldığı çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Literatürdeki eksikliği gidermek amacıyla bu çalışmada Avrupa Birliği (AB) üyesi 27 ülke ile AB'ye aday altı ülkenin Ar-Ge performanslarının ölçümü yapılmıştır. Bu amaçla iki aşamalı bütünlük bir ÇKKV yaklaşımı önerilmiştir. Dolayısıyla çalışmanın temel amacı, Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümünde bütünlük Entropi Ağırlık-TOPSIS yönteminin nasıl birlikte kullanılabileceğini açıklamaktır. Uygulama sonucunda Almanya en iyi Ar-Ge performansı gösteren ülke olurken, çalışmada kullanılan bütünlük Entropi Ağırlık-TOPSIS yönteminin performans ölçümünde uygulanabilir, pratik bir yöntem olduğu ve tutarlı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, Performans Değerleme, Entropi Ağırlık Yöntemi, TOPSIS Yöntemi.

* Arş. Gör. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü Üretim Yönetimi A.B.D.

** Doç. Dr. Karadeniz Teknik Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü Üretim Yönetimi A.B.D.

R&D Performance Measurement in EU Countries Using Combined Entropy Weight-TOPSIS Method

Abstract

A country should give importance to Research and Development (R&D) investments which has crucial importance for its scientific and technological development. However, the contribution of these investments may not be occurred at the desired level. Hence, performance measurement should be regularly performed in organizations that invest on R&D. As a result of the literature research, it has been noticed that the number of the studies in which multi criteria decision making (MCDM) techniques used are not satisfactory. Besides, there are a few studies in which R&D performance of countries were compared at national level. In order to deal with this lack of the literature, R&D performance of the 27 EU member and six candidate countries are measured in this study. For this purpose, a two-phased combined MCDM approach is proposed. The main goal of the study is to show how this combined Entropy Weight-TOPSIS method can be utilized for measuring the performance of R&D organizations. As a result of the application, Germany has turned out to be the best R&D performer country. Moreover, it is shown that the proposed combined Entropy Weight-TOPSIS method is a practical method that gives consistent results.

Key Words: R&D, Performance Evaluation, Entropy Weight Method, TOPSIS Method.

1. GİRİŞ

Çağımızın en önemli özelliği olan değişimi etkileyen temel faktör teknolojidir. Sjolander ve Oskarsson (1995), şirketlerin teknoloji ve ürün farklılaştırma stratejilerini inceledikleri çalışmalarında, başarılı şirketlerde teknoloji farklılaştırma ile ürün farklılaştırmanın birbirini takip ettiği sonucuna varmışlardır. Teknolojik inovasyon ve rakiplerinkine kıyasla daha kaliteli ürünlerin, daha düşük fiyatta ve daha hızlı biçimde müşterilere sunulması bugün için hayati önemdedir. Günümüz küresel rekabet ortamında Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri ulusal ekonomilerin rekabet avantajı sağlayabilmeleri için itici bir güç olarak değerlendirildiğinden, ülkeler çeşitli Ar-Ge program ve projelerine yüksek miktarda yatırım yapmaktadırlar (Lee, Son ve Om, 1996). OECD ülkelerinde Ar-Ge alanındaki devlet harcamalarının GSYİH içindeki oranı 2000–2006 arasında %0,63'ten %0,82'ye çıkmıştır (Seyyah, 2007: 22). Yapılan araştırmalara göre teknoloji ve inovasyonun ekonomik büyümeye katkısı oldukça fazladır (OECD, 2001: 13). Bu bağlamda, bir ülkenin bilimsel ve teknolojik ilerlemesi için oldukça kritik önemde olan Ar-Ge yatırımlarının etkisiz bir biçimde kullanılması ilgili ülkenin diğer ülkelere göre daha yavaş

gelişmesine neden olacaktır. Bunun yanında Ar-Ge hedeflerine ulaşmak için ilave yatırımların yapılması gerekecektir. Ancak bu yatırımların ilgili sürece katkısının çok az olması sık rastlanılan bir durumdur (Wang ve Huang, 2007: 260). Bu nedenle, Ar-Ge yatırımı yapan organizasyonlarda düzenli olarak performans ölçümü ve değerlemesi üst yönetimin ve diğer karar vericilerin sorumluluğundadır.

Literatür incelemesi sonucunda Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinin kullanıldığı çalışma sayısının oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmaların çoğunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemlerinin kullanıldığı ve diğer (ÇKKV) tekniklerine yer verilmediği anlaşılmaktadır. Bunun yanında ulusal düzeyde ülkelerin Ar-Ge performanslarının karşılaştırıldığı çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Literatürdeki eksikliği gidermek amacıyla bu çalışmada Avrupa Birliği (AB) üyesi 27 ülke ile AB'ye aday altı ülkenin Ar-Ge performanslarının ölçümü yapılmıştır. Bu amaçla, Shannon (1948) tarafından geliştirilen bir ÇKKV tekniği olan Entropi Ağırlık (Entropy Weight) yöntemi ile Hwang ve Yoon (1981) tarafından literatüre kazandırılan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yönteminin iki aşamalı melez bir versiyonu kullanılmıştır.

Bu yöntemleri diğer ÇKKV tekniklerinden ayıran bir takım üstün özellikleri bulunmaktadır. İlk olarak, Entropi Ağırlık tekniği ve TOPSIS yöntemleri karar vericilerin nitel ve nicel faktörleri birlikte değerlendirdiği durumlarda kullanılmaktadır. İkinci olarak Entropi Ağırlık tekniği, karar probleminin hiyerarşik bir model yardımıyla ifade edilmesine gerek olmaksızın kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesinde; TOPSIS yöntemi ise, alternatiflerin seçim ve sıralanmasında kullanılmaktadır. Bu amaçla TOPSIS yönteminde seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olduğu kabul edilmektedir. Bir başka üstünlük ise, bu yöntemlerin birey ya da grup kararına dayalı olarak uygulanabilmeleri ve geçerliliklerinin test edilebilmeleridir. Son olarak, Entropi Ağırlık tekniği, karar vericilerin subjektif yargılarına dayalı olarak indeks ağırlıklarının hesaplandığı AHP ve Delphi gibi yöntemlerin aksine, eldeki veriyi kullanarak hesaplama yapan objektif bir ağırlık belirleme yöntemidir. TOPSIS yöntemi ise basitliği ve sağlam matematiksel temelden dolayı literatürde en sık kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu doğrultuda çalışmanın temel amacını, Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümünde bütünleşik Entropi Ağırlık-TOPSIS yönteminin nasıl birlikte kullanılabileceğini açıklamak oluşturmaktadır.

Uygulamanın ilk aşamasında literatür incelemesi sonucu belirlenen performans kriterleri Entropi Ağırlık tekniğiyle ağırlıklandırılmış olup ikinci aşamada bu ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemiyle söz konusu 33 ülke performanslarına göre sıralanmıştır. Uygulama sonucunda bütünleşik Entropi Ağırlık-TOPSIS yönteminin performans ölçümünde uygulanabilir, pratik bir yöntem olduğu ve tutarlı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın geriye kalan bölümleri aşağıdaki biçimde organize edilmiştir. İkinci bölümde Ar-Ge performansı ölçülmesinde kullanılan yöntemlerin özetlendiği bir literatür taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde Entropi Ağırlık ve TOPSIS yöntemleri tanıtılmış ve algoritmaları açıklanmıştır. Dördüncü bölümde uygulama yer alırken, son bölümü değerlendirme oluşturmaktadır.

2. AR-GE PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Ar-Ge performans ölçümüyle ilgili literatürde kalitatif ve kantitatif ölçütlerin yanında yarı-kantitatif tekniklerin kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Kalitatif ölçütler organizasyon kültürü, liderlik, çalışanların morali ve yeni gelişmekte olan teknolojilerin değer tahmini gibi subjektif değerlendirmeye dayalı ölçütlerdir. Yarı kantitatif teknikler ise kalitatif kriterlerin karar vericiler tarafından önceden belirlenen sayısal ölçütlere dönüştürüldüğü tekniklerdir. Brown ve Gobeli (1992), kantitatif ölçütlerin kalitatif ölçütlere kıyasla daha anlaşılır olma ve kolayca karşılaştırma yapılabilme gibi avantajlı yönlerinin olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmalara örnek olarak, fiyat/kazanç oranı, yatırım getirisi, marjinal getiri oranı, kazanç/satışlar oranı gibi finansal analizlerin kullanıldığı çalışmalar (Ellis, 1980, Gilman, 1978 ve Wallin ve Gilman, 1986) ile Ar-Ge harcamalarının satışlara oranı olarak ifade edilen Ar-Ge yoğunluğu, ödenmiş sermaye ve patent sayısı gibi basit oran analizlerinin kullanıldığı araştırmalar (Brenner ve Rushton, 1989, Morbey, 1988) verilebilir. Ancak bu çalışmalar Ar-Ge faaliyetlerinin tek bir boyutunu dikkate almaktadır.

Literatürde Ar-Ge performansını çok boyutlu ele alarak ölçen çalışmalar daha ağırlıktadır. Morbey ve Reithner (1990), Ar-Ge faaliyetleri ile verimlilik ve karlılık arasındaki ilişkiyi regresyon modelleri yardımıyla incelemiştir. Griliches (1986), ABD' deki yaklaşık 1000 firmanın 1957-1977 yılları arasındaki Ar-Ge harcamaları ile verimlilik düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasında bu iki değişken arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki saptamıştır. Ancak bu pozitif ilişki kamu işletmelerinde özel işletmelere göre anlamlı şekilde daha zayıf çıkmıştır. Zif, McCarthy ve Israeli (1990), çoklu regresyon modelleri kullanarak yüksek Ar-Ge

yatırımları yapan işletmeleri diğer endüstriyel işletmelerle karşılaştırmıştır. Wakelin, (2001), İngiltere borsasına kayıtlı farklı sektörlerden toplam 170 şirketin verimlilik artışı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasında Ar-Ge yoğunluğunu içeren bir Cobb-Douglas fonksiyonu tahmin etmiştir. Uygulama sonucunda Ar-Ge harcamaları ile verimlilik artışı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Zhang vd. (2003), stokastik sınır analizi ile Çin'de faaliyet gösteren 8341 endüstriyel firmanın sahipliğiyle Ar-Ge etkinliği arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Uygulama sonucunda kamu işletmelerinin özel işletmelere oranla daha düşük Ar-Ge etkinliğine sahip olduğu saptanmıştır.

Ar-Ge literatüründe ÇKKV tekniklerinin çoğunlukla Ar-Ge projelerinin seçiminde kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanında firma ya da ulusal düzeyde Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümü amacıyla kullanılan ÇKKV tekniklerinin diğer tekniklerle bütünleşik olarak uygulandığı çalışmalar da mevcuttur.

Chen ve Lin (2006), VZA yöntemiyle Tayvan'da faaliyet gösteren 52 bütünleşik yarı-iletken teknoloji firmasının Ar-Ge performansını ölçtükleri çalışmalarında çoğu firmanın teknik etkin çıkmasına karşın Ar-Ge performansının firmalar arasında oldukça değişkenlik gösterdiğini saptamışlardır. Hashimoto ve Haneda (2008), Japon eczacılık şirketlerinin firma ve endüstri düzeyinde olmak üzere 1983-1992 yılları arasındaki etkinlik değişimini ölçmek amacıyla VZA/Malmquist toplam verimlilik indeksi uygulaması yapmıştır. Uygulama sonucunda ilgili dönem boyunca firmaların etkinliklerinin azaldığı belirlenmiştir. Literatürde Ar-Ge performansının ölçüldüğü çalışmaların büyük çoğunlukla firma ve endüstri düzeyinde yapıldığı görülmekle beraber ulusal düzeyde performans ölçümü yapılan çalışmalar da mevcuttur. Wang ve Huang (2007), 23'ü OECD üyesi toplam 30 ülkenin Ar-Ge faaliyetlerinin görece etkinliğini VZA ve Tobit regresyon analiziyle karşılaştırdıkları çalışmalarında ülkelerin yarım fazlasının etkin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Lee vd. (2008) ise Kore Hükümeti tarafından desteklenen altı ulusal Ar-Ge programının performanslarını VZA ile karşılaştırmışlardır. Chen ve Lin (2006), çalışmalarında Hindistan'daki ulusal Ar-Ge organizasyonlarının performanslarını karşılaştırmak amacıyla VZA ile AHP yöntemlerini bir arada kullanmışlardır. Kullanılan bütünleşik yöntem sayesinde Ar-Ge çıktıları hem nicelik hem de niteliksel açıdan değerlendirilmiştir. Banwet ve Deshmuk (2008), Hindistan'daki altı ulusal Ar-Ge organizasyonunun görece etkinliğini bütünleşik AHP-VZA yöntemiyle ölçmüştür. Lee, Kim, Yee ve Choe (2011), geliştirdikleri Ar-Ge performans izleme, değerlendirme ve yönetim sistemine dayalı olarak Kore'deki on adet kamu araştırma enstitüsünün görece Ar-Ge performanslarını AHP ve VZA ile ölçerek sonuçları karşılaştırmışlardır.

Literatürde bütünleşik Entropi Ağırlık-TOPSIS yönteminin kullanıldığı az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak Zhang, Gu ve Zhang (2011) tarafından illerin turizm rekabet yeteneklerini karşılaştırıldığı; Li, Wang, Liu ve Gao (2011) tarafından kömür madenlerinin güvenlik seviyelerinin karşılaştırıldığı; Dai ve Wang (2011) tarafından enerji endüstrisindeki şirketlerin karlılığının ölçüldüğü çalışmalar gösterilebilir. Ancak literatürde Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümünde bütünleşik Entropi-TOPSIS yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3. METODOLOJİ

3.1. Entropi Ağırlık Yöntemi

Termodinamiğin ikinci yasası olan Entropi kavramı literatürde ilk kez Rudolph Clausius (1865) tarafından bir sistemdeki düzensizliğin ve belirsizliğin bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır (Zhang, 2011: 444). Günümüzde başta Fizik bilimi olmak üzere Matematik ve mühendislik bilimlerinde oldukça yaygın biçimde kullanılan Entropi kavramı Shannon (1948) tarafından enformasyon teorisine adapte edilmiştir. Enformasyon Entropisine göre eldeki bilginin sayısı veya kalitesi, bir karar verme probleminde verilecek kararın doğruluğunun ve güvenilirliğinin en önemli belirleyicilerinden biridir. Bu bağlamda Entropi Ağırlık yöntemi eldeki verinin sağladığı yararlı bilginin miktarını ölçmede kullanılmaktadır (Wu, 2011: 5163). Değerlendirme indeksinin Entropi ağırlığı büyüdükçe indeksin yararlı bilgi oranı artmaktadır. Bunun yanında Entropi Ağırlık tekniği farklı karar verme süreçlerinde değerlendirme yapabilmek amacıyla kullanılabilir uygun bir ölçektir. Sosyal bilimler alanında Entropi Ağırlık yönteminin çoğunlukla indeks ağırlıklarının belirlenmesinde kullanıldığı görülmektedir. ÇKKV literatüründe Entropi Ağırlık yönteminin kullanıldığı çalışma sayısında son yıllarda artış görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak, silah sistemlerinin performansının ölçüldüğü (Mon, 1994), su kaynaklarının kalitesinin değerlendirildiği (Zou ve Sun, 2006), kömür madenlerinin güvenlik koşullarının değerlendirildiği (Li, 2011), tedarikçi seçiminin yapıldığı (Shemshadi, Shirazi, Toreihi ve Tarokh, 2011), enerji nakil hattı şirketlerinin performanslarının ölçüldüğü (Zhengyuan, Chunmei ve Zhiwei, 2011), operatör seçiminin yapıldığı (Yari ve Chaji, 2012) çalışmalar verilebilir. Entropi Ağırlık yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmektedir (Wu, 2011; Li, Wang ve Xin, 2011).

Aşama 1: Performans/değerlendirme matrisinin düzenlenmesi

Bir karar verme/değerlendirme probleminde m sayıda alternatif (değerlendirme nesnesi) ve n sayıda indeks olduğu varsayıldığında karar verme/değerlendirme matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_j & \dots & C_n \\ \begin{matrix} X_{11} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ X_{i1} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ X_{m1} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

Aşama 2: İndekslerin/Kriterlerin Standardizasyonu

Birbirinden farklı indeks boyutlarının eşölçülemezlik üzerindeki etkilerini yok etmek amacıyla indeksler çeşitli tekniklerle standardize edilmektedir. Fayda indeksine göre kriterler eşitlik (2) ile gösterilen denklem yardımıyla normalize edilir.

$$r_{ij} = x_{ij} / \max_j x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

Maliyet indeksine göre indeksler aşağıdaki denklem yardımıyla normalize edilir.

$$r_{ij} = \min_j x_{ij} / x_{ij} \quad \min_j x_{ij} \neq 0 \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

İndeksler normalize edildikten sonra $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ matrisinde gösterilir.

Aşama 3: Tüm İndekslerin Entropi değerlerinin hesaplanması

İndeks j'nin Entropisi eşitlik (4) yardımıyla hesaplanır.

$$e_j = - \frac{\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}}{\ln m} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (4)$$

Eşitlik (4)'te yer alan f_{ij} değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (5)$$

f_{ij} değerlerinin hepsinin aynı olması durumunda indeks j'nin Entropisi maksimum olmaktadır, yani $e_j = 1$ değerini almaktadır.

Aşama 4: İndekslerin Entropi ağırlıklarının hesaplanması

İndeks j 'nin Entropi ağırlığı eşitlik (6) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{i=1}^m e_j}, \sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (j=1, \dots, n) \quad (6)$$

Yukarıda da belirtildiği üzere Entropi ağırlığı yararlı bilginin derecesini gösterdiğinden daha büyük Entropi ağırlığına sahip kriterin karar verme/değerlendirme açısından daha önemli olduğu sonucuna varılmaktadır.

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS tekniğinde, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatifin seçilmesi amaçlanmaktadır. Pozitif ideal çözüm faydayı maksimize ederken maliyeti minimize etmektedir. Negatif ideal çözüm ise faydayı minimize ederken maliyeti maksimize etmektedir (Yousefi, 2010). Literatürde TOPSIS tekniğinin kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik (Chen, Lin ve Huang 2006; Kahraman, Engin, Kabak ve Kaya, 2009), tasarım ve üretim sistemleri (Shih, 2008; Wang, 2009), işletme ve pazarlama yönetimi (Peng, Wang, Kou ve Shi, 2011; Aydoğan, 2011), sağlık ve çevre yönetimi (Krohling ve Campanharo 2011; Yue, 2011), insan kaynakları yönetimi (Kelemenis, A., Ergazakis, K. ve Askounis, D., 2011), enerji yönetimi (Kaya ve Kahraman, 2011) ve su kaynakları yönetimi (Dai, Qi, Chi ve Ju, 2010) gibi farklı alanlardadır.

TOPSIS tekniğinin uygulama aşamaları aşağıda gösterilmektedir (Wang, 2011; Yue, 2011).

Aşama 1: Karar Matrisinin Düzenlenmesi

Bir karar verme/değerlendirme probleminde m sayıda alternatif, n sayıda kriter ve k sayıda karar vericinin olduğu varsayıldığında ilgili problem aşağıdaki matris biçiminde gösterilir.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_j & \dots & C_n \\ \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ X_{i1} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ X_{m1} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

Yukarıdaki matriste C_j j. kriteri ($j=1, \dots, n$) gösterirken x_{ij} , k karar vericisi ($k=1, \dots, k$) tarafından j. kritere göre i. alternatifin aldığı değeri ifade etmektedir.

Aşama 2: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Genelde bütün ÇKKV problemlerinde kriterler için fayda maksimizasyonu veya maliyet minimizasyonu amaçlanır. Tüm kriterleri boyutsuz biçimde değerlendirmek ve kriterler arası karşılaştırma yapabilmek amacıyla karar matrisindeki her x_{ij} değeri eşitlik (8) ile gösterilen şekilde normalize edilerek r_{ij} değerlerine dönüştürülür.

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \begin{matrix} C_1 & \dots & C_j & \dots & C_n \\ \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij})^2}} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad \text{fayda kriteri için} \quad (9)$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij})^2}} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad \text{maliyet kriteri için} \quad (10)$$

Aşama 3: Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Düzenlenmesi

Her kriter farklı ağırlığa sahip olduğu için ağırlıklandırılmış normalize matris, her bir değerlendirme kriterinin önem ağırlığı ile kriterlerin normalize karar matrisindeki değerleri çarpılarak elde edilir. Ağırlıklandırılmış normalize matris (V) aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$V = [v_{ij}]_{m \times n} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n) \quad (11)$$

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (12)$$

Aşama 4: Pozitif Ve Negatif İdeal Referans Noktalarının Hesaplanması

Pozitif ideal referans noktası olan A^+ ağırlıklandırılmış normalize matristeki en iyi performans skorlarından oluşurken, negatif ideal referans noktası olan A^- , aynı matristeki en kötü performans skorlarından

oluşmaktadır. Söz konusu referans noktaları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \quad (13)$$

$$v_j^+ = \begin{cases} \text{mak } v_{ij}, j \in N & i = 1, \dots, m \quad \text{fayda kriteri için} \\ \text{min } v_{ij}, j \in N & i = 1, \dots, m \quad \text{maliyet kriteri için} \end{cases} \quad (14)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad (15)$$

$$v_j^- = \begin{cases} \text{min } v_{ij}, j \in N & i = 1, \dots, m \quad \text{fayda kriteri için} \\ \text{mak } v_{ij}, j \in N & i = 1, \dots, m \quad \text{maliyet kriteri için} \end{cases} \quad (16)$$

Aşama 5: Pozitif Ve Negatif İdeal Çözüm Noktalarına Olan Uzaklıkların Hesaplanması

Alternatif i 'nin pozitif ideal çözüme olan uzaklığını ifade eden d_i^+ ve alternatif i 'nin negatif ideal çözüme olan uzaklığını ifade eden d_i^- skorları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_i^+ = \sqrt{(v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (17)$$

$$d_i^- = \sqrt{(v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (18)$$

Aşama 6: İdeal Referans Noktasına Olan Yakınlığın Hesaplanması

Tüm alternatiflerin önem sıralamasının yapılması için yakınlık katsayısı C_i denklem (19) yardımıyla hesaplanır. C_i katsayısına yakın bir alternatif pozitif ideal çözüme yakın olduğu kadar negatif ideal çözümden aynı oranda uzaklaşmaktadır.

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad C_i \in [0,1] \quad i = 1, \dots, m \quad (19)$$

Aşama 7: Alternatiflerin Önem Sıralaması

Son aşamada her bir alternatif yakınlık katsayılarına göre sıralanır. En yüksek C_i değerine sahip alternatif en iyi performansı gösteren alternatif olarak, en düşük C_i skoruna sahip alternatif ise en kötü performansı gösteren alternatif olarak değerlendirilir.

4. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama bölümünde AB üyesi 27 ülke ile üyeliğe aday 6 ülke olmak üzere toplam 33 ülkenin karşılaştırmalı performansının

bütünleşik Entropi Ağırlık-TOPSIS yöntemiyle ölçülmesi amaçlanmaktadır. İki aşamalı uygulamanın ilk aşamasında performans kriterleri Entropi Ağırlık tekniğiyle ağırlıklandırılacaktır. İkinci aşamada ise söz konusu ağırlıklar TOPSIS yönteminin üçüncü adımı olan ağırlıklandırılmış normalize matrisin hesaplanmasında kullanılacak ve buna göre ilgili 33 ülke performanslarına göre sıralanacaktır. Bu kapsamda, ilk olarak performans değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

4.1. Örneklem ve Veri

Ulusal Ar-Ge organizasyonlarında performans ölçümü, ilgili karar birimlerinin birçok hedefine karşılık gelen çok sayıda çıktı kriterinin değerlendirilmesini ve karar vericilere doğru ve gerekli bilgiler sağlanmasını gerektirdiğinden oldukça karmaşık bir iştir (Banwet ve Deshmuk, 2008: 371). Ar-Ge organizasyonlarının performans ölçümünde en problemlili boyutlardan biri uygun ölçütün seçilmesi yanında diğer organizasyonlarla karşılaştırma yapacak doğru standartların belirlenmesidir. Diğer önemli bir zorluk ise Ar-Ge sürecinin katkısının (çıkıtısının) tanımlanarak, sürecin başlangıç aşaması ve çıktının elde edilmesi arasında geçen sürenin belirlenmesidir (Ojanen ve Vuola, 2006: 280). Bunların yanında Ar-Ge faaliyetlerinin belirsizlik, dışsallık ve endüstriye bağımlılık gibi özellikleri nedeniyle yüksek teknoloji (hi-tech) şirket yöneticilerinin performans değerlemesi yaparken daha çok tecrübelerini kullandıkları görülmektedir (Chen ve Lin, 2006: 51).

Literatürde Ar-Ge performansı ile ilgili çalışmalarda kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri çoğunlukla aynıdır. Girdi olarak genelde araştırmacı sayısı veya Ar-Ge personeli sayısı işgücü faktörü olarak, Ar-Ge harcamaları veya Ar-Ge yoğunluğu ise sermaye faktörü olarak ele alınmaktadır (Werner and Souder, 1997). Bunların yanında, doktoralı kişi sayısı ve teknolojik harcama miktarı (technology balance of payments: payments) sık kullanılan girdi değişkenleri arasındadır (Lee ve Park, 2005: 209). Çıktı değişkenleri kapsamında ise, Ar-Ge yatırımlarının geri dönüş göstergesi olarak, birkaç istisna dışındaki tüm çalışmalarda patent sayısı veya patent/Ar-Ge oranı kullanılmaktadır. Patente dayalı göstergeler, ilgili ülkenin teknolojik buluşlarının bir ölçüsü olmakla beraber, bir fikri mülkiyet ofisi tarafından tescil edilen patent sayısı kriteri başvurularda ev sahipliği avantajı gibi nedenlerle özellikle karşılaştırmalı performans ölçümlerinde yanlı olmaya eğilimlidir. Bu nedenle uluslararası karşılaştırmalarda genelde *patent aileleri* (patent family) kullanılmaktadır. Patent ailesi kavramı tek bir buluşu korumak amacıyla çeşitli ülkelerden alınan patentler olarak tanımlanmaktadır (OECD, 2001: 60). OECD tarafından derlenen patent ailesi verileri, Avrupa Patent Ofisi (EPO), Amerikan Patent ve Marka Ofisi

(USPTO) ve Japon Patent Ofisi (JPO)' ne yapılan patent başvurularını kapsamaktadır. Ancak patentler tek başına bir organizasyonun Ar-Ge çalışmalarının çıktısını temsil edemeyeceğinden farklı değişkenler de dikkate alınmalıdır (Tsai, 2005: 798). Bilimsel ve teknolojik makale sayısı, teknolojik gelir miktarı (technology balance of payments: receipts) ile geliştirilen yeni ürün sayısı çalışmalarda en çok kullanılan diğer çıktı faktörleridir (Lee ve Park, 2005: 209). Bunun yanında özellikle firma bazında toplam satış tutarları da sıkça kullanılan çıktı değişkenlerinden biridir (Wakelin, 2001: 1080). Literatür ve veri elverişliliği dikkate alınarak çalışmanın uygulama bölümü için belirlenen performans değerlendirme kriterleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Performans Kriterleri

Kriterler	Açıklama	Birimi
Ar-Ge Yoğunluğu	İlgili ülkede 2006-2008 yılları ortalaması olarak gayri safi Ar-Ge harcamalarının Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH) içindeki payı	(%)
Araştırmacı Sayısı	İlgili ülkede 2006-2008 yılları ortalaması olarak tam zamanlı eşdeğer araştırmacı sayısı	Adet
Yükseköğretim'deki Brüt Okullaşma Oranı	İlgili ülkede 2006-2008 yılları ortalaması olarak lisans ve lisansüstü öğrenci sayısının aynı yaş grubundaki nüfusa oranı	(%)
Yüksek-teknoloji İhracatı	İlgili ülkede yüksek-teknoloji malları ihracatından elde edilen gelir miktarı	Milyon dolar
Üçlü Patent Ailesi Sayısı	İlgili ülkede 2009 yılında EPO, USPTO ve JPO' ya yapılan patent başvuru sayısı	Adet
Bilimsel Yayın Sayısı	İlgili ülkede 2009 yılında temel bilimler, mühendislik, klinik tıp, biyomedikal araştırma ile yer ve uzay bilimleri alanlarında yayımlanan makale sayısı	Adet

Ar-Ge performans ölçümünde tartışmalı noktalardan biri de Ar-Ge girdilerinin çıktılara dönüşümünde geçen sürenin (*lag effect*) belirlenmesi konusudur. Bu konu üzerinde literatürde görüş birliği henüz sağlanmamakla beraber uygulamada genellikle üç ile beş yıl arasında bir sürenin benimsendiği görülmektedir (Graves ve Langowitz, 1996; Wang ve Huang, 2007). Bu çalışmada ise Ar-Ge yoğunluğu, Araştırmacı Sayısı ve Yükseköğretim'deki brüt okullaşma oranı kriterleri girdi değişkenleri olarak ele alınmış ve bu üç indeks için 2006, 2007 ve 2008 yıllarını kapsayan verilerin ortalama değerleri kullanılmıştır. Tablo 1' de yer alan diğer üç kriter ise çıktı faktörleri olarak kabul edilerek uygulamada 2009 yılı verileri esas alınmıştır. Ülkelerin Ar-Ge yoğunluğu verileri ile Yükseköğretim'deki brüt okullaşma oranı verileri UNESCO'nun (www.unesco.org) ve AB ülkeleri ile ilgili istatistikî bilgiler derleyen Eurostat'ın internet sitesinden (www.ec.europa.eu/eurostat), araştırmacı sayısı ve üçlü patent ailesi sayısı

verileri OECD'nin internet sitesinde (www.oecd.org) yayımlanan Temel Bilim ve Teknoloji Göstergeleri (Main Science and Technology Indicators) veritabanından, bilimsel makale sayıları ve yüksek-teknoloji ihracat gelirleri Dünya Bankası'nın internet sitesinde (www.worldbank.org) yayımlanan Dünya Gelişim Göstergeleri (World Development Indicators) veritabanından derlenmiştir. Söz konusu verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Performans Kriterlerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Kriter	Ortalama	Std. Sapma	Maksimum	Minimum
Ar-Ge Yoğunluğu	1,37	0,915	3,59	0,2
Araştırmacı Sayısı	46325	72797	291047	518
Yükseköğretim'deki Brüt Okullaşma Oranı	58,31	18,30	94,15	10,44
Yüksek-Teknoloji İhracatı	15136	29300	139961	40376
Üçlü Patent Ailesi Sayısı	428	1071,44	5625	2
Bilimsel Yayın Sayısı	7867	12367,88	45649	11

4.2. Entropi Tekniğiyle Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Belirlenen altı adet performans kriterinin Entropi Ağırlık yöntemiyle ağırlıklandırılması amacıyla eşitlik (1-3) kullanılarak düzenlenen karar matrisi normalize edilmiştir. Normalizasyon işleminde girdi faktörleri maliyet kriterine (eşitlik 3) göre çıktı faktörleri ise fayda kriterine göre (eşitlik 3) standardize edilmiştir. Entropi tekniğinin yukarıda bahsedilen diğer aşamaları uygulandıktan sonra elde edilen kriterlerin Entropi (e_j) ve Entropi Ağırlık (w_j) ağırlıkları Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Kriterlerin Entropi Skorları ve Entropi Ağırlıkları

Kriterler	Ar-Ge Yoğunluğu	Araştırmacı Sayısı	Yük. Öğr. Brüt Okul. Oranı	Yük. Tek. İhracatı	Üçlü Patent Ailesi Sayısı	Bilimsel Yayın Sayısı
e_j	0,928	0,691	0,957	0,693	0,572	0,748
w_j	0,051	0,219	0,031	0,218	0,303	0,179

Tabloya göre en yüksek Entropi ağırlığına sahip kriter olan üçlü patent sayısı (0,303) en önemli performans kriteri olarak değerlendirilebilir. Aynı şekilde araştırmacı sayısı indeksi (0,219) ise ikinci en önemli kriterdir. Söz konusu bu iki kriterin Ar-Ge performansı bakımından rekabetin en yoğun yaşandığı alanlar olduğu yorumu yapılabilir. Buna göre Entropi (e_j) değeri en yüksek kriter olan yüksek öğrenimdeki brüt okullaşma oranı en

düşük ağırlığa sahip olduğundan (0,031) örneklem kapsamındaki ülkeler arasında rekabetin en az olduğu kriter olarak kabul edilir.

4.3. TOPSIS Tekniğiyle Performans Ölçümü

Uygulamanın ikinci aşamasında ilgili 33 ülkenin Ar-Ge performansı TOPSIS yöntemiyle ölçülmüştür. Bu amaçla düzenlenen karar matrisi eşitlik (9-10) kullanılarak normalize edildikten sonra eşitlik (13-16) yardımıyla performans kriterlerinin pozitif ve negatif ideal çözüm noktaları ve eşitlik (17-18) kullanılarak ilgili ülkelerin bu noktalara olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Son adımda ise eşitlik (19) yardımıyla her bir ülkenin ideal referans noktasına olan göreceli yakınlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen yakınlık skorları ve ülkelerin bu skorlara göre yapılan üstünlük sıralaması Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Ülkelerin Yakınlık Skorları Ve Performans Sıralaması

Ülkeler	Yakınlık Skorları	Performans Sıralaması	Ülkeler	Yakınlık Skorları	Performans Sıralaması
Almanya	0,7125	1	Letonya	0,2825	17
Avusturya	0,2807	20	Litvanya	0,2800	21
Belçika	0,2928	5	Lüksemburg	0,2847	13
Bulgaristan	0,2783	23	Karadağ	0,2851	12
Çek Cum.	0,2688	29	Kıbrıs Cum.	0,2851	10
Danimarka	0,2761	25	Macaristan	0,2828	15
Estonya	0,2827	16	Makedonya Cum.	0,2851	11
Finlandiya	0,2723	28	Malta	0,2855	9
Fransa	0,4585	2	Polonya	0,2450	32
Hırvatistan	0,2815	18	Portekiz	0,2644	30
Hollanda	0,3395	4	Romanya	0,2733	26
İngiltere	0,3566	3	Sırbistan	0,2790	22
İrlanda Cum.	0,2926	6	Slovakya Cum.	0,2781	24
İspanya	0,2168	33	Slovenya	0,2812	19
İsveç	0,2907	7	Türkiye	0,2534	31
İtalya	0,2863	8	Yunanistan	0,2732	27
İzlanda	0,2830	14			

Ülkelerin yakınlık skorlarına göre Almanya, Fransa, İngiltere ve Hollanda sırasıyla en iyi Ar-Ge performansını gösteren ülkeler olarak değerlendirilmektedir. Bu dört ülke Entropi uygulaması sonucu en önemli üç kriter olarak değerlendirilen üçlü patent sayısı ve araştırmacı sayısı ve ileri teknoloji ihracatı verileri en yüksek olan ülkelerdir. Diğer ülkeler içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Uygulama sonuçlarına göre Entropi Ağırlık

yöntemiyle TOPSIS yönteminin bütünleşik kullanımının tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir.

5. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada iki aşamalı Entropi Ağırlık-TOPSIS yöntemiyle Avrupa Birliğine üye ve aday statüsündeki 33 ülkenin Ar-Ge performanslarının ölçümü yapılmıştır. Uygulama sonucunda çalışmada kullanılan bütünleşik yöntemin aşağıda belirtilen avantajlara sahip olduğu düşünülmektedir.

1. Uygulanan melez modelin değerlendirme nesnelerini (alternatifleri) performans açısından ayırabilme ve sıralama yeteneğine sahip olduğu ve uygulayıcılara rasyonel ve tatmin edici sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır.
2. Performans değerlendirme indeks ağırlıklarının Entropi Ağırlık tekniğiyle hesaplanmasıyla diğer ağırlık belirleme tekniklerinin subjektiflik ve karmaşıklık gibi dezavantajlı yönlerinden kaçınılmıştır.
3. Uygulanan melez model, bu çalışmada olduğu gibi tek boyutlu indeks yapılarının yanında karmaşık çok boyutlu indeks yapılarını değerlendirme amacıyla da kullanılabilir bir yöntemdir.
4. Entropi Ağırlık tekniğiyle TOPSIS tekniğinin birbiriyle tutarlı sonuçlar vermesi bu iki yöntemin bütünleşik kullanımının performans ölçümü ve ÇKKV problemlerinde uygulanabilecek pratik bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan performans kriterlerinin ilgili ülkelerin Ar-Ge performansını bütün boyutlarıyla yansıttığı iddia edilemez. Bu nedenle gelecek çalışmalarda, çalışmada kullanılan finansal göstergeler dışında başka kriterler kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca karar vericilerin subjektif yargılarını dikkate almak amacıyla uygulanan bütünleşik yöntem bulanık (fuzzy) bir model olarak geliştirilebilir. Bunun yanında, diğer ÇKKV teknikleri yardımıyla Ar-Ge performansı ölçülebilir.

KAYNAKÇA

- Aydoğan, E. K. (2011), Performance Measurement Model For Turkish Aviation Firms Using the Rough-AHP and TOPSIS Methods Under Fuzzy Environment, *Expert Systems With Applications*, 38: 3992–3998.
- Banwet, D.K. ve Deshmukh, S.G. (2008), Evaluating Performance of National R&D Organizations Using Integrated DEA-AHP Technique, *International Journal Of Productivity and Performance Management*, 57(5): 37-388.

- Brenner, M.S. ve Rushton, B.M. (1989), Sales Growth and R&D in the Chemistry Industry, *Research Technology Management*, 8-15.
- Brown, W.B. ve Gobeli, D. (1992), Observations on the Measurement of R & D Productivity: A Case Study, *IEEE Transactions On Engineering Management*, 39 (4): 325-331.
- Chen, C. T., Lin, C.T. ve Huang, S.F. (2006). A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation And Selection in Supply Chain Management, *International Journal Of Production Economics*, 102, 289–301.
- Chen, T.Y. ve Li, C.H. (2010), Determining Objective Weights with Intuitionistic Fuzzy Entropy Measures: A Comparative Analysis, *Information Sciences*, 180 (21): 4207-4222.
- Dai, L., Wang, J. (2011), Evaluation Of The Profitability of Power Listed Companies Based On Entropy Improved TOPSIS Method, *Procedia Engineering*, 15: 4728 – 4732.
- Ellis, L. W. (1980), Optimum Research Spending Reexamined, *Research Management*, 22-24.
- Eric, C., Lin, C. T. ve Huang, S. F. (2007), Relative Efficiency Of R&D Activities: A Cross-Country Study Accounting For Environmental Factors In The DEA Approach, *Research Policy*, 36 (2007): 260–273.
- Eurostat (2012), *Science, Technology and Innovation*, [Http://Epp.Eurostat.Ec.Europa.Eu/Portal/Page/Portal/Science_Technology_Innovation/Data/Main_Tables](http://Epp.Eurostat.Ec.Europa.Eu/Portal/Page/Portal/Science_Technology_Innovation/Data/Main_Tables), (11 Temmuz 2012).
- Gilman, J. J. (1978), Stock Price and Optimum Research Spending, *Research Management*, 34-36.
- Graves, S.B. ve Langowitz, N.S. (1996), R&D Productivity: A Global Multi-Industry Comparison, *Technology Forecasting and Social Change*, 53 (2), 125–137.
- Griliches, Z. (1986), Productivity, R&D And Basic Research At The Firm Level in the 1970s, *NBER Chapters, in: R&D And Productivity: The Econometric Evidence*, National Bureau Of Economic Research, ABD.
- Hashimoto, A. ve Haneda, S. (2008), Measuring the Change in R&D Efficiency Of The Japanese Pharmaceutical Industry, *Research Policy*, 37:1829-1836.
- Hwang, C.L., ve Yoon, K. (1981), Multiple Attribute Decision Making: Method and Application. New York: Spring-Verlag.
- Kahraman, C., Engin, O., Kabak, O. ve Kaya, I. (2009), Information Systems Outsourcing Decisions Using A Group Decision-Making Approach, *Engineering Applications Of Artificial Intelligence*, 22, 832–841.
- Kaya, T. ve Kahraman, C. (2011), Multi Criteria Decision Making in Energy Planning Using A Modified Fuzzy TOPSIS Methodology, *Expert Systems With Applications*, 38: 6577–6585.

- Kelemenis, A., Ergazakis, K., ve Askounis, D. (2011), Support Managers' Selection Using An Extension Of Fuzzy TOPSIS, *Expert Systems With Applications*, 38:2774–2782.
- Krohling, R. A. ve Campanharo, V.C. (2011), Fuzzy TOPSIS For Group Decision Making: A Case Study For Accidents With Oil Spill in The Sea, *Expert Systems With Applications*, 38: 4190–4197.
- Lazzarotti, V., Manzini, R. ve Mari, L. (2011), A Model For R&D Performance Measurement, *International Journal Of Production Economics*, 134(1): 212-223.
- Lee, H., Kim M.S., Yee, S.R. ve Choe, K. (2011), R&D Performance Monitoring, Evaluation and Management System: A Model And Methods, *International Journal Of Innovation And Technology Management*, 8(2): 295–313.
- Lee, H. ve Park, Y. (2005), An International Comparison Of R&D Efficiency: DEA Approach, *Asian Journal Of Technology Innovation*, 13(2):207-222.
- Lee, M., Son, B. ve Om, K.(1996), Evaluation Of National R&D Projects in Korea, *Research Policy*, 25 (5): 805–818.
- Li, X., Wang, K., Liu, Xin, J.,Yang, H. ve Gao, C. (2011), Application Of The Entropy Weight And TOPSIS Method in Safety Evaluation Of Coal Mines, *Procedia Engineering*, 26: 2085 – 2091.
- Mon, D.L. Cheng, C.H. ve Lin, J.C. (1994), Evaluating Weapon System Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process Based On Entropy Weight, *Fuzzy Sets And Systems*, 62(2): 127–134.
- Morbey, G.K. (1988), R&D: It's Relationship to Company Performance, *Journal of Product Innovation Management*, 5(3): 191-200.
- Morbey, G.K. ve Reithner, R.M. (1990), How R&D Affects Sales Growth, Productivity And Profitability, *Research Management*, S.11-14.
- OECD (2001), *Science, Technology and Industry Scoreboard, Towards A Knowledge-Based Economy*, OECD Publications Service, Fransa.
- Ojanen, V. ve Vuola, O. (2005), Coping with the Multiple Dimensions of R&D Performance Analysis, *International Journal Of Technology Management*, 33(2): 279-290.
- Peng, Y., Wang, G., Kou, G. ve Shi, Y. (2011), An Empirical Study Of Classification Algorithm Evaluation For Financial Risk Prediction, *Applied Soft Computing*, 11:2906–2915.
- Seyyah, T. (2007), *Büyük Ölçekli Şirketlerde Yapılan Ar-Ge Çalışmaları ve Patent/Faydalı Model Korumasının Önemi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Shannon, C.E. (1948), A Mathematical Theory Of Communication, *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.

- Shemshadi, A. Shirazi, H. Toreihi, M. ve Tarokh, M.J. (2011), A Fuzzy VIKOR Method For Supplier Selection Based On Entropy Measure For Objective Weighting, *Expert Systems With Applications*, 38(10): 12160-12167.
- Shih, H. S. (2008), Incremental Analysis For MCDM With An Application To Group TOPSIS, *European Journal Of Operational Research*, 186: 720–734.
- Sjolander, S. ve Oskarsson, C. (1995), Diversification: Exploiting The Flow of Technology: A Swedish Comparison, *International Journal Of Technology Management*, 10 (1):21-30.
- Tsai, K.H. (2005), R&D Productivity and Firm Size: A Nonlinear Examination, *Technovation*, 25: 795–803.
- UNESCO (2012), *Public Reports: Education*,
<http://Stats.Uis.Unesco.Org/Unesco/Tableviewer/Tableview.aspx?Reportid=2656>, (10 Temmuz 2012).
- Wakelin, (2001), Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms, *Research Policy*, 30: 1079–1090.
- Wallin, C. C. ve Gilman, J.J. (1986), Determining Optimum Level for R&D Spending, *R&D Management*, 29 (5): 19-24.
- Wang, E. ve Huang, W. (2007), Relative Efficiency Of R&D Activities: A Cross-Country Study Accounting For Environmental Factors in The DEA Approach, *Research Policy*, 36: 260-273.
- Wang, T. C. ve Lee, H. D. (2009), Developing A Fuzzy TOPSIS Approach Based On Subjective Weights And Objective Weights, *Expert Systems With Applications*, 36: 8980–8985.
- Werner, B.M. ve Souder, W.E. (1997), Measuring R&D Performance – State Of The Art, *Research Technology Management*, 40(2): 34–42.
- Worldbank (2012), *World Development Indicators*,
[http://Search.Worldbank.Org/Data?Qterm=Article&_Topic_Exact\[\]=Science+%26+Technology](http://Search.Worldbank.Org/Data?Qterm=Article&_Topic_Exact[]=Science+%26+Technology), (13 Temmuz 2012).
- Wu, Z., Sun, J., Liang, L. ve Zha, Y. (2011), Determination Of Weights For Ultimate Cross Efficiency Using Shannon Entropy, *Expert Systems With Applications*, 38:5162–5165.
- Yari, G. ve Chaji, A.R. (2012), Maximum Bayesian Entropy Method For Determining Ordered Weighted Averaging Operator Weights, *Computers & Industrial Engineering*, 63(1): 338-342.
- Yousefi, A., ve Hadi-Vencheh, A. (2010), An Integrated Group Decision Making Model And Its Evaluation By DEA For Automobile Industry, *Expert Systems With Applications*, 37: 8543–8556.
- Yue, Z. (2011), An Extended TOPSIS For Determining Weights Of Decision Makers With Interval Numbers, *Knowledge-Based Systems*, 24: 146–153.

- Zhang,H., Gu, C., Gu, L. ve Zhang, Y. (2011), The Evaluation Of Tourism Destination Competitiveness By TOPSIS & Information Entropy E A Case In The Yangtze River Delta Of China, *Tourism Management*, 32: 443-451.
- Zhang, A., Zhang, Y. ve Zhao, R. (2003), A Study Of The R&D Efficiency And Productivity Of Chinese Firms, *Journal Of Comparative Economics*, 31: 444-464.
- Zhengyuan,J .,Chunmei, W., Zhiwei, H. ve Gang,Z. (2011), Evaluation Research Of Regional Power Grid Companies' Operation Capacity Based On Entropy Weight Fuzzy Comprehensive Model, *Procedia Engineering*, 15: 4626-4630.
- Zif, J., McCarthy, D. ve Israeli, A. (1990), Characteristics Of Business With High R&D Investment, *Research Policy*, 19: 435-445.
- Zou, Z., Yun, Y. ve Sun, J. (2006), Entropy Method For Determination Of Weight Of Evaluating Indicators In Fuzzy Synthetic Evaluation For Water Quality Assessment, *Journal Of Environmental Sciences*, 18(5): 1020-1023.

