

Teknopark Firma Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle İncelenmesi

Yunus Özmodanlı¹ , Prof. Dr. Cevriye Temel Gencer² 

¹* Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri, ANKARA

²Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, ANKARA

(Alınış / Received: 02.09.2024, Kabul / Accepted: 19.11.2024, Online Yayınlanması / Published Online: 30.12.2024)

Anahtar Kelimeler

Teknoparklar,
AHP,
DEMATEL,
TOPSIS,
ENTROPI

Öz: Teknoparklar, farklı ölçekteki firmaların inovasyon çalışmalarını sürdürdüğü yenilik ekosistemleri olarak, teknoloji gelişimi sağlayana hibrit mekanizmalardır. Teşvik ve destekler teknoparkta yer almayı firmalar için oldukça cazip hale getirirken, teknopark alanlarındaki fiziksel kapasite ise sınırlıdır. Teknoparklarda yer alan firmaların performanslarının değerlendirilmesi amacıyla literatür incelenmiş ve uzman görüşlerine başvurularak teknoparklarda yer alan firmalar için performans kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterlere göre oluşturulan komposit değişkenler ile çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden, karar vericinin sürece dahil olmasını sağlayan AHP ve DEMATEL yöntemleri ve veriyi esas alan TOPSIS ve Entropi yöntemleri ile firmaların performansları ölçülmüştür. Genel ortalamalar üzerinden belirlenen bağıl olekte 0-15 puan alan firmalar başarısız, 16-30 puan alan firmalar zayıf; 30 ve üzerinde alan firmalar daha başarılı performans gösteren firmalar olarak kabul edilmiştir. Puanlar incelendiğinde firmaların belirlenen kriterleri karşılama güçlerinin zayıf olduğu değerlendirilmektedir.

Ayrıca sperman ikili korelasyon yöntemiyle veri setleri olarak her bir yöntemdeki firma sıralamaları alınmış ve yöntemler ikili olarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, karar vericiye bağlı yöntemler (AHP ve DEMATEL) ve veriye bağlı yöntemler (TOPSIS ve Entropi) genel olarak birbirleriyle yüksek korelasyonlar göstermektedir. Ancak, TOPSIS yöntemi, diğer yöntemlere göre biraz daha farklı sonuçlar üretmektektir. Genel anlamda, yöntemlerin çoğu arasında güçlü pozitif korelasyonlar olduğu gözlemlenmiştir, bu da yöntemlerin genellikle benzer sıralamalar ürettiğini göstermektedir.

Analyzing Technopark Company Performances with Multi-Criteria Decision Making Methods

Keywords

Technoparks
AHP,
DEMATEL,
TOPSIS,
ENTROPI

Abstract: Technoparks are hybrid mechanisms that provide technological development as innovation ecosystems where companies of different sizes continue their innovation activities. While incentives and supports make being in a technopark quite attractive for companies, the physical capacity in technopark areas is limited. In order to evaluate the performance of companies in technoparks, literature was reviewed and performance criteria were determined for companies in technoparks by consulting expert opinions. The performances of companies were measured with composite variables created according to the determined criteria and AHP and DEMATEL methods that enable the decision maker to be involved in the process from multi-criteria decision-making (MCDM) methods, and TOPSIS and Entropy methods based on data. In the relative scale determined over the general

averages, companies with 0-15 points were considered unsuccessful, companies with 16-30 points were considered weak; companies with 30 and above were considered more successful. When the scores were examined, it was evaluated that the companies' ability to meet the determined criteria was weak. In addition, company rankings in each method were taken as data sets with the Sperman binary correlation method and the methods were compared pairwise. As a result, decision maker dependent methods (AHP and DEMATEL) and data dependent methods (TOPSIS and Entropy) generally show high correlations with each other. However, TOPSIS method may produce slightly different results than other methods. In general, strong positive correlations are observed between most of the methods, indicating that the methods generally produce similar rankings.

1. Giriş

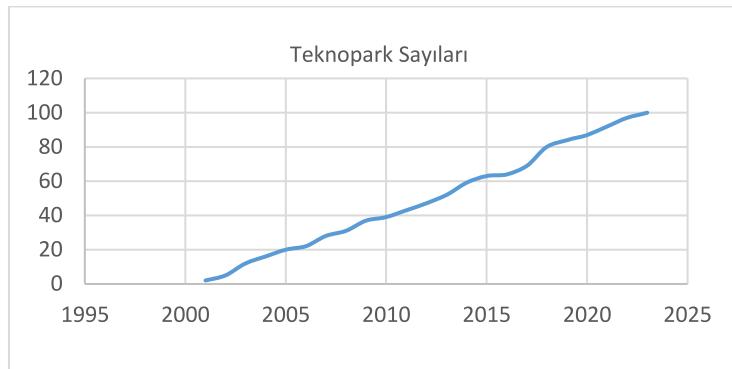
Teknoloji geliştirme bölgeleri veya teknopark olarak adlandırılan yapılar bilgi ekonomisinin dayattığı ihtiyaçlarla, ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmıştır. ABD'de Stanford Üniversitesi'nde çalışan bir grup insanın iş fikirlerini ticarileştirme hedefi, bu süreci başlatmıştır. 1950 yılında ortaya çıkan teknopark kavramı, bugün Silikon Vadisi olarak bilinen inovasyon merkezinin gelişimini tetiklemiştir [1].

İlk olarak Stanford Araştırma Merkezinde ortaya çıkan Silikon Vadisi, teknopark kümelenmelerinin öncüleri arasında yer almaktadır. Günümüzde yüksek ciroya sahip binlerce teknoloji firması ve yüz binlerce çalışanı barındıran yapının kuruluşundan itibaren girişimciler, risk sermayesi mekanizması sayesinde Stanford Üniversitesi'ndeki akademik bilgi ile sanayi kuruluşları arasında iş birliği yapmışlardır. Akademik bilginin ticarileşmesi talebiyle oluşan bu yapı dünya genelindeki oluşumlara öncü olmuş, bugün adını sıkça duyduğumuz yüzlerce büyük teknoloji firmasının doğusuna ve gelişimine ev sahipliği yapmıştır [2].

Fransız Rivierası'nda ise 1969 yılında bölgesel ve ekonomik kalkınmayı hızlandırmak amacıyla bir sivil toplum kuruluşunun liderliğinde ilk teknopark yapılanması (Sophia Antipolis) kurulmuştur. Britanya'da işsizlik ve ortaya çıkan sanayiye bağlı problemler küçük orta işletmelerin teknolojik açıdan desteklenmesini gerektirmiştir. Yenilikçi ürünler arayışında sanayi-üniversite ilişkisinin güçlenmesi sonucu 1972 yılında Edinburgh'ta Herriot-Watt ve Cambridge adında ilk teknopark kurulmuştur [3]. Avrupa'nın diğer güçlü ekonomisi Almanya'da ise yeni teknoloji firmalarının desteklenmesi amacıyla, Berlin Teknik Üniversitesi öncülüğünde Berlin Yenilik Merkezi kurulmuş ve 1985 yılına gelindiğinde bu merkez bir teknopark yapısına dönüşmüştür.

Uzak Doğu'da ise Japonya'da teknoparklar ön plandadır [4]. 1970'lerin başında Tsukuba Bilim Parkı, bölgesel gelişime katkıda bulunmak amacıyla şehirden uzakta, sanayi ve üniversite iş birliği için çekici bir alan oluşturmak amacıyla kurulan Japonya'nın ilk teknoloji parklarından biridir [5]. Uzak Asya'nın güçlü ekonomik ve insan gücünü oluşturan Çin ve Hindistan'da ise teknoparklar daha geç bir dönemde, 1980'lerin sonrasında kurulmuştur [6]. Rusya'da ise ilk başta 1990 yılında Tomsk şehrinde Tomsk Bilim ve Teknoloji Parkı kurulmuş; sonrasında üniversitelerin öncülüğünde kısa sürede birçok yerde teknoparklar kurulmuştur [7].

Türkiye'de teknoparklar ilgili kanun ile kurulurken (2001) ilgili devlet destekleriyle birer birer üniversiteler bünyesinde ortaya çıkmıştır [8]. Bu süreçte teknoloji firmalarının ve teknoloji çalışmalarının bir kümelenme içinde, sinerji ortamında gelişimi ve ticarileşmesi, teknoloji kökenli firmaların ülke içinde tutulmasına yönelik bir adım olmuştur. Ayrıca, tersine beyin gücü ile nitelikli eğitime sahip vatandaşların ülkeye dönüşü için fırsatlar ortaya çıkmıştır. Ek olarak, akademisyenlerin firma kurmasına olanak sağlanarak akademisyen girişimciliğinin önü açılmıştır. Şubat 2024 verilerine göre 2.527 akademisyen firması bulunmaktadır. Bu firmalar, toplam firmalar içindeki oranı yaklaşık olarak beşte bir kadardır [9]. Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin sayısının özellikle son yıllarda hızla arttığı gözlenmiştir. 2001 yılında sadece 2 olan Teknoloji Geliştirme Bölgesi sayısı 2020 yılsonu itibarıyla 86'ya ve 2023 yılı Ağustos ayı itibarıyla 100'e ulaşmıştır [9]. Şekil 1'de yıllar itibarıyle Teknopark sayıları verilmektedir.



Şekil 1. Türkiye'de teknopark sayıları

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Şubat 2024 verilerine göre, ülkemizde ilan edilen 101 teknoparktan 89'u aktif durumda olup, bu teknoparklarda toplamda 10.000'den fazla firma ve yaklaşık 90.000'i Ar-Ge personeli olmak üzere 107.000 civarında çalışan bulunmaktadır [9].

Türkiye'deki Teknoloji Geliştirme Bölgeleri'nde faaliyet gösteren firmalar, yürütükleri Ar-Ge, tasarım ve yazılım projeleri için çeşitli indirim ve muafiyetler ile desteklenmektedir. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, bu bölgelerin kurumsal yapısını desteklemek amacıyla hibe destekleri sunmaktadır. Bu muafiyetler ve destekler arasında Gelir ve Kurumlar Vergisi Muafiyeti, Gelir Vergisi Stopajı Desteği, Gümruk Vergisi Muafiyeti, Damga Vergisi Muafiyeti, Katma Değer Vergisi Muafiyeti ve Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği bulunmaktadır. Ayrıca, Temel Bilim İstihdamı ve Doktora Mezunu Ar-Ge personeli istihdamında sağlanan hibe destekleri de mevcuttur. Teknoparklarda yer almak, firmalara proje bitirme belgesi ile Teknolojik Ürün Belgesi başvurusu yapabilme, ithal eşya taleplerinde kolaylık sağlama, akademi ve diğer teknoloji firmalarıyla işbirliği yapma ve prestij gibi birçok avantaj sunmaktadır. Ancak, teknoparklarda sınırlı kiralanan bir çok firma bu alanlarda yer almak için beklemektedir.

Teknopark Yönetici A.Ş, bünyesindeki Ar-Ge firmalarının seçiminde ve devamlılığında proje komisyon değerlendirmesi ve kurul onayı süreçlerini yürütmektedir. Proje bazlı seçimlerde firmaların mevcut yeterliliklerinden ziyade proje değerlendirmesi esas alınmaktadır. Buna karşın mevcut firmaların devamlılığının sürdürülmesi, teknoparklarda kapasite sorunları nedeniyle birçok genç ve donanımlı firmanın dışarıda kalmasına sebep olabilmektedir. Aynı zamanda mevcut firmaların devamlılığı proje bazlı değerlendirildiğinden, firmanın ekosisteme katkısı yeterince ölçülememektedir.

Teknoparklarda yer alan firmalar vergi muafiyetlerinden yararlanmaktadır. Kamu yararı açısından, bu muafiyetlerden faydalanan firmaların faaliyetlerinin ekosisteme katkıları da değerlendirilmelidir. Mevcut sisteme ise bu değerlendirme yeterli düzeyde yapılmamakta, proje bazlı değerlendirme ön planda tutulmaktadır. Milli Ar-Ge ve Teknoloji hedeflerine ulaşmak ve teknopark etkinliklerini artırmak için, firmaların inovasyon performanslarının ölçülmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

Çalışma kapsamında, teknoparklarda faaliyet gösteren firmaların performans başarı ölçütlerinin belirlenmesi ve belirlenen başarı ölçütlerine göre firma performanslarının ÇKKV yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede;

- ✓ Özellikle yüksek vergi muafiyeti sağlayan fakat yaygın etkisi ölçülemeyen firmaların durum tespiti yapılacak;
- ✓ Ulusal teknoloji ve yenilik ekosistemine katkı sağlayabilecek firmaların teknoparklarda yer almasını sağlayabilecek bir modelin ilk basamağı oluşturulacak;
- ✓ Ulusal teknoloji ve yenilik ekosistemine yeterli ölçüde katkı sağlayamayan firmaların teşvik sisteminden çıkarılmasına olanak sağlanacaktır.

Literatürde 2010 yılı ve sonrasında teknopark firmaları, yönetici firmalar ve firma performansları ile ilgili öne çıkan çalışmalar incelenmiştir. Ulusal çalışmalarda Baykul [10] ve Demirel [11], Türkiye'de teknopark yönetici şirketleri ile TR42 Doğu Marmara Bölgesi'ndeki bilişim firmalarının performanslarını Veri Zarflama Analizi (DEA) kullanarak değerlendirmiştir. Çakır [12], teknoloji sektöründe yer alan firmaların etkinliğini Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) ile ölçerken, Karagöz [13] üniversitelerin girişimcilik ve yenilik performanslarını analiz etmiştir. Güzel ve Ünlü [14] Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin Ar-Ge, yönetim ve ekonomik etkinliklerini iki aşamalı veri zarflama analizi ile değerlendirirken; Önal [15] TR42 Doğu Marmara Bölgesi'nin performansını CRITIC tabanlı WASPAS ve SAW yöntemleriyle analiz etmiştir. Ayrıca, Hatice Batmantaş [16]. Teknoparkların bölgesel

kalkınmaya etkilerini incelerken, Akal Yılmaz, [17] teknopark yönetici şirketlerinin işbirliği alternatiflerini Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ile değerlendirmiştir. Furkan Çiftçi [18] ise Türkiye'deki teknoloji transfer ofislerinin (TTO) performansını ölçmek için yeni kriterler geliştirmiştir.

Uluslararası çalışmalarda Bigliardi vd. [19] ve Fukugava [20], İtalya ve Japonya'daki bilim parklarının teknoloji firmalarına sunduğu katma değeri incelemiştir. Albahari ve arkadaşları [21], İtalya'daki ve İspanyadaki ulusal bilim parkları sistemlerini incelerken; Sohn ve Kim [22], Koreli start-up firmalar için teknoloji kredi puanlama sistemi geliştirirken, Yu vd. [23]. Çin'deki teknoloji firmaların inovasyon performansını incelemiştir. Da Silva ve arkadaşları [24]. Brezilya'daki teknoparklar için performans kriterlerinin doğrulamasını araştırırken; Kharabsheh [25]. Avustralya teknoparkları için kritik başarı faktörlerini araştırmıştır. Bu çalışmalar, bilim parklarının firmalara sunduğu çok boyutlu katkıları kapsamlı şekilde ortaya koymaktadır. Diğer yandan Yılında Guadix ve arkadaşları [26] da yapmış oldukları çalışmada teknopark performansları ile ilgili yapılan çalışmaları derlemiştir. Tablo'1 de literatürdeki çalışmalar ve mevcut çalışmanın içeriği ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Tablo 1. Literatürdeki çalışmalar ve mevcut çalışmanın içeriği

	Yazarlar	Teknoloji Firması Performans Kriteri/ Ölçümü	YönetSEL Etkinlik	Pratik Uygulama
Ulusal	Baykul (2015)	✓	✓	x
	Demirel (2015)	✓	✓	x
	Çakır (2015)	x	✓	x
	Karagöz (2020)	✓	✓	x
	Dilşad Akal Yılmaz (2022)	✓	✓	x
	Tuğba Güzel (2023)	✓	x	x
	Müge Önal (2023)	x	✓	x
	Furkan Çiftçi (2023)	✓	✓	x
	Hatrice Batmantaş (2024)	x	x	x
Uluslararası	Bigliardi vd. (2006)	✓	✓	x
	Fukugava (2006)	✓	✓	x
	Sohn ve Kim (2012)	✓	✓	x
	Kharabsheh (2012)	✓	x	x
	Albahari vd (2013)	x	✓	x
	Guadix vd. (2016)	✓	x	x
	Yu vd. (2021)	✓	x	✓
	Da Silva (2023)	x	x	x
	Yapılan Çalışma	✓	✓	✓

2. Materyal ve Metot

2.1. Teknopark Firmaları İçin Performans Kriterleri ve Kompozit Göstergelerin Oluşturulması

Dünya genelinde inovasyon çıktılarının ölçülmesine dair pek çok çalışma yapılmakta ve bu konuda farklı yaklaşımlar sergilenmektedir [27]. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri ve firmalarının performanslarının ölçülmesi de temelde bu yaklaşımlara dayanmaktadır, ancak farklı değerlendirme kriterlerinin de önemli olduğu görülmektedir. Guadix ve arkadaşları [26], yaptıkları çalışmada teknoparklardaki performans kriterleri ile ilgili literatürü taramış ve öne çıkan kriterleri ortaya koymuşlardır.

Çalışmada, Guadix ve arkadaşlarının [26] belirlediği kriterler doğrultusunda, teknopark yöneticileri ve bakanlık uzmanlarına Türkiye Teknopark Ekosistemi için bu kriterlerin uygun olup olmadığı ve ek kriter gerekip gerekmemiş sorulmuş, bu konuda uzman görüşleri alınmıştır. Bu doğrultuda performans kriterlerinin "İşbirlikleri, Projeler ve Çıktılar", "Ar-Ge Gelir ve Harcamaları" ve "Büyüme, Uzmanlaşma ve Nitelikli İstihdam" olmak üzere üç ana başlık altında toplanması görüşü öne çıkmıştır. Ayrıca, Türkiye teknopark ekosistemi için kriterlerin firma ölçeklerine göre değerlendirilmesi gerektiği belirtilerek, bu kriterler arasında yer almayan ticarileşme ile ilgili yeni alt kriter önerileri de sunulmuştur. Sonuç olarak teknoparklarda yer alan firmalar için performans kriterleri üç ana başlık altında 13 kriter olarak belirlenmiştir. Yine uzman görüşü doğrultusunda Fikri Mülkiyet Hakkı edinimi

ve ihracat ile ilgili kriterlerin,其实 sayının azlığı ve farklı yıllarda ihracat ile ilgili verilerin değişkenliği nedeniyle ayrıca değerlendirilmesi gerektiği görüşüne varılmıştır. Ortaya çıkan kriterler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Kriterler

1-İşbirlikleri, Projeler ve Çıktılar	1.Toplam İşbirliği
	2.Toplam Proje Sayısı /Toplam Ar-Ge Personeli
	3.Toplam Ar-Ge Personel Sayısı/Devam Eden Proje Sayısı
2-Ar-Ge Gelir ve Harcamaları	4.Toplam Ar-Ge Harcaması /Toplam Ar-Ge Personel Sayısı
	5. Toplam Ar-Ge Geliri /Toplam Ar-Ge Personel Sayısı
	6. Alınan Destek Fonları /Teknoparkta Geçirilen Süre
	7. Ticarileşen Projeler Toplam Geliri /Tamamlanan Proje Sayısı
	8. Ticarileşen projeler Toplam Geliri
	9. Ticarileşen Proje Sayısı (Ar-Ge Gelir ve Harcamaları)
3-Büyüme, Uzmanlaşma ve Nitelikli İstihdam	10.Doktoralı Personel Sayısı /Toplam Ar-Ge Sayısı
	11. Kadın Ar-Ge-Personeli Sayısı/Toplam Arge Personeli Sayısı
	12. Ticarileşme Oranları
	13. Büyüme İstihdam (Ar-Ge Personeli Sayısı /Teknoparkta Geçirilen Yıl)

Kompozit göstergeler birden fazla bireysel göstergenin belirli bir yönteme göre birleştirilmesiyle oluşturululan ve karmaşık, çok boyutlu fenomenleri tek bir ölçüle ifade eden ölçüm araçlarıdır. Bu tür göstergeler, ekonomik, sosyal, çevresel veya kurumsal performansın genel bir resmini sunar ve karşılaştırmaların daha kolay yapılmasını sağlar [28]. Çalışmada oluşturulan kriter seti teknopark firmalarının farklı alanlardaki verileri /performanslarını tek düzlemden ölçebilmesi açısından bu kapsamda değerlendirilmiştir.

Kompozit göstergelerin oluşmasında pratik açıdan üç aşamanın olduğu belirtilmiştir [29]. Bu aşamalar:

- Normalizasyon,
- Ağırlıklandırma,
- Aggregation (Birleştirme-Sıralama/ Toplama).

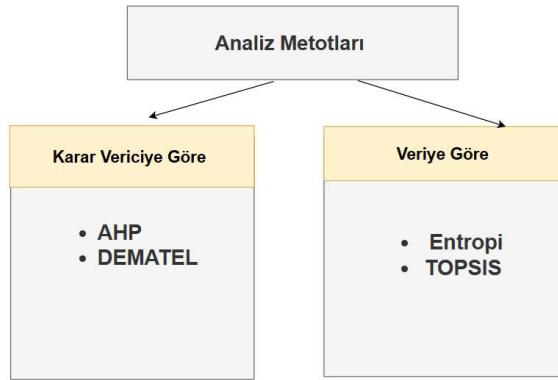
Ayrıca bu değişkenlerin ağırlıklandırmasından sonra birleştirme-sıralama/ toplama aşaması için beş yaklaşımın ön plana çıktığı belirtilmiştir. Bu yaklaşımlar:

1. Temel Yöntemler: Simple Additive Weighting (SAW), Basit Ağırlıklandırma ve Weighted Product (WP) Ağırlıklandırma gibi yöntemler,
2. Değer ve Fayda Temelli Yöntemler: MAUT MAVT, SMART, MACBETH, DEMATEL gibi yöntemler (karar vericilerin değer yargılarına dayalı olarak her bir alternatifle gerçek bir sayı ilişkilendirme ve alternatifler için bir tercih sıralaması üretme),
3. Üstünlük İlişkisi Yaklaşımı (a alternatifi b ye göre durumu): ELECTRE, PROMETHEE gibi yöntemler
4. Veri Zarflama Yöntemi,
5. Uzaklık Temelli Yaklaşımlar: Gri İlişkisel Yontem, TOPSIS gibi yöntemler.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme

ÇKKV yöntemleri, karar verme süreçlerinde kullanılan farklı yaklaşımları ifade eder. Bu yöntemler, karar vericilerin çok sayıda ve genellikle birbiriyle çelişen kriterleri değerlendirmek en iyi kararı vermelerine yardımcı olmayı amaçlar.

Çalışmada elde edilen verilerin normalizasyonundan sonra ağırlıklandırma ve sıralama ile ilgili iki görüş ön plana çıkmaktadır. İlk görüş karar vericilerin görüşleri doğrultusunda ağırlıkların ve sıralamanın yapıldığı yöntemler, ikinci görüş ise verilere göre ağırlıkların ve sıralamanın yapıldığı yöntemlerdir. Çalışmada ağırlıklandırma ve sıralama için kullanılan yöntemler Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Kullanılan yöntemler

Çalışmada verilerin normalizasyonundan sonra karar vericinin dahil olduğu değerlendirmede AHP ve DEMATEL yöntemleriyle ağırlıklandırma yapılmış ve elde edilen ağırlıklarla firma puanları hesaplanmıştır. Veriye göre değerlendirmede ise hem Entropi yöntemiyle ağırlıklandırma yapılarak elde edilen ağırlıklarla hem de Entropi yönteminden gelen ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi ile firma puanları hesaplanmıştır. Böylece reel verileri veriden gelen bilgi ve karar vericinin görüşünden gelen bilgiyle, yani kriter ağırlıklarıyla değerlendirilerek performans ölçümü yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemlerle ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Entropi

Entropi yöntemi, bilgi teorisine dayanarak kriterlerin ağırlıklarını belirler. Bu yöntem, her bir kriterin belirsizlik seviyesini hesaplar ve belirsizliği en düşük olan kriterlerin daha önemli olduğunu varsayar. Böylece, objektif bir şekilde kriterlerin ağırlıkları belirlenir [30]. ÇKKV yöntemlerden biridir ve belirli kriterler altında çeşitli alternatiflerin değerlendirilmesi ve en uygun seçeneğin belirlenmesi için kullanılır. Bu yöntem, karar verme sürecinde kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında önemli bir rol oynar. Entropi yönteminin adımları aşağıda verilmektedir[31]:

- Karar Matrisi Oluşturma:

Karar matrisi, her bir alternatifin her bir kriter altında aldığı değerlerin düzenlendiği bir tablo oluşturulur:

$$X = \begin{vmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{M2} & \dots & \dots & X_{mn} \end{vmatrix} \quad (1)$$

- Normalizasyon:

Verilerin karşılaştırılabilmesi için karar matrisi normalleştirilir. Genelde aşağıdaki formül kullanılır:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad (2)$$

Burada r_{ij} normalleştirilmiş değerlerdir [30-32].

- Entropi Değerlerinin Hesaplanması:

Her bir kriter için Entropi değeri hesaplanır. Entropi değeri, kriterlerin bilgi miktarını ve belirsizliğini ölçer. Entropi hesaplama formülü:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln(r_{ij}) \quad (3)$$

Burada k , normalizasyon sabitidir [32] ve genellikle;

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (4)$$

formülüyle ifade edilir .

- Bilgi İçeriği

Kriterlerin bilgi içeriği veya çeşitliliği hesaplanır.

$$d_j = 1 - e_j \text{ (%)} \quad (5)$$

- Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması:

Kriter ağırlıkları, her bir kriterin bilgi içeriğinin toplam bilgi içeriğine oranı olarak hesaplanır:

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

- Karar Matrisinin Ağırlıklı Normalize Edilmesi:

Normalize edilmiş karar matrisi, kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (7)$$

- Alternatiflerin Skorlanması ve Sıralanması:

Her bir alternatif için toplam skor hesaplanır. Toplam skor, alternatifin ağırlıklı normalize edilmiş değerlerinin toplamıdır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (8)$$

2.2.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yönteminde alternatiflerin ideal çözümlere mesafeleri hesaplanır. Ardından alternatifler, bu uzaklıkların oranlarına göre sıralanır. Son olarak, en uygun olanı seçilir [33]. TOPSIS yöntemi, karar verme problemlerinde alternatiflerin ideal çözümlere göre sıralanmasında kullanılır ve özellikle performans değerlendirmesi gerektiren ÇKKV durumlarında etkilidir [34]. 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, karar verme problemi için alternatiflerin ideal çözümlere olan benzerlikleri ölçülerek sıralama yapılır. Yöntemin temel aşamaları aşağıdaki gibidir [35]:

- Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi:

Karar verme problemi için kriterler ve bu kriterlere göre değerlendirilecek alternatifler belirlenir.

- Normalizasyon:

Alternatiflerin performans değerleri normalleştirilir. Bu aşamada, farklı ölçeklerdeki verilerin karşılaştırılabilir hale getirilmesi sağlanır. Genellikle 0 ile 1 arasında değerler elde edilir.

- İdeal ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi:

Pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüm (A^-) belirlenir.

A^+ için her bir kriterde maksimum performans değeri, A^- için ise her bir kriterde minimum performans değeri kullanılır [3].

- Alternatiflerin Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlere Olan Yakınlığının Hesaplanması:

Her alternatif için pozitif ideal çözüme olan uzaklıklar Euclidean (Öklid) uzaklık formülleri yardımıyla hesaplanır.

$$d^+ + (A_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - A_j^+)^2} \quad (9)$$

$$d^- + (A_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - A_j^-)^2} \quad (10)$$

- Yakınlık Skorlarının Hesaplanması:

Seçeneklerin, ideal çözüme uzaklıklarını dikkate alınarak bir yakınlık skoru ile değerlendirilir:

$$C_i = \frac{d^-}{d^+ + d^-} \quad (11)$$

Bu skor, alternatifin pozitif ideal çözüme olan yakınlığını ölçer. En yüksek C skoruna sahip alternatif, en çok tercih edilen alternatif olarak kabul edilir.

2.2.3. AHP Yöntemi

AHP (Analitik Hiyerarşî Süreci) yöntemi, kriter ve seçenekler ve alternatifler arasındaki öncelik ve önem derecelerini belirlemekte kullanılır. İkili karşılaştırmalar yaparak bu değerler sözel olarak belirlenir belirler ve sonrasında bu veriler matematiksel olarak analiz edilir [36]. AHP, bir seçim metodolojisi olarak kullanıldığı gibi, karmaşık yapıların yapılandırılması ve ölçek oluşturulması için de bir araçtır. Bu nedenle AHP metodolojisinde kriterlerin ağırlıklandırılması, girişimci için karar verme sürecinde kritik bir rol oynar [37]. AHP'nin teorik temeli dört aksiyoma dayanmaktadır. Bu önermeler arasında önem derecelerinde karşılıklı ilişkisi bulunması, herhangi iki kriterin karşılaştırılmasında sonsuz önemin olmadığı, kriterlerin ve alternatiflerin bağımsız bir yapıda olduğu ve hiyerarşik bir yapıda sunulabileceği vurgulanır [38].

Bu çalışmada, belirlenen alt kriterler arasında doğrudan ilişki olmadığı varsayımla hareket edilmektedir. Ancak bu kriterlerin, çeşitli varsayımlar veya kabullerle dolaylı olarak bir ilişki içinde olabileceği göz önünde bulundurulabilir. Yöntem, kriterlerin ağırlıklandırmasında aşağıdaki adımları izler [38]:

- Modelin Belirlenmesi:

AHP problemine konu olan kriterlerin ve karar noktalarının belirlenmesi sağlanır.

- Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması:

Karşılaştırma matrisi, nxn boyutlu bir kare matristir. Bu matris;

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \quad (12)$$

şeklinde gösterilir. Kriterlerin kıyaslanması yapılmaktadır. Köşegen değerleri, 1'dir ve bu değer ilgili alternatifin ya da kriterin kendisine kıyaslanması sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu kıyaslamanın sayısal değerleri Tablo 3'e göre gösterilecektir. Bu sayede uzman görüşünün sözel ifadesi sayısal karşılık bulmuş olur [39].

Tablo 3. AHP yöntemi/sözel ifade ve değerler

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	i. Faktörün j. faktörden daha önemli olması durumu
5	i. Faktörün j. faktörden çok önemli olması durumu
7	i. Faktörün j. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	i. Faktörün j. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

- Normalleştirilmiş Matris Oluşturulması:

Karşılaştırma Her sütun kendi sütunundaki elemanların toplamına bölünerek hesaplanır

$$(13)$$

$$X = \begin{vmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{n1} \end{vmatrix} \quad b_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}}$$

formülüyle gerçekleştirilir.

- Önem vektörünün oluşturulması:
Oluşturulan normalleştirilmiş matris (C);

$$C = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & \dots & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & \dots & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & \dots & \dots & c_{nn} \end{vmatrix} \quad (14)$$

şeklinde gösterilir. Bu matriste her bir satırın ortalaması alınarak öncelik vektörü (W)

$$W = \begin{vmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{vmatrix} \quad (15)$$

şeklinde oluşturulmuştur. Bu vektördeki değerler kriterlere ait önem ağırlıklarıdır.

- Tutarlılığın Ölçülmesi:
Karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörünün çarpılması sonucu elde edilen matris için;

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (16)$$

formülü yardımıyla karşılaştırma değeri olan (λ) bulunur. Bu çarpım:

$$D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} X \begin{vmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{vmatrix} \quad (17)$$

büçümde ifade edilmiştir.

- Tutarlılık indeksi, CI

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (18)$$

formülüyle hesaplandıktan sonra indeks değerine bölünerek oran hesaplanır(CR). CR=CI/RI olarak hesaplanır. Buradaki RI (Rastgelelik İndeksi) değeri Tablo 4 'ten elde edilir [40].

Tablo 4. Rastgelelik İndeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

2.2.4. DEMATEL Yöntemi

DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yönteminde, karar vericilerin uzmanlık ve deneyimlerine dayanarak kriterler arasındaki etkileşimler belirlenir. Bu yöntem, kriterler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri tespit eder ve bu ilişkiler grafik halinde görselleştirilir [42]. DEMATEL yöntemi, karmaşık karar verme problemlerini analiz etmek ve ilişki ağırlıklarını belirlemek için kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. DEMATEL yönteminin aşamaları aşağıda tanımlanmaktadır:

- Problem Yapısının Belirlenmesi:

İlk adım olarak, karar verme problemi için yapının belirlenmesi gereklidir. Bu aşamada genellikle bir hiyerarşik yapı oluşturulur ve problem kriterleri tanımlanır.

- İlişki Matrisinin Oluşturulması:

Belirlenen kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimlerin analiz edilmesi için bir ilişki matrisi oluşturulur. Bu matris, kriterler arasındaki ilişkilerin varlığını ve gücünü gösterir [41]. Bu matris oluşturulurken kullanılan skala Tablo 5'de verilmiştir:

Tablo 5 DEMATEL değerlendirme skalası

Tanım	Değer
Etkisiz	0
Düşük etki	1
Orta derecede etki	2
Yüksek derecede etki	3
Çok yüksek derecede etki	4

- İlişki Matrisinin Normalize Edilmesi:

Oluşturulan ilişki ilişkilerin karşılaştırılabilmesi için standart hale getirilerek normalleştirilir.

- Toplam Etki ve Neden-Sonuç Analizi:

Normalize edilmiş matristen hareketle, her kriterin toplam etkisi ve neden-sonuç ilişkileri analiz edilir.

- Ağırlıkların Hesaplanması:

2.2.5. Yöntemlerin Değerlendirilmesi

AHP yöntemi, karar kriterlerine göre önceliklendirme yaparak, karar vericilerin her kriteri ve alternatif arasındaki çift yönlü karşılaştırmalarına dayalı bir ağırlıklandırma süreci sunar. Bu yöntemin avantajları arasında, çift yönlü karşılaştırma sayesinde karar vericinin tercihlerine uygun ağırlıklandırma yapılabilmesi ve sayısal olmayan niteliksel kriterlerin de hesaba katılabilmesi bulunur. Ancak, karmaşık kriter setlerinde sürecin uzun süremesi ve yöntemin subjektif olması nedeniyle karar vericinin öznel değerlendirmelerine dayanması zayıf yönleri arasındadır [36-38].

DEMATEL yöntemi, kriterler arasındaki nedensel ilişkileri inceleyerek ağırlıkları belirler ve bu ilişkiler doğrultusunda kriterlerin birbirleri üzerindeki etkisini değerlendirir. Bu yöntemin avantajları, kriterler arasındaki etkileri belirleyerek daha derin bir analiz sunması ve karmaşık sistemlerde faktörler arası bağımlılıkları ortaya çıkararak hangi kriterlerin daha kritik olduğunu göstermesidir. Ancak, kriterler arasındaki etki derecelerini belirlemek zorlayıcı olabilir ve yöntem subjektif değerlendirmelere dayanabilir; ayrıca, kriterler arasındaki nedensel ilişkileri anlamak her durumda pratik olmayı bilir [36, 42].

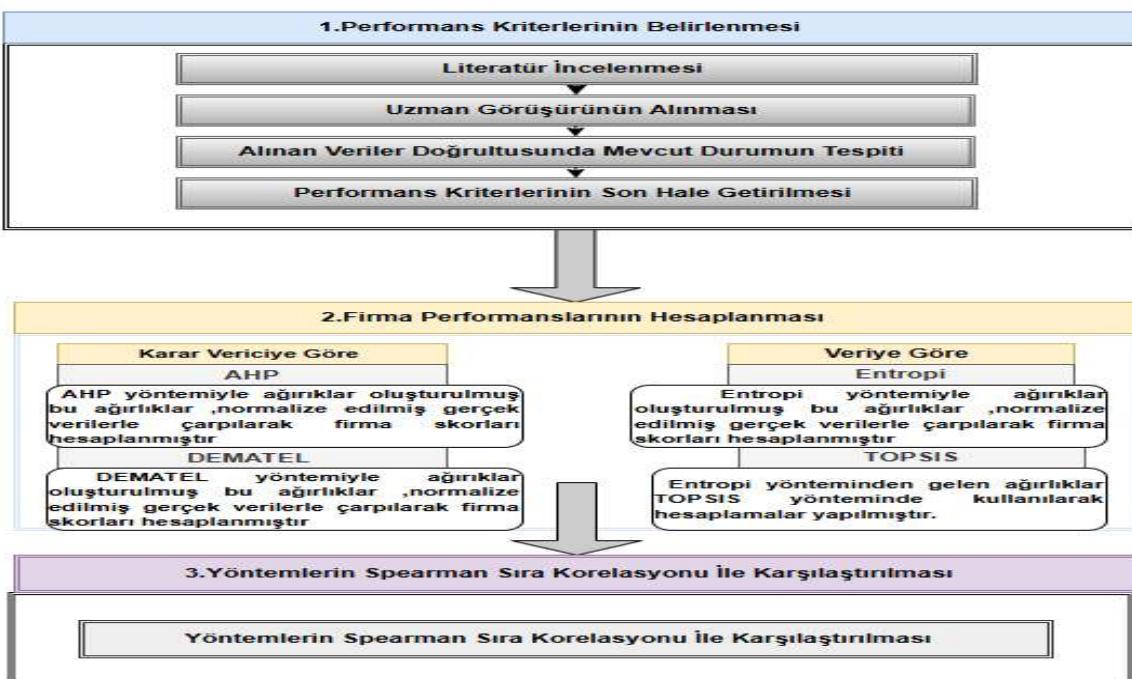
Entropi yöntemi, veri içindeki bilgilere dayalı olarak objektif ağırlıklar belirler ve kriterlerin kendi dağılımlarındaki bilgi miktarını kullanarak ağırlık hesaplaması yapar. Bu yöntemin avantajları, nesnel bir yapıya sahip olması ve karar vericinin subjektif değerlendirmelerini içermemesi, ayrıca veri odaklı olduğu için karar vericinin yorumu olmadan belirli bir güvenilirlik sunmasıdır. Ancak, kriterlerdeki değişkenliğin az olduğu durumlarda etkisiz kalabilir ve tamamen verilere dayalı olduğu için karar vericinin tercihlerine uygun olmayan sonuçlar ortaya çıkabilir [43].

TOPSIS yöntemi, ideal ve negatif ideal çözümlere olan mesafelere göre alternatifleri sıralayarak ağırlıklandırma yapar. Ağırlıklar genellikle başka bir yöntemle belirlenir, ancak doğrudan veri üzerinden hesaplanması veya karar verici tarafından belirlenmesi de mümkündür. Bu yöntemin avantajları arasında, ideal çözüme en yakın ve negatif çözüme en uzak alternatifin belirlenmesini sağlama, basit, anlaşılır ve uygulaması kolay olması bulunmaktadır. Ancak zayıf yönleri arasında ağırlıkların belirlenmesi için genellikle başka bir yönteme ihtiyaç duyması ve kriterlerin bağımsız olması varsayımla çalışması yer alır; bu nedenle, kriterler arasında ilişkiler varsa uygun olmamayabilir. TOPSIS, hem objektif hem de subjektif kriterlerin olduğu durumlarda en iyi alternatifi belirlemek için tercih edilir. [35]. Yöntemlerde ağırlıklandırma ile ilgili karşılaştırma Tablo' 6 da verilmiştir.

Tablo 6 Kullanılan ÇKKV yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ağırlıklandırma Türü	Avantajları	Dezavantajları
AHP	Karar vericinin tercihine dayalı	Çift yönlü karşılaştırma, niteliksel kriterler	Subjektif, karmaşık kriterlerde uzun hesaplama
DEMATEL	Karar vericinin tercihi/Kriterler arası nedensel ilişkiler	Nedensel ilişkiler analizi, bağımlılıkları belirler	Subjektif, karmaşık kriterlerde uzun hesaplama
Entropi	Veri odaklı, objektif	Nesnel ağırlıklandırma, veri güvenilirliği	Düşük değişkenlikte az etki, karar verici tercihi yansıtma
TOPSIS	Genellikle başka bir yöntemle belirlenir, ya da doğrudan veri	İdeal çözüme yakınlık, Anlaşılır, alternatif sıralama	Kriter bağımsızlığı varsayımlı, ağırlık belirleme ihtiyacı

Performans metriklerinin oluşturulması aşamasında, önce literatür taraması yapılmış ve ardından uzman görüşleri alınarak metrikler belirlenmiştir. Metriklerin belirlenmesinin ardından, firma performanslarının hesaplanması adımına geçilmiş ve bu süreçte verilerin normalizasyonu, ağırlıklandırılması ve sıralaması yapılmıştır. Hesaplamalar, karar vericiye göre AHP ve DEMATEL yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar kullanılarak 13 kriteye ait normalize edilmiş değerlerin bu ağırlıklarla çarpılarak firmaların performans skorları elde edilmiştir. Ayrıca veriye göre Entropi yöntemi sonucunda elde edilen ağırlıklar kritere ait normalize edilmiş değerlerle çarpılarak Entropi ağırlıklarıyla firmaların performans skorları belirlenmiştir. Yine veriye göre Entropi yöntemiyle elde edilen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak firmaların performans skorları elde edilmiştir. Ardından Sperman ikili korelasyon yöntemiyle her bir yöntemdeki firma sıralamaları alınmış ve yöntemler ikili olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 2'de çalışmanın aşamaları yer almaktadır.



Şekil 2 Çalışma akış şeması

3. Bulgular

Çalışmada, karar vericiye göre AHP ve DEMATEL yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar ve Entropi yöntemi sonucunda elde edilen ağırlıklar kullanılarak 13 kriterde ait normalize edilmiş değerlerin bu ağırlıklarla çarpılarak firmaların performans puanları elde edilmiştir. Ayrıca TOPSIS yönteminde kriterde ait normalize edilmiş değerler Entropi ağırlıklarıyla çarpılarak firmaların performans puanları belirlenmiştir. Yöntemlerle elde edilen puanlar incelendiğinde genel olarak firma performanslarının belirlenen metrikler açısından yeterli düzeyde olmadığı değerlendirilmiştir. Bu nedenle firmaların sınıflandırmasına karar verilmiş ve tüm yöntemler için firmaların min-max ve ortalama puanları hesaplanmıştır. Firmaların min-max ve ortalama puanları Tablo 7 de verilmiştir.

Tablo 7. Firmaların min-max ve ortalama puanları

	AHP	DEMATEL	ENTROPI	TOPSIS
MİN	4	6	4	4
MAX	62	54	58	53
ORTALAMA	15,92	16,8	16,5	15,5

Tablo 7 incelendiğinde yöntemlerin çoğunuğunda ortalamanın 15-16 civarında olduğu görülmektedir. Bu nedenle genel ortalamalar üzerinden belirlenen bağlı ölçekte 0-15 puan arası başarısız kabul edilip kırmızı renk ile gösterilmiştir. 16-30 puan alan firmalar zayıf olarak nitelendirilmiştir. Performanslarının düzeltilmesi gereği değerlendirilen bu firmalar sarı renk ile gösterilmiştir. 30 ve üzerinde alan firmalar performansı daha başarılı firmalar kabul edilmiş ve yeşil renk ile gösterilmiştir.

Kriterler belirlenirken uzmanlarla yapılan görüşmelerde son derece önemli olan "İhracat ve fikri mülkiyet" kriterleri de ön plana çıkmış ancak ihracat ve fikri mülkiyet ile ilgili veriler tüm firmalar tarafından sağlanamadığı için model içine dahil edilmesinin sakıncalı olacağını; kriterlerin ek başarı kriterleri olarak değerlendirilmesinin daha uygun olacağı, firmaların ayırt edici yönleri olarak vurgulanabileceği ve bu nedenle puan ve skorlardan bağımsız olarak bu göstergelere sahip firmalara ayrıca kod verilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Uluslararası fikri mülkiyet edinimi B1, Ulusal fikri mülkiyet edinimi B2 olarak belirlenmiştir. İhracat rakamları ile ilgili olarak 1 milyon doların üstünde ihracat yapan firmalar A1 kategorisinde, 100 bin ile 1 milyon dolar arasında ihracat yapan firmalar A2 kategorisinde ve 100 bin altında ihracat yapan firmalar ise A3 kategorisinde değerlendirilmiştir. Daha sonraki hesaplamlarda da kullanılacak bu sınıflama Tablo 8'de toplu olarak şematize edilmiştir.

Tablo 8. Sınıflama

Puana Göre		Ek Kriterlere Göre			
Yeşil: Y	30 ve üzeri	Fikri Mülkiyet Edinimi	Sınıf	İhracat Tutarı (ABD Doları)	Sınıf
Sarı: S	16-29	Uluslararası	B1	> 1.000.000	A1
Kırmızı: K	0-15	Ulusal	B2	100.000-1.000.000	A2
				<100.000	A3

3.1. Entropi Bulguları

Mevcut veriler kullanılarak Entropi yöntemi ile ağırlıklandırma yapılmış ve veri ağırlıkları Tablo 9da verildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 9 . Entropi ağırlık tablosu

Kriterler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ağırlık	0,023	0,044	0,053	0,044	0,089	0,014	0,056	0,082	0,103	0,155	0,085	0,153	0,099

Tablo 9 'daki ağırlıklar kullanılarak elde edilen Entropi sıralamaları Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10. Entropi sonuçları

Firma	Puan	Sınıf	Firma	Puan	Sınıf
Firma 01	7		Firma 21	16	
Firma 02	7		Firma 22	19	A1
Firma 03	12		Firma 23	10	
Firma 04	18		Firma 24	8	
Firma 05	58	A1/B2	Firma 25	50	B2
Firma 06	7		Firma 26	7	A1
Firma 07	10		Firma 27	26	
Firma 08	12		Firma 28	11	
Firma 09	15		Firma 29	22	
Firma 10	44		Firma 30	12	A2
Firma 11	13		Firma 31	15	A3
Firma 12	14		Firma 32	9	A2
Firma 13	7		Firma 33	25	
Firma 14	30		Firma 34	17	B1
Firma 15	5		Firma 35	15	
Firma 16	11		Firma 36	23	
Firma 17	15	A3	Firma 37	4	B2
Firma 18	12		Firma 38	23	
Firma 19	19		Firma 39	9	
Firma 20	13		Firma 40	10	

Tablo 10 incelediğinde, 4 firmanın yeşil kategoride, 12 firmanın sarı kategoride ve 24 firmanın kırmızı kategoride yer aldığı görülmektedir. Firmaların ortalama puanı 16,5' dir. Ayrıca 3 firma A1, 2 firma A2, 2 firma A3, 1 firma B1 ve 2 firma B2 kategorisinde yer almaktadır.

3.2. TOPSIS Bulguları

Entropi yönteminden elde edilen ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuçlar Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11. TOPSIS sonuçları

Firma	Puan	Sınıf	Firma	Puan	Sınıf
Firma 01	7		Firma 21	12	
Firma 02	5		Firma 22	14	A1
Firma 03	8		Firma 23	10	
Firma 04	22		Firma 24	6	
Firma 05	53	A1	Firma 25	42	B2
Firma 06	6		Firma 26	7	A1
Firma 07	10		Firma 27	19	
Firma 08	12		Firma 28	9	
Firma 09	14		Firma 29	24	
Firma 10	38		Firma 30	18	A2
Firma 11	10		Firma 31	15	A3
Firma 12	11		Firma 32	5	A2
Firma 13	11		Firma 33	22	
Firma 14	26		Firma 34	47	B1
Firma 15	4		Firma 35	11	
Firma 16	9		Firma 36	19	
Firma 17	13	A3	Firma 37	13	B2
Firma 18	11		Firma 38	17	
Firma 19	14		Firma 39	8	
Firma 20	10		Firma 40	9	

Tablo 11 incelediğinde, 4 firmanın yeşil kategoride, 9 firmanın sarı kategoride ve 23 firmanın kırmızı kategoride yer aldığı görülmektedir. Firmaların ortalama puanı 15,5' dir. Ayrıca 3 firma A1, 2 firma A2, 2 firma A3, 1 firma B1 ve 2 firma B2 kategorisinde yer almaktadır.

3.3. AHP Bulguları

Verilerin ağırlıklandırılması AHP yönetimi ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre belirlenen kriterlerin karşılaştırılması Bakanlıkta görevli 4 uzmanın ve 4 teknopark yöneticisinin girdileriyle gerçekleştirilmiş bu görüşler neticesinde ağırlık matrisi oluşturulmuştur. Buna göre karşılaştırma matrisi ve ortaya çıkan kriter ağırlıkları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12 Karşılaştırma matrisi ve kriter ağırlıkları

Amaç	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	Ağırlık
M1	1	9	9	5	3	7	7	5	7	1/3	2	1/2	3	0,15
M2	1/9	1	1/2	1/5	1/9	1/3	1/3	1/3	1/4	1/9	1/7	1/8	1/9	0,01
M3	1/9	2	1	1/5	1/8	1/3	1/3	1/3	1/3	1/9	1/7	1/8	1/9	0,01
M4	1/5	5	5	1	1/3	3	4	2	3	1/6	1/3	1/4	1/2	0,05
M5	1/3	9	8	3	1	5	5	3	4	1/4	1/2	1/3	2	0,09
M6	1/7	3	3	1/3	1/5	1	2	1/2	1/2	1/7	1/5	1/7	1/3	0,02
M7	1/7	3	3	1/4	1/5	1/2	1	1/2	1/2	1/7	1/5	1/6	1/3	0,02
M8	1/5	3	3	1/2	1/3	2	2	1	2	1/7	1/5	1/6	1/2	0,03
M9	1/7	4	4	1/3	1/4	2	2	1/2	1	1/8	1/5	1/6	1/3	0,03
M10	3	9	9	6	4	7	7	7	8	1	3	2	5	0,23
M11	1/2	7	7	3	2	5	5	5	5	1/3	1	1/3	3	0,11
M12	2	8	8	4	3	7	6	6	6	1/2	3	1	3	0,17
M13	1/3	9	9	2	1/2	3	3	2	3	1/5	1/3	1/3	1	0,07

Hesaplanan ağırlıklar, teknopark firmalarının normalleştirilmiş verileri ile çarpılarak firmaların puanları hesaplanmıştır. AHP yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 13'de verilmektedir.

Tablo 13. AHP sonuçlar

Firma	Puan	Sınıf	Firma	Puan	Sınıf
Firma 01	6		Firma 21	11	
Firma 02	9		Firma 22	17	A1
Firma 03	13		Firma 23	4	
Firma 04	23		Firma 24	5	
Firma 05	62	A1/B2	Firma 25	57	
Firma 06	7		Firma 26	8	A1
Firma 07	4		Firma 27	24	
Firma 08	9		Firma 28	9	
Firma 09	11		Firma 29	22	
Firma 10	48		Firma 30	10	A2
Firma 11	11		Firma 31	12	A3
Firma 12	12		Firma 32	9	A2
Firma 13	5		Firma 33	20	
Firma 14	36		Firma 34	22	B1
Firma 15	8		Firma 35	14	
Firma 16	14		Firma 36	16	
Firma 17	13	A3	Firma 37	6	B2
Firma 18	10		Firma 38	21	
Firma 19	17		Firma 39	10	
Firma 20	10		Firma 40	12	

Tablo 13 incelendiğinde, 4 firmanın yeşil kategoride, 9 firmanın sarı kategoride ve 27 firmanın kırmızı kategoride yer aldığı görülmektedir. Firmaların ortalama puanı 15,93' dir. Ayrıca 3 firma A1, 2 firma A2, 2 firma A3, 1 firma B1 ve 2 firma B2 kategorisinde yer almaktadır.

3.4. DEMATEL Bulguları

Uzman görüşü ile belirlenen DEMATEL ilişki matrisi Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. DEMATEL ilişki matrisi

Kriterler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.Toplam İşbirliği	0	2	3	1	1	2	1	1	1	3	3	2	2
2.Toplam Proje Sayısı/Toplam Ar-Ge Personeli	2	0	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
3.Ticarileşen Projeler Toplam Geliri /Tamamlanan Proje Sayısı	3	2	0	2	2	1	1	1	1	4	4	4	3
4.Toplam Ar-Ge Harcaması /Toplam Ar-Ge Personel Sayısı	1	1	2	0	3	1	1	1	1	3	3	3	3
5. Toplam Ar-Ge Geliri /Toplam Ar-Ge Personel Sayısı	1	1	2	3	0	2	3	1	1	3	3	3	2
6. Alınan Destek Fonları /Teknoparkta Geçirilen Süre	2	1	1	1	2	0	2	1	1	2	2	2	2
7.Toplam Ar-Ge Personel Sayısı/Devam Eden Proje Sayısı	1	1	1	1	3	2	0	1	1	2	2	2	3
8.Doktoralı Personel Sayısı /Toplam Ar-Ge Sayısı	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2
9.Kadın Arge-Personeli Sayısı/Toplam Ar-Ge Personeli Sayısı	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2
10. Ticarileşen projeler Toplam Geliri	3	2	4	3	3	2	2	1	1	0	4	4	4
11. Ticarileşen Proje Sayısı	3	2	4	3	3	2	2	1	1	4	0	4	4
12.Ticarileşme Oranları (Ticarileşen Projeler Toplam Geliri /Teknoparkta Kalma Süresi)	2	1	4	3	3	2	2	1	1	4	4	0	4
13.Büyüme İstihdam (Ar-Ge Personeli Sayısı /Teknoparkta Geçirilen Yıl)	2	1	3	3	2	2	3	2	2	4	4	4	0

Bulunan ağırlıklar, teknopark firmalarının normalleştirilmiş verileri ile çarpılarak firmaların puanları hesaplanmıştır. DEMATEL yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15. DEMATEL sonuçları

Firma	Puan	Sınıf	Firma	Puan	Sınıf
Firma 01	7		Firma 21	14	
Firma 02	9		Firma 22	19	A1
Firma 03	14		Firma 23	7	
Firma 04	23		Firma 24	7	
Firma 05	54	A1/B2	Firma 25	50	
Firma 06	8		Firma 26	11	A1
Firma 07	7		Firma 27	28	
Firma 08	9		Firma 28	10	
Firma 09	13		Firma 29	25	
Firma 10	42		Firma 30	11	A2
Firma 11	12		Firma 31	15	A3
Firma 12	16		Firma 32	9	A2
Firma 13	6		Firma 33	27	
Firma 14	32		Firma 34	24	B1
Firma 15	7		Firma 35	14	
Firma 16	15		Firma 36	19	
Firma 17	12	A3	Firma 37	7	B2
Firma 18	10		Firma 38	24	
Firma 19	20		Firma 39	12	
Firma 20	11		Firma 40	12	

Tablo 15 incelediğinde, 4 firmanın yeşil kategoride, 9 firmanın sarı kategoride ve 27 firmanın kırmızı kategoride yer aldığı görülmektedir. Firmaların ortalama puanı 16,8 dir. Ayrıca 3 firma A1, 2 firma A2, 2 firma A3, 1 firma B1 ve 2 firma B2 kategorisinde yer almaktadır.

3.5. Sperman İkili Korelasyon Karşılaştırması İle Yöntemlerin İncelenmesi

Spearman ikili korelasyon karşılaştırması, iki değişken arasındaki monoton ilişkiyi incelemek için kullanılır. Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı, veri setlerindeki sıralamaların korelasyonunu ölçer [44] ve Pearson korelasyon katsayısından farklı olarak verilerin dağılımına bağlı değildir. Yöntemin genel formülasyonu aşağıdaki gibidir [45].

Aşamalar

- Veri Toplanması ve Sıralanması: İki değişken için veri setleri belirlenir. Her bir veri seti için değerler sıralanır ve sıralama numaraları atanır.
- Sıralama Farklarının Hesaplanması: Her bir çift için sıralama farkları d_i hesaplanır.
- Spearman Korelasyon Katsayısının Hesaplanması: Spearman korelasyon katsayısi ρ hesaplanır.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (20)$$

Çalışmada Sperman ikili korelasyon yöntemiyle veri setleri olarak her bir yöntemdeki firma sıralamaları alınmış ve yöntemler ikili olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma tablosu Tablo 16 da verilmektedir.

Tablo 16 Korelasyon ilişkileri

SIRALAMA	AHP	DEMATEL	ENTROPİ	TOPSIS
AHP	1,00	0,950	0,892	0,653
DEMATEL	0,950	1,000	0,928	0,693
ENTROPİ	0,892	0,928	1,000	0,755
TOPSIS	0,653	0,693	0,755	1,000

Korelasyon testine göre 0.9 ve üzeri korelasyon değerleri, yöntemler arasında çok yüksek düzeyde bir ilişki bulduğunu; 0.7 ve 0.89 arasındaki korelasyon değerleri, yöntemler arasında yüksek bir ilişki bulduğunu; 0.5 ve 0.69 arasındaki korelasyon değerleri, yöntemler arasında orta düzeyde bir ilişki bulduğunu ve 0.49 ve altındaki korelasyon değerleri, yöntemler arasında zayıf düzeyde bir ilişki bulduğunu göstermektedir.

Tablo 15 incelediğinde, Karar vericiye bağlı yöntemler (AHP ve DEMATEL) ve veriye bağlı yöntemlerin (Entropi ve TOPSIS) genel olarak birbirleriyle yüksek düzeyde ilişki gösterdiği; TOPSIS yönteminin diğer yöntemlerden belirli ölçüde farklı sonuçlar ürettiği görülmektedir. Bununla birlikte 0,49 ve altında değer olmaması eksiyetle yöntemlerin arasında güçlü pozitif korelasyonlar olduğunu ve bunun da yöntemlerin genellikle benzer sıralamalar ürettiğini ifade etmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada, teknoparklarda yer alan 40 firmanın 2016-2022 yılları arasındaki performansları, ÇKKV yöntemlerinden AHP, DEMATEL, Entropi ve TOPSIS yöntemleriyle ölçülmüştür. Verilerin alınmasında teknopark ve firma isimleri anonim tutulmuş, devamlılık esasına göre seçilen firmalar incelenmiştir. Puanlar göz önüne alındığında, firmaların belirlenen kriterlere uyum sağlama kapasitelerinin genellikle zayıf olduğu tespit edilmiştir. Tüm yöntemlerle yapılan hesaplamalar incelediğinde çok az sayıda firma yeşil kategoride yer alırken birçok firma kırmızı kategoride yer almıştır.

Spearman ikili korelasyon analizi, yöntemler arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. AHP ve DEMATEL arasında çok güçlü bir pozitif korelasyon (0,95) bulunmuş, bu da karar vericilerin benzer yargılardan yöntem sonuçlarını etkilediğini göstermektedir. Diğer çok güçlü pozitif korelasyon DEMATEL-Entropi (0,928) yöntemleri arasında gözlemlenmiştir. Bu durum, karar vericiye bağlı yöntemler ile veriye dayalı yöntemlerin genel olarak benzer sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır.

Öte yandan, Entropi ve TOPSIS (0,755) yöntemleri arasında güçlü bir pozitif ilişkiye işaret etmesi veriye dayalı yöntemlerin de kendi aralarındaki tutarlılığı desteklemekte olduğunu göstermektedir. Diğer güçlü pozitif korelasyon AHP ve Entropi (0,892) yöntemleri arasında gözlemlenmiştir. Bu durumda, karar vericiye bağlı yöntemler ile veriye dayalı yöntemlerin genel olarak benzer sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır.

Son olarak, AHP ve TOPSIS (0,653) ve DEMATEL ve TOPSIS (0,693) arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Bu, TOPSIS'in veriye daha duyarlı olması nedeniyle, diğer yöntemlerle kıyaslandığında farklı sonuçlar üretileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, karar vericiye bağlı yöntemler (AHP ve DEMATEL) ile veriye bağlı yöntemler (Entropi ve TOPSIS) arasında genel olarak yüksek korelasyonlar bulunmuş, ancak TOPSIS'in diğer yöntemlerden daha farklı sonuçlar üretileceği de tespit edilmiştir. Bu bulgular, yöntemlerin genellikle benzer sıralamalar ürettiğini, ancak veri duyarlılığının sonuçları etkileyebileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, teknopark yönetimi ile paylaşılmış olup, gelecekte performans ölçümlerinin kararlarda daha etkin kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- [1] Kiper M., Dünyada ve Türkiye'de Üniversite-Sanayi İşbirliği ve Bu Kapsamda Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezleri Programı (ÜSAMP), Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı Yayıncı, Ankara, 2010.
- [2] Alkibay S., Orhaner E., Korkmaz S. Sertoglu A.E., Üniversite sanayi işbirliği çerçevesinde teknokentler, yönetimsel sorunları ve çözüm önerileri, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26 (2), 65-90, 2012.
- [3] Kaygın E., Güven B., Girişimcilik: Temel Kavramlar, Girişimcilik Türleri, Girişimcilikte Güncel Konular, Siyahinci Akademi, İstanbul, 2015.
- [4] Wicaksono A., Ririh K.R., Understanding technological knowledge spillover in a science technology park ecosystem: An ethnographic study. *Asian Journal of Technology Innovation*, 30 (3), 559-580, 2021.
- [5] Erenler Y., Teknopark alanlarının fiziki planlama ilkelerinin irdelenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2007.
- [6] Eren M., Türkiye'nin teknolojik gelişmesinde teknokentler ve Ar-Ge desteği, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2011.
- [7] Nosonov A., Letkina N., Technoparks as centers of regional economic development, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8 (12), 4213-4218, 2019.
- [8] Cansız M., 2023'e Doğru Türkiye Teknoparkları, Kalkınma Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2017.
- [9] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, İstatistik veriler. <https://www.sanayi.gov.tr/istatistikler/istatistik-bilgiler/mi0203011501>. Yayın tarihi Temmuz 7, 2023. Erişim tarihi Nisan 10, 2023.
- [10] Baykul, H. (2015). Türkiye'deki Teknoloji Geliştirme Bölgeleri yönetici şirketlerinin etkinlik analizi (Doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı.
- [11] Demirel, O. (2015). TR42 Doğu Marmara Bölgesi teknokentlerinde bilişim işletmelerinin inovasyon süreç performansı (Yüksek lisans tezi). Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı.
- [12] Çakır, F. (2015). Borsa İstanbul'da kote olan teknoloji/bilişim şirketlerinin etkinlik analizi: Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) uygulaması (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı.
- [13] Karagöz, Ö. (2020). Türkiye'deki üniversitelerin etkinlik ölçümü ve performanslarının karşılaştırılması: Panel veri analizi (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Ekonometri Bilim Dalı.
- [14] Güzel, T., & Ünlü, H. (2024). Türkiye'deki Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin Etkinliğinin İki Aşamalı Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi* 1-1. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1375638>
- [15] Önal, M. (2023). TR42 Doğu Marmara Teknoloji Geliştirme Bölgesi performans analizi: CRITIC tabanlı WASPAS ve SAW uygulaması (Yüksek lisans tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı.
- [16] Batmantaş, H. (2024). Teknoparkların bölgesel kalkınma üzerindeki etkisi kuruluş yeri ve yapısının düzenleyici rolü ile yenilik ve verimliliğin aracı rolü Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / İşletme Ana Bilim Dalı / İşletme Bilim Dalı
- [17] Akal Yılmaz, D. (2022). Teknoloji geliştirme bölgeleri yönetici şirketlerinin işbirliği alternatiflerinin araştırılması: Bir karar verme modeli olarak bulanık AHP uygulaması (Yüksek lisans tezi). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Bilim Dalı.
- [18] Çiftçi, F. (2017). Teknoloji transfer ofislerinin (TTO) performanslarının ölçülmesi: Türkiye örneği (Yüksek lisans tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilim ve Teknoloji Politikası Çalışmaları Anabilim Dalı.
- [19] Bigliardi, B., Dormio, A. I., Nosella, A., & Petroni, G. (2006). "Assessing Science Parks' Performance: A Assessing science parks' performances: directions from selected Italian case studies." *Technovation*, 26(4), 489-504.
- [20] Fukugava, N. (2006). "Science Parks in Japan and Their Value-Added Contributions to New Technology-Based Firms." *International Journal of Industrial Organization*, 24(2), 381-400.
- [21] Evaluation of national science park systems: a theoretical framework and its application to the Italian and Spanish systems A Albahari, G Catalano, P Landoni - Technology Analysis & Strategic Management, 2013
- [22] Sohn, S. Y., & Kim, Y. G. (2012). "Decision Tree Based Technology Credit Scoring for Start-Up Firms." *Expert Systems with Applications*, 39(7), 5992-5997.

- [23] Yu, A., Shi, Y., You, J., & Zhu, J. (2021). Innovation performance evaluation for high-tech companies using a dynamic network data envelopment analysis approach. *European Journal of Operational Research*, 292(1), 199-212. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.011>
- [24] Cardoso da Silva, D. J., de Oliveira Gibbon, A. R., Teixeira, C. S., Piqué Huerta, J. M., Pereira da Veiga, C., & Flores, L. F. (2023). Defining indicators for performance evaluation in science and technology parks. *IEEE Engineering Management Review*, 51(3), 77-85.
- [25] Kharabsheh, R. (2012). Critical success factors of technology parks in Australia. *International Journal of Economics and Finance*, 4(7), 57-65. <https://doi.org/10.5539/ijef.v4n7p57>
- [26] Ng W.K.B., Appel-Meulenbroek R., Cloost M., Arentze T., Perceptual measures of scienceparks: Tenant firms' associations between science park attributes and benefits, *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120408, 2021.
- [27] Guadix J., Carillo-Castrillo J., Onieva L., Navascues J., Success variables in science and technology parks, *Journal of Business Research*, 69, 4870-4875, 2016.
- [28] https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264043466_en.pdf?expires=1719491758&id=id&accname=oid025921&checksum=A0F6FF8AABF9C7C2BCD02C45C99BEA7B
- [29] Samira El Gibari & Trinidad Gómez & Francisco Ruiz, 2019. "Building composite indicators using multicriteria methods: a review," *Journal of Business Economics*, Springer, vol. 89(1), pages 1-24, February.
- [30] Wang, T.C., & Lee, H.D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985.
- [31] Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). "A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making". *Technological and Economic Development of Economy*
- [32] Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications". Springer.
- [33] Wu, W.W., & Lee, Y.T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 499-507
- [34] Deng, H., Yeh, C. H., & Willis, R. J. (2000). "Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights". *Computers & Operations Research*.
- [35] Wang, T.C., & Lee, H.D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985.
- [36] Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- [37] Liberatore, M.J. & Nydick, R.L. (2008). The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 194-207.
- [38] Yaralıoğlu, K, Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses, DEÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 16, Sayı 1, 2001.
- [39] Aydin, Ö, Akçalı, E, Öznehir S, Ankara için optimal hastane yeri seçiminin analitik hiyerarşi süreci ile modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İ.I.B.F Dergisi C.14, s.2 s.69-86, 2009.
- [40] Zhu, J. & Fan, W. (2011). A methodology for evaluating enterprise mashup platforms based on DEMATEL and ANP. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 1117-1126.
- [41] Wang, T.C. & Elhag, T.M.S. (2006). A fuzzy TOPSIS based approach for strategic alliance partner selection in the airline industry. *Expert Systems with Applications*, 30(4), 726-733.
- [42] W. H. Tsai, W. C. Chou and C. W. Lai, "An Effective Evaluation Model and Improvement Analysis for National Park Websites: A Case Study of Taiwan," *Tourism Management*, Vol. 31, No. 6, 2010, pp. 936-952 doi:10.1016/j.tourman.2010.01.016
- [43] Yang, Z., Liu, P., Xu, X., & Xu, C. (2016). Multiobjective evaluation of midblock crosswalks on urban streets based on TOPSIS and entropy methods. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2588), 1-8.
- [44] Holm, S., & Björk, J. (2003). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65-70.
- [45] Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2011). *Nonparametric Statistical Inference*. CRC Press.