

BÜTÜNLEŞİK VZA VE LINMAP İLE TÜBİTAK DESTEKLİ BİLİM MERKEZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Selen AVCI^{1*}, Burcu ÖZCAN², Zerrin ALADAĞ³

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-7433-5696>

²Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-0820-4238>

³Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-5986-7210>

Anahtar Kelimeler	Öz
Bilim merkezi Veri zarflama analizi (VZA) LINMAP Okul dışı öğrenme	Günümüzde bilim merkezleri (BM), bir okul dışı öğrenme ortamı olarak eğitim ve öğretim alanında tamamlayıcı bir yere sahiptir. Bilim ve gerçek dünya arasında bağlantı kurarak ziyaretçilerin bilime olan bakış açısını değiştirmeyi amaçlayan BM'ler hem dünyada hem de ülkemizde giderek daha ilgi çekici hale gelmektedir. Ülkemizde Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumunun (TÜBİTAK) desteğiyle faaliyete geçen BM'ler Konya Bilim Merkezi, Kocaeli Bilim Merkezi, Kayseri Bilim Merkezi, Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi, Elazığ Bilim Merkezi ve Bilim Üsküdar olmak üzere altı tanedir. Bu çalışmada, söz konusu BM'ler Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Çok Boyutlu Tercih Analizi için Doğrusal Programlama Tekniği (Linear Programming Technique For Multidimensional Analysis of Preferences - LINMAP) yöntemleri ile bütünsel olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle; "kuruluş gideri", "personel sayısı", "atölye sayısı" girdileri ve "atölye ziyaretçi sayısı" ve "ziyaretçi sayısı" çıktıları kullanılarak BM'lerin etkinlikleri hesaplanmıştır. Sonrasında, bulunan etkinliklerden yola çıkılarak ikili karşılaştırmalar yapılmış ve dokuz kriterden oluşan LINMAP modeli kurulmuştur. Söz konusu kriterler; "yüzölçüm", "kuruluş gideri", "personel sayısı", "atölye sayısı", "kalıcı tematik sergi galeri sayısı", "kalıcı sergi düzeneği sayısı", "giriş ücreti", "atölye ziyaretçi sayısı" ve "ziyaretçi sayısı"dır. Son olarak, LINMAP modeli duyarlılık analizi ile farklı koşullar altında incelenerek BM'ler sıralanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. VZA'ya göre en etkin BM Elazığ Bilim Merkezi iken LINMAP'e göre tutarlılık ve tutarsızlık arasındaki fark olan "h" parametresine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Artan "h" değerleri için sırasıyla Kocaeli Bilim Merkezi, Elazığ Bilim Merkezi ve Bilim Üsküdar öne çıkmıştır.

EVALUATION OF TUBITAK SUPPORTED SCIENCE CENTERS WITH DEA&LINMAP INTEGRATED METHOD

Keywords	Abstract
Science center Data envelopment analysis (DEA) LINMAP Informal education	Today, Science Centers (SC) have a complementary place in education as an out-of-school learning environment. SCs, which aim to change the perspective of visitors to science by linking science and the real world, are becoming more and more interesting both in the world and in our country. In our country, six SC came into activity with Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)'s cooperation. These are Konya SC, Kocaeli SC, Kayseri SC, Bursa Science and Technology Center, Elazig SC and Science Üsküdar. In this study, we evaluated these SCs as integrated with Data Envelopment Analysis (DEA) and Linear Programming Technique For Multidimensional Analysis of Preferences (LINMAP) methods. Firstly, we calculated the efficiency of the SCs by using the "establishment expense", "the number of staff", "the number of workshop" as inputs and "the number of workshop visitors" and "the number of visitors" as outputs. Then, based on the efficiency score, we made pairwise comparisons and established the LINMAP model consisting of nine criteria. These criteria are "area", "establishment expense", "number of staff", "number of workshop", "number of permanent thematic exhibition galleries", "number of permanent exhibition arrangements", "entrance fee", "number of workshop visitors" and "number of visitors". Finally, we analyzed the LINMAP model with sensitivity analysis under different conditions and sorted the SCs and interpreted the results. Elazig Science

* Sorumlu yazar; e-posta : selen.avci@kocaeli.edu.tr

Center has the highest efficiency score according to DEA. The sorting obtained from the LINMAP method varied depending on the h parameter. Kocaeli, Elazig and Üsküdar have become prominent according to increasing "h" values which is the difference between consistency and inconsistency.

Araştırma Makalesi		Research Article	
Başvuru Tarihi	: 22.06.2020	Submission Date	: 22.06.2020
Kabul Tarihi	: 08.10.2020	Accepted Date	: 08.10.2020

1. Giriş

Bilim merkezleri (BM) farklı yaş ve donanımdaki bireyleri bilimle buluşturarak, bilim ve teknolojiyi toplum için anlaşılır, eğlenceli ve ulaşılır duruma getiren, ziyaretçileri etkileşim ve deneme ile öğrenmeye teşvik eden, toplumun bilim ve teknolojiye bakışını olumlu yönde değiştirmeyi amaçlayan, uygulamalı etkinlikler içeren kurumlardır. BM'ler, heyecan verici çeşitli sergiler ve temalar ile ziyaretçilere doğal dünyada bilimi deneyimleme fırsatı sunduklarından informal öğrenme ortamları olarak kabul edilirler. Sergiler, düzenekler, atölyeler, etkinlikler, deney gösterileri ve çeşitli bilimsel aktiviteler ile örgün eğitim kurumlarında bulunamayacak olanaklara sahiptirler. BM'ler karmaşık bilimsel bilgileri, toplumun kolayca anlayabileceği şekillerde sunarak küresel ve toplumsal olaylara dair farkındalık oluşturma amacı da taşırlar (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2019). Örgün eğitim müfredatında yer alan birçok konuyu uygulamalı olarak görme fırsatı sunan BM'ler özgün yapılarıyla son yıllarda giderek popüler olmuşlardır (Çığırık, 2016).

Dünyada, 1900'lü yıllarda bilim müzeleri ile ilgili oluşumlar görülse de günümüzdeki anlamıyla BM'ler 1960'lı yıllarda ortaya çıkmış ve kuruldukları bölgelerde ilgi odağı olmuşlardır. Türkiye'de ilk BM 1993 yılında açılmıştır (Hülagü, 2018). Bugün itibariyle ise 20 adet BM mevcuttur (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2020). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) bilim kültürünün yaygınlaşması için oldukça kritik bir role sahip olacağı öngörüsü ile BM'lerin kurulması ve zamanla yaygınlaştırılması hedefi doğrultusunda 2008 yılında ilk çağrıya çıkmıştır. Ayrıca, 2023 yılı itibariyle tüm illere bir BM kurulması için yerel yönetimlerle işbirliği içinde olacağını bildirmiştir. Sonuç olarak; TÜBİTAK desteği ile 2012 yılında Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi, 2014 yılında Konya Bilim Merkezi ve Kocaeli Bilim Merkezi, 2015 yılında Elazığ Bilim Merkezi, 2016 yılında Kayseri Bilim Merkezi ve 2018 yılında Bilim Üsküdar kurulmuştur.

Kısıtlı kamu kaynaklarından faydalanılarak topluma çeşitli hizmetler sunulmaktadır (Doğan ve Gencan, 2014). BM'ler de ağırlıklı olarak kamu kaynakları ve ziyaretçilerden sağlanan gelirlerle -kâr amacı gütmeyen- toplum yararına faaliyette bulunan kuruluşlardır. Ancak BM'ler misyonlarını istenen düzeyde gerçekleştirebilmek için finansal

sürdürülebilirliklerini sağlamak durumundadırlar. BM'lerin gerçekleştirdikleri faaliyetler sırasında kaynakların etkin kullanılması ve sınırlı bütçe ile ellerinde bulunan çeşitli girdileri en optimal düzeyde kullanmaları daha çok kişiye hizmet vermelerini ve dolayısıyla topluma sağladığı faydaları arttıracaktır. Bu nedenle mevcut kaynaklarının etkin kullanılıp kullanılmadığının ya da ne ölçüde etkin kullanıldığının bilinmesi oldukça önemlidir.

BM'lerin sıralanması ve etkinliklerinin değerlendirilmesinde göz önüne alınacak kriterler karar probleminin yapısı göz önüne alındığında oldukça fazla olabilir. Gerçek hayata dair bu tür karar problemlerinin çözümü için literatürde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler; kullandıkları girdilerin türü, sayısı ve girdileri çıktılara dönüştürmek için kullanılan formülasyona göre birbirlerinden ayrılır (Kashef, Safari, Maleki ve Cruz-Machado, 2018). ÇKKV yöntemlerinden biri de 1973 yılında V. Srinivasan ve Allan D. Shocker tarafından çok boyutlu analiz için geliştirilmiş Çok Boyutlu Tercih Analizi İçin Doğrusal Programlama Tekniği (Linear Programming Technique For Multidimensional Analysis of Preferences - LINMAP)'dir. LINMAP, çok ölçütlü grup kararları için iyi sonuçlar verir ve çoğunlukla karar vericinin tercihlerine dayanan ideal bir noktanın koordinatlarını tahmin etmek için kullanılan bir doğrusal programlama modelidir. Bu yöntemde ağırlıklar, belirtilen karar matrisi içinde çok boyutlu uzayda bulunur (Srinivasan ve Shocker, 1973). Veri Zarflama Analizi (VZA) ise birbirine benzer mal veya hizmet üreten Karar Verme Birimlerinin (KVB) nispi etkinliklerini ölçmek için geliştirilmiş parametrik olmayan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. 1957 yılında Farrell tarafından önerilen sınır analizini temel alan Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilmiş ve kar amaçlı olan veya olmayan birçok kurumun etkinlik analizinde kullanılmıştır (Deveci Kocakoç, 2003).

Bu çalışmada, verilerine güvenilir bir şekilde erişilebilmiş olması ve kapsam, konsept ve sahip olunan imkanlar bakımından birbirlerine benzer olmaları nedeniyle TÜBİTAK destekli kurulmuş 6 BM değerlendirme kapsamına alınmıştır. Söz konusu BM'ler VZA ve LINMAP yöntemleri ile sıralanmıştır. 3 girdi ve 2 çıktı kullanılarak oluşturulan VZA modeli ile BM'lerin etkinlikleri hesaplanmış ve etkin olan-olmayan BM'ler tespit edilerek kuruluşların yöneticilerine yol

göstermek amaçlanmıştır. Karar matrisinde daha fazla değişken olmasına rağmen; literatürde VZA için önerilen değişken ve KVB sayısı ilişkisinin korunabilmesi için bazı değişkenler modele dâhil edilmemiştir. Modele hangi değişkenlerin dahil edileceği ise uzman görüşü ile belirlenmiştir. VZA ile elde edilen sonuçlar LINMAP için girdi olarak kullanılmıştır. LINMAP yönteminin ilk adımı, karar vericinin alternatifleri ikili karşılaştırmasıdır. Bu karşılaştırmalar VZA ile elde edilen sonuçlar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Böylece iki yöntem bütünleşik olarak kullanılarak subjektif yargılardan olabildiğince kaçınmak amaçlanmıştır. Ayrıca LINMAP modelinde yer alan subjektif bir parametre olan "h" için farklı değerler atanarak model birkaç kez çalıştırılmış ve sonuca etkisi yorumlanmıştır. Çalışmanın devamında sırasıyla bilimsel yazın taraması, kullanılan yöntemler, bulgular, tartışma ve sonuçlar sunulmuştur.

2. Bilimsel Yazın Taraması

LINMAP ile VZA'nın hibrit olarak kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmadığından bu bölümde LINMAP ile ilgili literatür özeti sunulmuştur.

Li (2008) LINMAP modelini Atanassov'un sezgisel bulanık ortamında kullanarak yeni bir metodoloji geliştirmiştir. Atanassov'un sezgisel bulanık pozitif ideal çözümüne ve tutarlılık ve tutarsızlık endekslerine dayanan yeni bir doğrusal programlama modeli kurmuştur. Çalışmanın sonunda uygulama sürecini göstermek için sayısal bir örnek olarak hava savaşı seçimi problemi incelenmiştir. Önerilen metodolojinin hem bulanık hem de net ortamlardaki karar problemleri için iyi sonuç vereceği gösterilmiştir. Bereketli, Erol, Albayrak ve Ozyol (2011) geliştirdikleri bulanık LINMAP modeli ile elektrikli ve elektronik cihazlar için atık arıtma stratejilerini değerlendirilerek seçmişlerdir. Üç alternatif ve sekiz kriter ile kurulan modelde en iyi alternatif atık elektrikli ve elektronik ekipmanların yeniden kullanım ve geri dönüşüm yöntemleriyle işlenmesi olarak tespit edilmiştir. Hajiagha, Hashemi, Zavadskas ve Akrami (2013) belirsizlik altındaki karar verme sorunlarının üstesinden gelebilmek için gri sayıları kullanarak yeni bir LINMAP modeli geliştirmiştir. Modele göre, orijinal LINMAP yöntemine benzer olarak gri ideal çözüm ve ağırlık vektörü belirlenir ve alternatifler belirlenen ideal noktadan uzaklıklarına göre sıralanır. Önerilen yöntem, iki sayısal vaka üzerinde test edilmiştir. Küçük bir işletme için hedef pazarların önceliklendirilmesi ve 4 finansal özelliğe göre 15 banka şubesinin sıralanması problemlerinde model başarılı sonuçlar vermiştir. Wan ve Li (2013) LINMAP yöntemini sezgisel bulanık kümeler ve trapezoidal bulanık sayıları kullanarak genişletmiş ve sezgisel bulanık tutarlılık ve tutarsızlık endekslerine dayanarak yeni bir bulanık matematiksel programlama modeli önermiştir. Çalışmada önerilen

yöntemin geçerliliğini ve uygulanabilirliğini göstermek için bir tedarikçi seçim örneği sunulmuştur. Sonuç olarak birçok alanda özellikle karar vericinin kararsızlık derecelerinin arttığı durumlarda uygulanabilir olduğu görülmüştür. Chen (2013) aralık değerli sezgisel bulanık küme çerçevesinde çok kriterli grup karar verme problemlerini ele almak için genişletilmiş bir LINMAP yöntemi geliştirmiştir. Önerilen yöntemin uygulanabilirliği lisansüstü öğrenci kabulü ile ilgili bir problem üzerinde test edilmiştir. Rahimi ve Bashmani (2014) doğalgaz projelerindeki risk yönetimi değerlendirmesi ve mühendislik teknik değerlerinin sonuçlarının önceliklendirilmesi problemi için LINMAP yöntemini kullanmıştır. Qin, Liu ve Pedrycz (2016) hem niteliksel hem niceliksel kriterler içeren tedarikçi seçim problemini çözmek için tip-1 bulanık kümelerin yetersiz kaldığı düşüncesiyle LINMAP modelini aralık tip-2 bulanık ortamda çalışmıştır. Önerilen yöntemin kullanılabilirliğini göstermek için yeşil tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Sanal girişim günümüzün rekabet gücü yüksek pazarlarında giderek artan bir eğilim haline gelmiştir. Bu girişimin oluşum aşamasında iş ortağı seçmek oldukça önemli bir karardır. Dong ve Wang (2017) trapezoidal bulanık sayılar ile TOPSIS ve LINMAP yöntemlerini beraber kullanarak hibrit bulanık bir model formüle etmiştir. Karar vericilerin ağırlık vektörü ise bağıl entropi kullanılarak elde edilmiştir. Örnek olarak ele alınan problem önerilen yöntemin etkinliğini göstermiştir. Taffahi ve Claudio (2020) LINMAP ve İkili Karşılaştırma Yöntemi (PCM) ile karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirmiştir. Yalnızca nicel veriler, yalnızca nitel veriler ve karma veriler içeren problemler incelenmiş ve nitel ve nicel verilerin hibrit olarak kullanıldığı problemlerde alternatiflerin sıralanmasının daha tutarlı olduğu bulunmuştur.

Gerçek hayat problemlerindeki belirsizliklerin karar süreçlerini zorlaştırması sebebiyle LINMAP literatürde çoğunlukla bulanık sayılar ile çalışılmıştır. Ancak bu çalışmada karar matrisinde hiçbir dilsel kriter olmadığından bulanık LINMAP kullanılmamıştır.

3. Yöntem

Bu çalışmada bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyulmuştur. Bölüm 3.1 ve 3.2'de çalışmada kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Veri Zarflama Analizi (VZA)

Veri Zarflama Analizi (VZA), birbirine benzer çıktılara sahip Karar Verme Birimlerinin (KVB) göreceli etkinliklerini ölçmek için geliştirilmiş doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. İlk olarak kamu kuruluşlarının etkinliklerini ölçmek için kullanılan bu yöntem sonrasında birçok farklı alanda uygulanmıştır (Behdioğlu ve Koca, 2009). Parametresiz bir yöntem

olduğundan herhangi bir analitik fonksiyona ihtiyaç duymadan sonuç üretebilmektedir.

Farrell, birbirine benzeyen birimleri karşılaştırarak, etkinlik bakımından göreceli olarak en iyi olanların sanal bir etkin sınır meydana getireceği ve bu sınırın altında kalanların ise etkin olmayacağı varsayımı ile birden çok girdi ve tek çıktıya sahip işletmelerin etkinliklerini ölçmüştür (Farrell, 1957). Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından ise CCR modeli adı altında doğrusal programlama tabanlı VZA geliştirilmiştir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978).

VZA'nın uygulanabilmesi için gerekli olan adımlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Adım 1. Karar verme birimlerinin (KVB) seçimi

VZA'da ilk adım nispi etkinlikleri belirlenecek olan ve birbirine benzer girdi ve çıktılar üreten Karar Verme Birimlerinin (KVB) tespit edilmesidir. Bu adımda KVB sayısı ile girdi ve çıktı sayısı arasındaki ilişki de dikkate alınmalıdır. Literatürde söz konusu ilişki için farklı görüşler bulunmaktadır. Boussofiene, Dyson ve Thanassoulis (1991), girdi sayısı m , çıktı sayısı da s ise en az $m+s+1$ tane KVB'nin araştırmanın güvenilirliği açısından gerekli olduğunu belirtmiştir. Boussofiene ve diğ. (1991) değerlendirilecek KVB sayısının, değişken sayısının en az iki katı olması gerektiğine dair bir görüşü de mevcuttur (Boussofiene, Dyson ve Thanassoulis, 1991; Özata ve Sevinç, 2010). Bu çalışmada yazarların ilk görüşleri dikkate alınmıştır.

Adım 2. Girdi ve çıktı kümelerinin seçilmesi

VZA kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda sonuçların kabul görmesi açısından girdi ve çıktı seçimi son derece önemlidir. Çalışmanın modeli kurulurken önemli bir değişkenin atlanması, bu değişkeni kullanan KVB'nin etkinliğinin düşük çıkmasına sebep olabilir. Bunun yanında, modele çok sayıda girdi ve çıktı eklenmesi, VZA'nın etkin ve etkin olmayan KVB'leri birbirlerinden ayırabilme yeteneğini azaltabilmektedir (Öncü ve Aktaş, 2007).

Adım 3. Veriye uygun modelin seçimi

KVB'lerin ve girdi-çıkıtı değişkenlerinin belirlenmesinin ardından etkinlik ölçümü aşamasına geçilir. Bu adımda en uygun VZA modelinin seçilmesi gerekmektedir. Literatürde VZA için pek çok model geliştirilmiştir. Modeller girdi ya da çıktı odaklı olarak uygulanabilir. Girdi odaklı modelde toplam girdi bileşimi en küçüklenmek istenirken; çıktı odaklı modelde ise toplam çıktı bileşimi en büyüklenmek istenir (Özkan ve Özcan, 2018). VZA'da ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında değerlendirme yapan CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) modeli ve ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımı altında değerlendirme gerçekleştiren BCC (Banker-Charnes-Cooper) modelleri temel modellerdir. CCR ve BCC modelleri ile değerlendirmeye alınan KVB'ler etkin ve etkin olmayan olarak ayrılmakta

ve etkin KVB'ler 1 değerini alırken etkin olmayan KVB'ler 0 ile 1 arasında herhangi bir değer almaktadır. Bu yöntemler ile etkin tüm KVB'lerin 1 değerini alması, etkin KVB'ler arasında bir sıralama yapılmasına engel olmaktadır. Bu nedenle etkin KVB'leri de sıralamak adına Andersen ve Petersen (1993) tarafından Süper Etkinlik (SE) modeli geliştirilmiştir. SE modeli hem CRS hem de VRS varsayımı altında çalışabilmektedir. (Andersen ve Petersen, 1993). CCR ve SE modeli Bölüm 3.1.1 ve 3.1.2'de kısaca açıklanmıştır.

Adım 4. Sonuçların yorumlanması

Model çözüldükten sonra elde edilen sonuçlar değerlendirilir ve gerekirse girdi-çıkıtı bileşimi gözden geçirilir. Etkinlik skorları büyükten küçüğe doğru sıralandığında etkin KVB'ler üst sıralarda yer alırken etkin olmayan KVB'ler son sıralarda yer alacaktır.

3.1.1 CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Modeli

Bu modelde etkinlik sınırı orijinden başlar ve etkin olan KVB'lerden geçen bir doğru ile gösterilir.

Girdi yönlü CCR modelinde θ^* etkinlik skoru olmak üzere;

$\theta^* = 1$ ise ve artıklar sıfırsa KVB etkindir;

$\theta^* < 1$ ise KVB etkin değildir.

s çıktı sayısı, m girdi sayısı, n ise KVB sayısı olmak üzere girdi yönlü primal ve dual CCR modelleri Eşitlik (1)'de gösterilmiştir:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Primal} & \text{Dual} \\
 \text{Maks} \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} & \text{Min } \theta_k \\
 \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \leq \theta_k X_{ik}, \\
 v_i X_{ij} \leq 0, & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk}, \\
 \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1, & \lambda_{jk} \geq 0 \\
 u_r \geq 0, v_i \geq 0 &
 \end{array} \quad (1)$$

Çıkıtı yönlü CCR modelinde θ^* etkinlik skoru olmak üzere;

$\theta^* = 1$ ise ve artıklar sıfırsa KVB etkindir;

$\theta^* > 1$ ise KVB etkin değildir.

Çıkıtı yönlü primal ve dual CCR modelleri Eşitlik (2)'de gösterilmiştir (Charnes vd., 1978):

$$\begin{array}{ll}
 \text{Primal} & \text{Dual} \\
 \text{Min} \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} & \text{Maks } Z_k \\
 \sum_i v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} & \sum_{j=1}^n \eta_{jk} X_{ij} \leq X_{ik}, \\
 u_r Y_{rj} \geq 0, &
 \end{array} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} &= 1, & Z_k Y_{rk} - \\ u_r \geq 0, v_i \geq 0 & & \sum_{j=1}^n \eta_{jk} Y_{rj} \leq 0, \\ & & \eta_{jk} \geq 0 \end{aligned}$$

3.1.2. Süper Etkinlik Modeli (SE)

SE modeli etkin olmayan KVB'ler ile birlikte etkin KVB'ler için de bir sıralama gerçekleştirmektedir. Temel mantığı değerlendirme altında olan etkin KVB'nin veri setinden çıkarılması ile var olan etkin sınırın kırılması ve yeni etkin sınırın oluşması üzerinedir. Eşitlik (3)'te girdi odaklı CRS varsayımı altında SE modeli yer almaktadır (Andersen ve Petersen, 1993).

$$\begin{aligned} \text{Min } \theta_0 \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j x_{ij} &\leq \theta_0 x_{i0} & i = 1, \dots, m \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{r0} & r = 1, \dots, s \\ \lambda_j &\geq 0, & j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{3}$$

3.2. Çok Boyutlu Tercih Analizi İçin Doğrusal Programlama Tekniği (Linear Programming Technique For Multidimensional Analysis of Preferences - LINMAP)

Literatürde sıklıkla kullanılan çoğu ÇKKV yönteminde ağırlık vektörü çözüm sürecinin başında verilir ve pozitif ideal çözüm ile negatif ideal çözüm direkt olarak karar matrisi kullanılarak elde edilebilir. Sonrasında pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir. Ancak LINMAP yönteminde ağırlık vektörü ve pozitif ideal çözüm önceden bilinmez. LINMAP metodu karar verici tarafından yapılan ikili karşılaştırmalara dayanır. İkili karşılaştırmalar ve karar matrisi bir doğrusal programlama modelinde parametre olarak kullanılarak ağırlık vektörü ve pozitif ideal çözüm elde edilir. LINMAP yöntemi adımları aşağıda açıklanmıştır.

- Adım 1. Karar verici alternatifleri ve kriterleri belirler.
- Adım 2. Karar verici alternatifler arasındaki tercih ilişkisini belirler. Olası tüm ikili karşılaştırmaları göz önünde bulundurarak kendine göre daha iyi olanı seçer.
- Adım 3. Her bir alternatif (X_j) tüm kriterlere göre (f_i) değerlendirilerek f_{ij}'ler belirlenir ve aşağıda gösterilen karar matrisi oluşturulur.

$$Y = (f_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nm} \end{pmatrix}$$

Adım 4. Karar matrisi üzerinde maksimum amaçlı kriterler için Eşitlik (4); minimum amaçlı kriterler için

Eşitlik (5) kullanılarak normalleştirme işlemi yapılır ve Eşitlik (6)'da verilen normalleştirilmiş karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\text{maks}f_{ij}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \tag{4}$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{\text{maks}f_{ij}}{f_{ij}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \tag{5}$$

$$R = (r_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \tag{6}$$

Adım 5. Aşağıda açıklandığı şekilde doğrusal programlama modeli oluşturulur.

Bir alternatifin ideal çözüm noktasına (X_i^{*}) uzaklığı (S_i) Öklid uzaklığı kullanılarak Eşitlik (7) ile hesaplanır.

$$S_i = \sum_{i=1}^m W_i (d(r_{ij}, X_i^*))^2 \quad \forall i \text{ için} \tag{7}$$

Sonrasında tutarlılık ve tutarsızlık ölçütleri hesaplanır. Örneğin karar verici X_k'yü X_l'ye tercih etmiş olsun. Bu durumda tutarsızlık ölçütü Eşitlik (8)'deki gibidir:

$$(s_l - s_k)^- = \begin{cases} 0 & , s_l \geq s_k \\ s_k - s_l, & s_l < s_k \end{cases} \tag{8}$$

$$(s_l - s_k)^- = \max\{0, s_k - s_l\}$$

Yine aynı şekilde karar verici X_k'yü X_l'ye tercih etmiş olsun. Bu durumda tutarlılık ölçütü Eşitlik (9)'daki gibidir:

$$(s_l - s_k)^+ = \begin{cases} s_l - s_k, & s_l \geq s_k \\ 0, & s_l < s_k \end{cases} \tag{9}$$

$$(s_l - s_k)^+ = \max\{0, s_l - s_k\}$$

Tutarsızlık ölçütü B; tutarlılık ölçütü G ile gösterilirse tutarlılık ve tutarsızlık arasındaki fark Eşitlik (10) ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} B &= \sum_{(k,l) \in \Omega} (s_l - s_k)^- = \sum_{(k,l) \in \Omega} \max\{0, s_k - s_l\} \\ G &= \sum_{(k,l) \in \Omega} (s_l - s_k)^+ = \sum_{(k,l) \in \Omega} \max\{0, s_l - s_k\} \\ G - B &= \sum_{(k,l) \in \Omega} (s_l - s_k)^+ - \sum_{(k,l) \in \Omega} (s_l - s_k)^- = \sum_{(k,l) \in \Omega} s_l - s_k \end{aligned} \tag{10}$$

G-B “h” gibi karar vericiye bağlı pozitif bir sayıya eşitlenirse model Eşitlik (11)’deki gibi olur.

$$\begin{aligned} \min B &= \sum_{(k,l) \in \Omega} \max\{0, s_l - s_k\} \\ \sum_{(k,l) \in \Omega} s_l - s_k &= h \end{aligned} \tag{11}$$

$\max\{0, s_k - s_l\} = Z_{kl}$ olsun. Herbir çift $(k,l) \in \Omega$ için aşağıdaki eşitlikler geçerlidir:

$$\begin{aligned} Z_{kl} &\geq 0 \\ Z_{kl} &\geq s_k - s_l \end{aligned}$$

Bu durumda model Eşitlik (12)’de gösterildiği gibidir.

$$\begin{aligned} \min &= \sum_{(k,l) \in \Omega} Z_{kl} \\ (s_l - s_k) + Z_{kl} &\geq 0, \quad \forall (k,l) \in \Omega \\ \sum_{(k,l) \in \Omega} (s_l - s_k) &= h, \quad Z_{kl} \geq 0, \forall (k,l) \in \Omega \end{aligned} \tag{12}$$

$(s_l - s_k)$ için Eşitlik (13) ve Eşitlik (14)’te gösterilen eşitlikler yazılabilir.

$$(s_l - s_k) = \sum_{j=1}^n w_j (X_{lj} - X_j^*)^2 - \sum_{j=1}^n w_j (X_{kj} - X_j^*)^2 \tag{13}$$

$$(s_l - s_k) = \sum_{j=1}^n w_j (X_{lj}^2 - X_{kj}^2) - 2 \sum_{j=1}^n w_j X_j^* (X_{lj} - X_{kj}) \tag{14}$$

$v_j = w_j X_j^*$ olmak üzere modelin son hali Eşitlik (15)’te gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \min &= \sum_{(k,l) \in \Omega} Z_{kl} \\ \sum_{j=1}^n w_j (X_{lj}^2 - X_{kj}^2) - 2 \sum_{j=1}^n v_j (X_{lj} - X_{kj}) + \\ Z_{kl} &\geq 0 \quad \forall (k,l) \in \Omega \\ \sum_{j=1}^n w_j \sum_{(k,l) \in \Omega} (X_{lj}^2 - X_{kj}^2) - \\ 2 \sum_{j=1}^n v_j \sum_{(k,l) \in \Omega} (X_{lj} - X_{kj}) &= h \\ w_j &\geq \varepsilon \end{aligned} \tag{15}$$

$$\sum w_j = 1$$

$$\begin{aligned} Z_{kl} &\geq 0 \quad \forall (k,l) \in \Omega \\ j &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

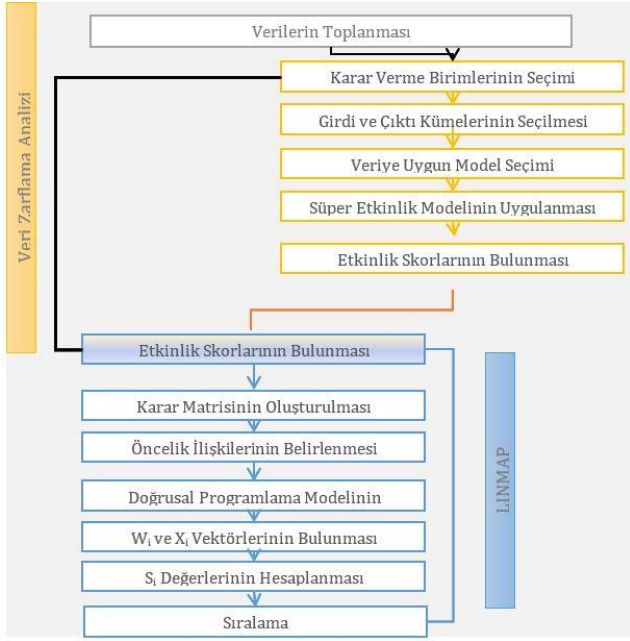
Adım 6. Model çözülerek W_i ve X_i^* vektörleri bulunur.

Adım 7. Her bir alternatif için Adım 6’da bulunan vektörler doğrultusunda S_i değerleri hesaplanır.

Adım 8. S_i ’nin atan değerlerine göre alternatifler hesaplanır. Böylece en iyi seçeneğten en kötü seçeneğe doğru bir sıralama yapılmış olur (Srinivasan ve Shocker, 1973).

4. Bulgular

Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama veri toplama aşaması olup veriler 2019 yılı TÜBA Bilim Merkezleri Değerlendirme Raporu’ndan alınmıştır (TÜBA, 2019). İkinci aşamada VZA yöntemi kullanılmıştır. VZA ile Konya, Kocaeli, Kayseri, Bursa, Elazığ ve Üsküdar’da bulunan bilim merkezlerinin etkinlik skorları elde edilmiştir. Üçüncü aşama olan LINMAP yönteminde karar verici öncelikle alternatifler arasındaki tüm ikili karşılaştırmaları göz önünde bulundurarak subjektif olarak daha iyi olanı seçer. Bu çalışmada söz konusu öncelik ilişkileri belirlenirken ikinci aşamada hesaplanan etkinlik skorları kullanılmış böylece daha rasyonel bir yaklaşım sunulmuştur. Son olarak LINMAP yöntemi ile bilim merkezlerinin sıralaması bulunmuştur. Böylece hem bir vaka çalışması ile metodoloji gösterilmiş hem de okul dışı öğrenme ortamı olarak son yıllarda oldukça ilgi çeken bilim merkezleri karşılaştırılmıştır. Şekil 1’de çalışmada kullanılan metodoloji görülmektedir.



Şekil 1. Metodoloji

Tablo 1

Veri Tablosu

Bilim Merkezi	Yüzölçüm (m ²)	Kuruluş Gideri (₺)	Personel Sayısı	Atölye Sayısı	Kalıcı Tematik Sergi Galeri Sayısı	Kalıcı Sergi Düzenegi Sayısı	Giriş Ücreti (₺)*	Atölye Ziyaretçi Sayısı**	Ziyaretçi Sayısı***
Konya Bilim Merkezi	100.000	142.122.562	64	171	6	148	16	11.096	308.909
Kocaeli Bilim Merkezi	18.650	76.757.180	32	12	4	158	0	2.782	174.748
Kayseri Bilim Merkezi	55.000	54.603.784	26	160	6	119	8	2.089	103.380
Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi	25.800	52.811.860	34	132	3	150	0	2.659	125.220
Elazığ Bilim Merkezi	6.400	3.189.762	20	50	1	65	0	4.375	76.450
Bilim Üsküdar	45.235	62.234.843	24	350	0	0	0	32.400	167.851

Kaynak: Türkiye Bilimler Akademisi Bilim Merkezleri Değerlendirme Raporu, 2019

* Anne, baba ve üç çocuktan oluşan aile dikkate alınmıştır.

**2019 yılı ilk 6 ay dikkate alınmıştır (bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr).

***2019 yılı ilk 11 ay dikkate alınmıştır.

Çalışmada kapsamında çıktı miktarlarına müdahale şansı bulunmadığı ve etkin KVB'ler de sıralanmak istendiği için girdi odaklı SE modeli uygulanmıştır. Ayrıca VRS varsayımı altında SE modeli etkin KVB'ler için olursuz çözümler üretebileceğinden CRS varsayımının kullanılması daha uygundur. Bunun yanında KVB sayısı ile değişken sayısı arasındaki ilişkinin korunması için problem yapısında önemli etkiye sahip olmadığı düşünülen veriler modele dâhil edilememiştir. Girdiler "kuruluş gideri, personel sayısı, atölye sayısı"; çıktılar ise "atölye ziyaretçi sayısı, ziyaretçi sayısı" olarak belirlenmiştir. EMS 1.3.0 paket programı ile elde edilen SE etkinlik skorları Tablo 2'de verilmiştir. SE modeline göre, Elazığ Bilim Merkezi,

Çalışmada kullanılacak veriler Tablo 1'de gösterildiği üzere; yüzölçüm, kuruluş gideri, personel sayısı, atölye sayısı, kalıcı tematik sergi galeri sayısı, kalıcı sergi düzenegi sayısı, giriş ücreti, atölye ziyaretçi sayısı ve ziyaretçi sayısıdır. Ziyaretçi sayısı ilgili BM'yi ziyaret eden toplam kişi sayısını; atölye ziyaretçi sayısı ise açılan bir atölyeye kayıt yaptırarak atölyedeki etkinliğe fiziksel olarak katılan ziyaretçi sayısını ifade etmektedir.

Kocaeli Bilim Merkezi ve Bilim Üsküdar etkin olup etkinlik skorları oldukça yüksektir. Bunları 0,722 etkinlik skoru ile Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi; 0,689 etkinlik skoru ile Kayseri Bilim Merkezi ve 0,677 etkinlik skoru ile Konya Bilim Merkezi takip etmektedir. Konya Bilim Merkezi yüksek kuruluş gideri ve personel sayısı nedeniyle ziyaretçi sayısı yüksek olmasına rağmen etkin olamamıştır. Elazığ Bilim Merkezi'nin etkin olmasında kuruluş giderinin diğer KVB'lere göre oldukça az olması etkili olmuş olabilir. Kocaeli Bilim Merkezi ise düşük atölye sayısına rağmen ziyaretçi sayısı bakımından Konya Bilim Merkezi'nden sonra 2. sırada yer almasıyla dikkat çekmektedir. Son olarak Bilim Üsküdar'ın yüksek atölye ziyaretçi sayısı ile ön plana çıktığı söylenebilir.

Tablo 2
SE Etkinlik Skorları

KVB	SE Etkinlik Skoru	KVB	SE Etkinlik Skoru
Konya Bilim Merkezi (1)	0,677	Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi (4)	0,722
Kocaeli Bilim Merkezi (2)	8,061	Elazığ Bilim Merkezi (5)	8,886
Kayseri Bilim Merkezi (3)	0,689	Bilim Üsküdar (6)	6,171

Uygulamanın ikinci aşamasında BM'ler LINMAP modeli ile sıralanacaktır. LINMAP modeli kurulurken karar verici tüm alternatifleri ikili olarak karşılaştırarak tercih

ilişkisi kümesini oluşturur. Bu çalışmada, söz konusu karşılaştırmalar yapılırken Tablo 2'de verilen etkinlik skorları göz önünde bulundurulmuştur.

$$\Omega = \{(2,6), (3,1), (4,3), (5,2), (6,4)\}$$

Tercih ilişki kümesine göre karar verici 2. alternatifi 6. alternatife; 3. alternatifi 1. alternatife; 4. alternatifi 3. alternatife; 5. alternatifi 2. alternatife ve 6. alternatifi 4. alternatife tercih etmektedir.

Tablo 1'de gösterilen veri tablosu kriterler $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$ ve K_9 ; alternatifler ise A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 ve A_6 olarak kodlanmış ve kriterler satırda alternatifler sütunda yer alacak şekilde Tablo 3'teki gibi yeniden düzenlenmiştir.

Tablo 3
Karar Matrisi

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
K ₁	100.000	18.650	55.000	25.800	6.400	45.235
K ₂	142.122.562	76.757.180	54.603.784	52.811.860	3.189.762	62.234.843
K ₃	64	32	26	34	20	24
K ₄	171	12	160	132	50	350
K ₅	6	4	6	3	1	0
K ₆	148	158	119	150	65	0
K ₇	16	0	8	0	0	0
K ₈	11.096	2.782	2.089	2.659	4.375	32.400
K ₉	308.909	174.748	103.380	125.220	76.450	167.851

K₂ ve K₅ minimize edilmek istendiğinden Eşitlik (5); diğer kriterler maksimize edilmek istendiğinden Eşitlik (4) kullanılarak normalize edilmiştir. Normalize karar matrisi Tablo 4'te verilmiştir.

Eşitlik (15)'te verilen LINMAP modeli aşağıdaki gibi kurulmuştur. Modelde h subjektif olarak 1,5 kabul edilmiş olup çalışmanın devamında farklı h değerleri için de sıralamalar verilmiştir.

Tablo 4
Normalize Karar Matrisi

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
K ₁	1,000	0,186	0,550	0,258	0,064	0,452
K ₂	0,000	0,459	0,615	0,628	0,977	0,562
K ₃	1,000	0,500	0,406	0,531	0,312	0,375
K ₄	0,488	0,034	0,457	0,377	0,142	1,000
K ₅	1,000	0,666	1,000	0,5000	0,166	0,000
K ₆	0,936	1,000	0,753	0,949	0,411	0,000
K ₇	0,000	1,000	0,500	1,000	1,000	1,000
K ₈	0,342	0,085	0,064	0,082	0,135	1,000
K ₉	1,000	0,565	0,334	0,405	0,247	0,543

<p>Amaç fonksiyonu: $Z_{min} = Z26 + Z31 + Z43 + Z52 + Z64;$</p>	
<p>$w1*0,99 + w2* -0,95 + w3*0,90 + w4*0,21 + w5*0,97 + w6*0,70 + w7* -1 + w8*0,09 + w9*0,93) - 2*(v1*0,93 + v2* -0,97 + v3*0,68 + v4*0,34 + v5*0,83 + v6* 0,52 + v7* -1 + v8*0,20 + v9*0,75) = 1,5;$ $w1*0,16 + w2*0,10 + w3* -0,10 + w4*0,99 + w5* -0,44 + w6* -1 + w7*0 + w8*0,99 + w9* -0,02) - 2*(v1*0,26 + v2*0,10 + v3* -0,12 + v4*0,96 + v5* -0,66 + v6* -1 + v7*0 + v8*0,91 + v9* -0,02) + Z26 >= 0;$ $w1*0,69 + w2*0,37 + w3*0,83 + w4* 0,02 + w5*0 + w6*0,31 + w7* -0,25 + w8*0,11 + w9*0,8) - 2*(v1*0,45 + v2* -0,61 + v3*0,59 + v4*0,03 + v5*0 + v6*0,1 8 + v7* -0,5 + v8*0,27 + v9*0,66) + Z31 >= 0;$ $w1*0,23 + w2* -0,01 + w3* -0,11 + w4*0,06 + w5*0,75 + w6* -0,33 + w7* -0,75 + w8* -0,00 + w9* -0,05) - 2*(v1*0,29 + v2* -0,01 + v3* -0,12 + v4*0,08 + v5*0,5 + v6* -0,19 + v7* -0,5 + v8* -0,01 + v9* -0,07) + Z43 >= 0;$ $(w1*0,03 + w2* -0,74 + w3*0,15 + w4* -0,01 + w5*0,41 + w6*0,83 + w7*0 + w8* -0,01 + w9*0,25) - 2*(v1*0,12 + v2* -0,51 + v3*0,18 + v4* -0,10 + v5*0,5 + v6*0,58 + v7*0 + v8* -0,04 + v9*0,31) + Z52 >= 0;$ $w1* -0,13 + w2*0,07 + w3*0,14 + w4* -0,85 + w5*0,25 + w6*0,90 + w7*0 + w8* -0,99 + w9* -0,13 - 2*(v1* -0,19 + v2*0,0 + v3*0,15 + v4* -0,62 + v5*0,5 + v6*0,94 + v7*0 + v8* -0,91 + v9* -0,13) + Z64 >= 0;$</p>	
Kısıtlar	<p>$\sum w_j = 1;$ $v_j \geq 0$ $w_j \geq 0,01$ $Z_{kl} \geq 0$ $\forall (k, l) \in \Omega$</p>

Model Lingo 18.0 paket programı kullanılarak çözülmüş ve elde edilen S_i değerleri Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5

Sıralama Tablosu			
	BM	S_i	Sıralama
K1	Konya BM	6,6325968	6
K2	Kocaeli BM	5,8343606	3
K3	Kayseri BM	6,0939972	5
K4	Bursa BTM	5,8606323	4
K5	Elazığ BM	5,7374237	2
K6	Bilim Üsküdar	5,5881780	1

Tablo 6’da farklı “h” değerleri için elde edilen sıralamalar gösterilmiştir.

Tablo 6

“h” Parametresinin Farklı Değerleri İçin Elde Edilen Sıralamalar

H	Sıralama
0,01	$K_2 > K_1 > K_5 > K_4 > K_3 > K_6$
0,03	$K_2 > K_5 > K_4 > K_1 > K_3 > K_6$
0,05	$K_2 > K_5 = K_3 > K_3 > K_6 > K_1$
0,10	$K_2 > K_3 > K_4 > K_5 > K_1 > K_6$
0,30	$K_2 > K_3 > K_4 > K_5 > K_1 > K_6$
0,50	$K_2 > K_3 > K_4 > K_5 > K_6 > K_1$
0,90	$K_5 > K_2 > K_4 > K_6 > K_3 > K_1$
1,00	$K_5 > K_2 > K_6 > K_4 > K_3 > K_1$
1,50	$K_6 > K_5 > K_2 > K_4 > K_3 > K_1$
1,70	$K_6 > K_5 > K_2 > K_4 > K_3 > K_1$
2,00	$K_6 > K_5 > K_2 > K_4 > K_3 > K_1$

5. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, ülkemizde TÜBİTAK işbirliği ile kurulmuş olan 6 BM VZA ve LINMAP yöntemleri ile incelenmiştir. Kriterler TÜBA’nın Bilim Merkezleri Değerlendirme Raporu göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bunlar; yüzölçüm, kuruluş gideri, personel sayısı, atölye sayısı, kalıcı tematik sergi galeri sayısı, kalıcı sergi düzenegi sayısı, giriş ücreti, atölye ziyaretçi sayısı ve ziyaretçi sayısıdır. Öncelikle “kuruluş gideri”, “personel sayısı”, “atölye sayısı” girdileri ve “atölye ziyaretçi sayısı” ve “ziyaretçi sayısı” çıktıları kullanılarak SE modeli ile etkinlikler hesaplanmıştır. Girdi-çıktı sayısı ve KVB sayısı arasındaki ilişki göz önünde bulundurularak tüm kriterler SE modeline dâhil edilememiştir. SE modeline göre etkin BM’ler sırasıyla; Elazığ Bilim Merkezi, Kocaeli Bilim Merkezi ve Bilim Üsküdar olarak bulunmuştur. Etkin olmayan BM’ler ise yine sırasıyla Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi, Kayseri Bilim Merkezi ve Konya Bilim Merkezi’dir. Sonrasında, bulunan etkinlik değerlerinden yola çıkılarak tercih ilişkileri belirlenmiş ve tüm kriterler dikkate alınarak LINMAP modeli kurulmuştur. LINMAP yönteminde “h” karar vericiye bağlı pozitif bir değerdir. Bu çalışmada, “h” nin küçük değerlerinde sıralamaların değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. “h” 1,5; 1,7 ve 2 değerini aldığı anda ise sıralamaların değişmediği görülmüştür. “h” arttıkça tutarlılık ve tutarsızlık arasındaki farkın açıldığı göz önünde bulundurulduğunda bu çalışma için “h” nin 1,5 ya da daha büyük olarak alınması önerilebilir. “h” 0,01, 0,03, 0,05, 0,1, 0,3, ve 0,5 alındığında Kocaeli Bilim Merkezi, 0,9 ve 1 alındığında Elazığ Bilim Merkezi ve 1,5, 1,7 ve 2 alındığında Bilim Üsküdar ön plana çıkmıştır. Bu BM’lerin VZA ile etkin bulunmuş olmaları dikkat çekicidir. “h” 1,5 ve üzeri olarak kabul edildiğinde

sıralama Bilim Üsküdar, Elazığ Bilim Merkezi, Kocaeli Bilim Merkezi, Bursa Bilim ve Teknoloji Merkezi, Kayseri Bilim Merkezi ve Konya Bilim Merkezi şeklinde elde edilmiştir. SE modelinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında son 3 sıradaki alternatifler değişmemiştir. İlk 3 sıradaki BM'lerin tamamı da etkin olarak tespit edilenlerdir. Ortaya konmuş bu sonuçlar, Türkiye'nin önde gelen 6 BM'sinin karşılaştırılmasını yaparak etkin olan ve olmayan BM'lerin belirlenmesini sağlamış böylece etkin olmayan BM'lerin yöneticilerine çeşitli önlemler alınması için yol gösterici olmuştur. Bunun yanında, LINMAP ve VZA yöntemlerinin bütünlük olarak kullanılmasına dair yeni bir yaklaşım sunularak literatüre katkı sağlanmış ve bu iki yöntemin etkin birimleri sıralama becerisine sahip yöntemler olduğu ve h parametresine bağlı olarak benzer sıralamalar verebildikleri görülmüştür. LINMAP yöntemindeki tutarlılık ve tutarsızlık değerlerinin sıralama sonucunu etkilediği açıktır. Bu çerçevede ilerleyen çalışmaların tutarlılık ve tutarsızlık değişim analizi analizlerine yönelik yapılması önerilebilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Selen AVCI veri toplanması, modelin kurulması ve çözülmesi, Burcu ÖZCAN metodolojinin oluşturulması ve sonuçların yorumlanması, Zerrin ALADAĞ bilimsel yazın taraması ve sonuçların yorumlanması hususlarında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Andersen, P. & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264. doi: <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- Behdioğlu, S. ve Koca, G. (2009). Veri zarflama analizi ve bankacılık sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 301-326. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/324840457_VERI_ZARFLAMA_ANALIZI_VE_BANKACILIK_SEKTORUNDE_BIR_UYGULAMA
- Bereketli, I., Erol Genevois, M., Albayrak, Y. E. & Ozyol, M. (2011). WEEE treatment strategies' evaluation using fuzzy LINMAP method. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 71-79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.015>
- Boussofiene, A., Dyson, R. G. & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European*

Journal of Operational Research, 52(1), 1-15. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90331-0](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90331-0)

- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. Erişim adresi: <https://farapaper.com/wp-content/uploads/2019/06/Fardapaper-Measuring-the-efficiency-of-decision-making-units.pdf>
- Chen, T. Y. (2013). An interval-valued intuitionistic fuzzy LINMAP method with inclusion comparison possibilities and hybrid averaging operations for multiple criteria group decision making. *Knowledge-Based Systems*, 45, 134-146. doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.02.012>
- Çıgırık, E. (2016). Bir öğrenme ortamı olarak bilim merkezleri. *İnformel Ortamlarda Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 79-97. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jrinen/issue/26875/267108>
- Deveci Kocakoç, İ. (2003). Veri zarflama analizi'ndeki ağırlık kısıtlamalarının belirlenmesinde analitik hiyerarşi sürecinin kullanımı. *D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi*, 18(2), 1-12. Erişim adresi: <https://iibfdergi.deu.edu.tr/index.php/cilt1-sayi1/article/view/157>
- Doğan, N. Ö. ve Gencan, S. (2014). VZA/AHP bütünlük yöntemi ile performans ölçümü: Ankara'daki kamu hastaneleri üzerine bir uygulama. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(2), 88-112. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gaziuibfd/issue/28310/300847>
- Dong, J. Y. & Wan, S. P. (2017). Virtual enterprise partner selection integrating LINMAP and TOPSIS. *Journal of the Operational Research Society*, 67(10), 1288-1308. doi: <https://doi.org/10.1057/jors.2016.22>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productivity efficiency. *European Journal of Operational Research*, 13, 253-281. doi: <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Hajiagha, S. R., Hashemi, S. S., Zavadskas, E. K. & Akrami, H. (2013). Extensions of LINMAP model for multi criteria decision making with grey numbers. *Technological and Economic Development of Economy*, 18(4), 636-650. doi: <https://doi.org/10.3846/20294913.2012.740518>
- Hülagü, K. T. (2018). *Bilim merkezlerine düzenek seçimi için çok ölçütlü bir model önerisi* (Doktora tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli. Erişim adresi: <http://dspace.kocaeli.edu.tr:8080/xmlui/handle/11493/1024>
- Kashef, M., Safari, H., Maleki, M. & Cruz-Machado, V. (2018). Solving MCDM problems based on combination of PACMAN and LINMAP. *J Multi-Crit*

- Decis Anal.*, 25(5), 1-8.
doi: <https://doi.org/10.1002/mcda.1650>
- Li, D. F. (2008). Extension of the LINMAP for multiattribute decision making under Atanassov's intuitionistic fuzzy environment. *Fuzzy Optim Decis Making*, 7, 17-34. doi: [10.1007/s10700-007-9022-x](https://doi.org/10.1007/s10700-007-9022-x)
- Rahimi, A. & Bashmani, M. R. (2014). The application of the multi-criteria decision-making method linmap for the desirable prioritization of the results of the eclectic engineering technique of value and risk management in the gas and oil projects. *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*, 3, 170-179. Erişim adresi: https://shop.tarjomeplus.com/UploadFileEn/TPLUS_EN_4654.pdf
- Öncü, S. ve Aktaş, R. (2007). Yeniden yapılandırma döneminde türk bankacılık sektöründe verimlilik değişimi. *Yönetim ve Ekonomi*, 14(1), 247-266. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/yonveek/issue/13686/165631>
- Özata, M. ve Sevinç, İ. (2010). Konya'daki sağlık ocaklarının etkinlik düzeylerinin veri zarflama analizi yöntemiyle değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(1), 77-87. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/atauniiibd/issue/2698/35570>
- Özkan, M. ve Özcan, A. (2018). Veri zarflama analizi (vza) ile seçilmiş çevresel göstergeler üzerinden bir değerlendirme: oecd performans incelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 485-508. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/comuybd/issue/40668/442329>
- Wan, S. P. & Li, D. F. (2013). Fuzzy LINMAP approach to heterogeneous MADM considering comparisons of alternatives with hesitation degrees. *Omega*, 41(6), 925-940. doi: [10.1016/j.omega.2012.12.002](https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.12.002)
- Qin, J., Liu, X. & Pedrycz, W. (2016). A multiple attribute interval type-2 fuzzy group decision making and its application to supplier selection with extended LINMAP method. *Methodologies and Application*, 21, 3207-3226. doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-015-2004-y>
- Srinivasan, V. & Shocker, A. D. (1973). Linear programming techniques for multidimensional analysis of preferences. *Psychometrika*, 38(3), 337-369. Erişim adresi: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02291658.pdf>
- Taffahi, H. & Claudio, D. (2020). A comparative analysis between LINMAP, paired comparison method and naturalistic ranking in different data display contexts. *Inderscience*, 38(1), 70-81. doi: <https://doi.org/10.1504/IJOR.2020.106361>
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. (2019). *Bilim merkezleri değerlendirme raporu*.

Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA raporları No:32, ISBN: 978-605-2249-40-6. Erişim adresi: <http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/BilimMerkezleriRapor.pdf>

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. (2020). Erişim adresi: <https://bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr/Icerik/bilimmerkezleri-ziyaretci-sayilari-192>