



ULUSAL İNOVASYON PERFORMANSININ ÖLÇÜMÜ İÇİN ÇOK NİTELİKLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE BİR MODEL DENEMESİ

Mehmet Nuri İNEL^[*]
Malik Volkan TÜRKER^[**]

Özet

İnovasyonun hem işletmeler hem de ülke ekonomileri için önemi her geçen gün artmaktadır. Ülkelerin inovasyon potansiyelleri ve performansları çeşitli endeksler aracılığıyla ilgili kuruluşlar tarafından hesaplanmakta, diğer ülkelerin performanslarıyla kıyaslanmakta ve açıklanmaktadır. Bu çalışma Çok Nitelikli Karar Verme Tekniklerinin yazındaki genel kullanımından farklı bir alanda hesaba katılmayı, Analitik Hiyerarşi Süreci ile Topsis yöntemlerini karşılaştırmayı ve inovasyon endeksi için mevcut hesaplama yöntemlerine alternatif oluşturacak şekilde çok nitelikli karar verme tekniklerinin kullanımıyla değişken sayısının azaltılarak farklı bir hesaplama yöntemi sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok Nitelikli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Süreci, Topsis, Ulusal İnovasyon Sistemi, Ulusal İnovasyon Performansı

JEL Sınıflaması: D70, O32, C00

A MODEL ESSAY FOR MEASURING NATIONAL INNOVATION PERFORMANCE WITH MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS

Abstract

The importance of innovation for enterprises and country economies increases day by day. Innovation potential and performance of countries are counted, compared with other countries and explained. The aims of this study are using Multi Attributed Decision Making Methods different from general using area, comparing The Analytic Hierarchy Process (AHP) and Topsis and offering a different method for innovation index with using multi attribute decision making methods, as an alternative approach to general use by decreasing numbers of variables.

Keywords: Multi Attribute Decision Making, AHP, Topsis, National System of Innovation, National Innovation Performance

JEL Classification: D70, O32, C00

[*] Öğr. Gör. Dr. Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, mninel@marmara.edu.tr

[**] Yrd. Doç. Dr. Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, vturker@marmara.edu.tr

I. Giriş

İnovasyonun hem ülke ekonomileri hem de işletmeler için önemi her geçen gün artmaktadır. Ülkelerin inovasyon potansiyelleri ve performansları çeşitli endeksler aracılığıyla ilgili kuruluşlar tarafından hesaplanmakta, diğer ülkelerin performanslarıyla kıyaslanmakta ve açıklanmaktadır. Bu çalışmada ülkelerarası inovasyon endeksi çok nitelikli karar verme tekniklerinin kullanımıyla hesaplanmaya çalışılmıştır. Mevcut inovasyon endeksinde kullanılan değişkenlerin sayısı azaltılarak üç değişken (nitelik) ile hesaplama yapılacaktır. Çok nitelikli karar verme tekniklerinin yazındaki genel kullanımlarından farklı bir alanda hesaba katılması, tekniklerin karşılaştırılması ve inovasyon endeksi için farklı bir hesaplama yöntemi sunması ve değişken sayısının azaltılması çalışmanın amacını ortaya koymaktadır.

Yazın araştırmasının yer alacağı kısımda hem çok nitelikli karar verme teknikleri hem de inovasyon endeksi detaylıca incelenecektir. Bu alanda yapılan önceki çalışmalarda neler yapıldığı da değerlendirilecektir.

Çalışmanın ilk kısmında inovasyon endeksi tanımlanarak amacı, kapsamı ve önemi ifade edilecektir. İkinci bölümde çok nitelikli karar verme kavramı incelenerek Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Topsis yöntemleri aktarıldıktan sonra yazındaki kullanımlarına değinilerek, çalışmada yer aldığı şekilde iki tekniğinde kullanıldığı çalışmalar ifade edilecektir. Bu bölümde ayrıca araştırmanın konusunu oluşturan ve ülkelerin inovasyon değerlendirmeleri ile ilgili çok nitelikli karar verme tekniklerinin kullanıldığı çalışmalar ifade edilerek konunun teorik çerçevesi tamamlanacaktır.

Çalışmanın üçüncü kısmında kurulan model ve değişkenler tanımlanarak 2013 ve 2014 yılları için hem AHP tekniğinin hem de Topsis yönteminin uygulanmasıyla ülkelere ait çıktı değerleri belirlenecektir. İlgili bölümde hem AHP hem de Topsis yöntemi ile elde edilen değerler mevcut inovasyon endeksi skorlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

Son kısımda da sonuçlar değerlendirilecek ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulacaktır.

2. İnovasyon Endeksi

Ünlü İtalyan bilim insanı Galileo Galilei'ye atfedilen meşhur; “*Sayılabileni say, ölçülebileni ölç. Ölçülemeyeni, ölçülebilir hale getir*” özdeyişi, yönetim felsefesinin gelişiminde önemli bir yere sahip olmuştur.¹ Bu doğrultuda, farklı ülkelerin ulusal inovasyon sistemlerinin performanslarını -kıyaslanabilir nitelikte- ölçülebilmek veya ölçülebilir hale getirmek amacıyla yapılan çalışmalar önem kazanmıştır. Ancak inovasyonun çok karmaşık bir sistem oluşu, onu ölçebilmeyi zorlaştırmakta ve kullanılacak ölçüm sisteminin önemini ve karmaşıklığını kat be kat arttırmaktadır. Varılan bu sonuç, bu çalışmanın da çıkış noktasını oluşturmaktadır.

¹ Nizar K. Hirji. “Modern Practice Management - Basic Practice Metrics”, **Business Brief**. 09-2008. s.19.

Bir ülkenin bütün olarak inovasyon üretme potansiyelini oluşturan tüm unsurları içine alan Ulusal İnovasyon Sistemi (*İng: National System of Innovation*) kavramının yazında yer bulmasında en öne çıkan isim Chris Freeman'dir.² Söz konusu unsurlar, ülke ekonomisi dâhilinde birbirleriyle etkileşim halinde olan işletmeler, bu işletmeleri destekleyen sektörel kurumlar, özel ve devlet destekli araştırma geliştirme (Ar-Ge) işletmeleri, inovasyon ve verimlilik merkezleri, üniversiteler, mesleki eğitim kurumları ile tüm bunları destekleyen finansal yapıları içermektedir. Ulusal İnovasyon Sistemi kavramı bir ülkenin inovasyon yaratımını teşvik eden kolektif çabayı karakterize etmek için kullanılmaktadır.³

Geçmişte, ülkelerin ulusal inovasyon sistemlerinin performansının ölçülmesi esas itibarıyla Ar-Ge faaliyetlerinin bütçeleri ile sınırlı tutuluyordu. Bu durumu Freeman'ın yukarıda bahsi geçen eserinde de görmek mümkündür.⁴ Bu bakış açısı, inovasyon yaratma sürecinin Ar-Ge dışı bir takım faaliyetleri de kapsamı gerektiğine ilişkin görüşlerin yaygınlık kazanmasıyla yetersiz görülmeye başlanmıştır. Söz konusu Ar-Ge dışı faaliyetler arasında; patent başvuruları, tasarım, prototip üretimleri, çalışanların yetiştirilmesi, pazar araştırması ve son olarak yeni ürün üretme kapasitesine yapılan yatırımlar gelmektedir. Her ne kadar söz konusu Ar-Ge dışı faaliyetler niceliksel olarak hatırı sayılır seviyelerde de olsalar, inovasyon politikalarının oluşturulmasında yakın bir zaman öncesine kadar Ar-Ge istatistikleri daha güvenilir kabul ediliyor ve OECD'ye üye ülkelerde toplanan temel bilgi kaynağı oluyordu. Bu ülkelerin bir kısmında yukarıda bahsi geçen Ar-Ge dışı faaliyetlere ilişkin veri dahi toplanmıyordu.⁵

Uluslararası arenada, makroekonomik düzeyde ülkelerin ulusal inovasyon sistemlerinin performansını ölçen sistemlere bir örnek, 1990'lı yılların başında Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve Eurostat (Merkezi Lüksemburg'da bulunan Avrupa Birliği İstatistik Ofisi) tarafından başlatılmış ve sonradan Oslo Kılavuzu ile yazılı hale getirilmiş çalışmadır. Oslo Kılavuzu'nun üçüncü baskısı "Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması için İlkeler" başlığı ile yayımlanmıştır.⁶ "Ulusal performansın karşılaştırılmasına yönelik göstergeler elde etmek" bu kılavuzun esas amaçları arasında yer almaktadır.⁷

Oslo Kılavuzu'nun amacıyla ortak olarak Avrupa Birliği'nin, Lizbon stratejisi doğrultusunda, birlik üyesi ülkelerin (ve bu ülkelere ek olarak içlerinde Türkiye'nin de yer aldığı birliğe aday olan, birliğin dışında kalmayı tercih eden, Avrupa'da yer almayı kıyaslanması önemli olan ülkelerin) inovasyon performanslarının karşılaştırılabilir bir şekilde ölçülmesini amaçlayan bir

² Chris Freeman, "The 'National System of Innovation' in historical perspective", **Cambridge Journal of Economics**, 1995, 19, s.5.

³ Sibusiso T. Manzini, "The national system of innovation concept: An ontological review and critique", **South African Journal of Science**, 2012, 108(9/10), s.2.

⁴ Freeman, a.g.k, s.9

⁵ Brouwer, Erik; Kleinknecht, Alfred, "Measuring the unmeasurable: a country's non-R&D expenditure on product and service innovation", **Research Policy**, Vol. 25, 1997, s.1235.

⁶ Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) - Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (Eurostat). **Oslo Kılavuzu - Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması için İlkeler**, 3. Baskı, 2005, s.5.

⁷ OECD - Eurostat, Oslo Kılavuzu, a.g.k, s.18.

araç geliştirilmiştir. Bu araç; “Maastricht Ekonomik ve Sosyal Araştırma ve Eğitim Merkezi” tarafından Avrupa Komisyonu desteği ile -Pro Inno Europe projesi altında- 2001 yılında yayımlanmaya başlanan ve her yıl düzenli olarak yayımlanan “Avrupa İnovasyon Skor Tahtasıdır” (İng. *European Innovation Scoreboard*).⁸ Bu ölçüm aracı 2011 yılından itibaren “İnovasyon Birliği Skor Tahtası” (İng. *Innovation Union Scoreboard*) adı altında yayımlanmaya ve raporlanmaya devam etmektedir.⁹

“İnovasyon Birliği Skor Tahtası” (İng. *Innovation Union Scoreboard*) sekiz inovasyon boyutunda yer alan toplamda 25 adet değişkenden oluşan bir ölçektir. Söz konusu sekiz inovasyon boyutu kendi aralarında “kolaylaştırıcılar”, “işletme aktiviteleri” ve “çıktılar” olmak üzere üç ana başlıkta gruplanmaktadır. Ölçekte yer alan 25 değişken arasında ülkede doktora derecesinde yeni mezun sayısı, Kamu sektöründe gerçekleşen Ar-Ge harcamaları, iş dünyasında gerçekleşen AR-GE harcamaları, kendi işyerinde inovasyon yapan KOBİ (Küçük ve Orta Ölçekli işletme) oranı (%) (tüm KOBİ'lere göre), patent başvuru sayıları, bilgi yoğun faaliyetlerdeki istihdam gibi nicel değişkenler yer almaktadır.¹⁰

Bu çalışma da, “İnovasyon Birliği Skor Tahtasında” (İng. *Innovation Union Scoreboard*) yer alan ülke skorları esas alınarak yürütülecektir.

3. Çok Nitelikli Karar Verme Teknikleri

Çok kriterli karar verme çoklu ve birbiriyle çelişebilen kriterlerin varlığında karar vermeyi ifade etmektedir. Bu gibi problemlerle günlük hayatımızda oldukça karşılaşmaktayız. Çok kriterli karar vermede kriterlerin iki türü bulunmaktadır. Bunlar hedefler ve niteliklerdir. Bu sebeple çok kriterli karar verme; çok nitelikli karar verme ve çok amaçlı karar verme olarak iki başlıkta incelenmektedir. Çok amaçlı karar verme sürekli karar uzaylarıyla, özellikle matematik programlamada birden çok amaçlı fonksiyonlarla da ilgilenmektedir. Çok amaçlı karar verme teknikleri matematiksel optimizasyon teknikleri olarak da ifade edilmektedir. Çok nitelikli karar verme ise kesikli karar uzaylarındaki problemlere odaklanmaktadır.¹¹

Genel olarak çok nitelikli karar verme tekniği, sınırlı diğer bir deyişle sayılabilir sayıdaki alternatif arasında ilgili niteliklere göre seçim (değerlendirme) için kullanılmaktadır. Kriterlerin birer nitelik olarak ifade edildiği, açık bir biçimde ortaya konulduğu ve kısıtların nitelikler içerisinde değerlendirildiği sonlu sayıda alternatiflerin seçimi için kullanıldığı tekniktir.¹²

⁸ Maastricht Economic and Social Research and Training Center. **European Innovation Scoreboard 2007 - Comparative Analysis of Innovation Performance**, Şubat 2008, s.3.

⁹ Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology. **Innovation Union Scoreboard 2015**, 2015, s.7.

¹⁰ Innovation Union Scoreboard 2015, a.g.k, s.7.

¹¹ Jie Lu, Guangquan Zhang, Da Ruan, FengjieWu, **Multi Objective Group Decision Making Methods**, Imperial College Press, 2007 London, s.18; Filiz Ersöz, Mehmet Kabak, Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması, **Savunma Bilimleri Dergisi**, 9 (1), s.101

¹² Ching-LaiHwang, KwangsunYoon, **Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**, Springer

Bu çalışmada çok nitelikli karar teknikleri arasında yer alan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Topsis yöntemi kullanılacaktır. Çalışmada çok nitelikli karar verme teknikleri içerisinde yer alan AHP ve Topsis yöntemleri ile ilgili hesaplamalarda nitelik kelimesi yerine konunun anlaşılabilirliğini arttırmak amacıyla daha genel bir ifade olan kriter kavramı kullanılacaktır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Thomas Saaty tarafından model olarak geliştirilmiştir. Genel olarak problemin tanımlanması ve bilgi çeşidinin belirlenmesi süreci ile başlayan, karşılaştırmalar sonunda elde edilen önceliklerin kriter ağırlıkları ile değerlendirdiği süreç işlemsel olarak da bakıldığında kısaca aşağıdaki aşamalardan oluşur:¹³

- **Karar verme probleminin tanımlanması (karar hiyerarşisi inşası):** Alternatifler diğer bir deyişle karar noktaları (m) ve onları etkileyen kriterler (faktörler) (n) belirlenir.
- **Faktörler arasında karşılaştırmayı gösteren matris oluşturulur:** Kriterlerin hem satırlarda hem de sütunlarda bulunduğu şekilde köşegen değerlerinin 1 olduğu A matrisi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Karşılaştırmalarda Thomas Saaty'nin ifade ettiği (Tablo-1) önem skalası kullanılabilir. Buna göre hangi kriterin diğerine göre ne kadar önemli olduğu ifade edilmektedir.

Tablo-1: Önem Skalası¹⁴

| Önem Değerleri | Değer Tanımları |
|----------------|--|
| 1 | Her iki faktörün eşit öneme sahip olması |
| 3 | Bir faktörün diğerinden daha önemli olması |
| 5 | Bir faktörün diğerinden çok önemli olması |
| 7 | Bir faktörün diğerine nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması |
| 9 | Bir faktörün diğerine göre mutlak üstün bir öneme sahip olması |
| 2,4,6,8 | Ara değerler |

Tablo-1 yardımıyla oluşturulan karşılaştırma matrisinde köşegenin üstünde kalan değerler tablodan elde edildiği şekilde, altındaki değerler de aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

Verlag, Berlin, 1981 s.3-4

¹³ Kaan Yaralıoğlu, Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Prosesi, **D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi**, 16(1), 2001, s. 131; Lu vd. a.g.k. s.68; Thomas Saaty, Decision Making With The Analytic Hierarchy Process, **Int. J. Services Sciences**, 1 (1),2008, s.85

¹⁴ Thomas Saaty, How ToMake A Decision: The Analytic Hierarchy Process, **European Journal Of Operation Research**, 48, 1990, s.18

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

- **Kriterlerin yüzde önemleri belirlenir:** A matrisindeki değerlerden aşağıdaki formüle göre yararlanarak her bir kriter için B vektörü oluşturulur. B vektörleri bir araya getirilerek C matrisi oluşturulur. Oluşan C matrisinin her bir satır değerleri ortalaması hesaplanarak W vektörü hesap edilir. W vektöründe her bir kriterin önem derecesi verilmektedir. Oluşturulan karşılaştırma matrisinde tutarlılık oranının (CR) 0,10 dan daha düşük olması gerekmektedir yoksa hesaplanan ağırlık değerleri kabul edilememektedir¹⁵.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \dots \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n}$$

- **Her bir kriter için alternatiflerin yüzde önemleri hesaplanır:** Yukarıdaki işlemi her bir kriter altında seçenekler için uygulayarak bir matris oluşturulur. Her bir kriter için karşılaştırılacak alternatifler m*m boyutlu olmaktadır. Her bir kriter için S sütun vektörleri hesaplanır sütun vektörleri bir araya getirilerek K karar matrisi oluşturulur. Oluşan K karar matrisi yukarıda hesaplanan W ağırlık vektörüyle çarpılarak sonuç elde edilir.

AHP'nin iki taraflı olma, homojenlik ve bağımsız olma aksiyomu bulunmaktadır.¹⁶ Yazında beklentilerin aksiyomu olarak ifade edilen bir aksiyom daha bulunmaktadır.¹⁷

Topsis yöntemi, "Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution" ifadesinde yer alan kelimelerin baş harflerinin birleşmesiyle oluşmaktadır. Seçilmesi gereken alternatifin ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzakta olduğunu ileri sürerek hesaplama yapmaktadır. Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir. Karar matrisinin normalize edilmesi ile başlayan süreç, ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması, ideal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi, ayırım ölçülerinin hesaplanması, ideal çözüme göreli yakınlıkların hesaplanması ve sıralama şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre kısaca aşamalar aşağıdaki gibi ifade edilebilir:¹⁸

¹⁵ Saaty, a.g.k, 1990, s.15

¹⁶ Ayşe Kuruözüm, Nuray Atsan, Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, **Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi**, 1, 2001, s.85

¹⁷ Thomas Saaty, The Analytic Hierarchy Process- What It Is And How It Is Used, **Math Modelling**, 9 (3), 1987, s.168

¹⁸ Hwang, a.g.k., s.128; Nuri Ömürbek, Yunus Makas, Vesile Ömürbek, Ahp ve Topsis Yöntemleri İle Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 1 (21), 2015, s.72

- **Karar matrisinin oluşturulması ve normalize edilmesi:** Karar matrisi satırlarda alternatiflerin sütunlarda kriterlerin bulunduğu şekilde aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır. Alternatifler m ile kriterler n ile gösterilmek üzere karar matrisi (R) matris oluşturularak normalleştirilir. Normalleştirme işleminde aşağıdaki formül kullanılır.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad i = 1, 2 \dots m \quad j$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

- **Normalleşmiş olan matrisin ağırlıklandırılması:** Kriterlerin ağırlıkları (w_i) (w_i) toplamları 1 olacak şekilde belirlenir. (Uygulamada AHP tekniği kullanılmaktadır.) Her bir kriter ağırlıkları r matrisinin sütunları ile çarpılır. Buradan ağırlıklı standart karar matrisi (V) oluşur.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

- **İdeal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi:** Bu belirleme işleminde aşağıdaki formüller uygulanır. İki yapay alternatif belirlenir.

$$\text{İdeal (Pozitif)} A^+ = \left\{ \left(\text{Maks}_i v_{ij} | j \in J \right) \cdot \left(\text{Min}_i v_{ij} | j \in J' \right) \right\}$$

$$\text{İdeal (Negatif)} A^- = \left\{ \left(\text{Min}_i v_{ij} | j \in J \right) \cdot \left(\text{Maks}_i v_{ij} | j \in J' \right) \right\}$$

- **Ayrım ölçülerinin hesaplanması:** Her bir alternatif arasında yapılan ayırım, n boyutlu Euclidean (Öklit) uzaklığına göre hesaplanır. Her bir alternatifin idealden olan uzaklığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{ij}^*)^2}$$

Negatif idealden ayırım ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{ij}^-)^2}$$

- **İdeal çözüme göreli yakınlıkların hesaplanması ve sıralama:** Alternatiflerin ideale göreli yakınlıkları (C_i^*) C_i^*) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Sonuçlara göre azalan bir şekilde alternatifler sıralanabilir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$$

Yazında çok farklı alanlarda hem AHP hem de Topsis yönteminin kullanımı bulunmaktadır. AHP tekniğinin kullanıldığı çalışmalara farklı alanlarda rastlamak mümkündür. Kuruluş yeri seçimi, personel seçimi, yatırım kararları seçimi, strateji belirleme, fason işletme seçimi, işletme performansı ölçümü gibi işletmecilik alanında daha birçok örneklerine rastlamak mümkündür.¹⁹

Ayrıca Vaidya ve Kumar'ın yaptıkları 2006 yılındaki çalışmada AHP yönteminin yazın uygulamaları incelenmiştir.²⁰

Topsis yöntemi işletmecilik alanında yapılan çalışmalarda sıkça rastlanmaktadır. Personel Seçimi, finansal performans ölçümü gibi alanlarda da kullanımı bulunmaktadır.²¹ Özellikle son yıllarda hem AHP hem de Topsis yöntemleri ile ilgili olarak Fuzzy mantığın kullanıldığı uygulamalara yazında sıkça rastlanmaktadır. Çalışma konusunu dağıtmamak adına uygulama ile ilgili olan yazın kısmını inceleyelim.

AHP ve Topsis yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, Tedarikçi seçiminin yapıldığı çalışmada özellikle kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi karar için de Topsis yöntemi kullanılmıştır.²²

¹⁹ Mücella Güner, Analitik Hiyerarşi Yönteminin Fason İşletme Seçiminde Kullanılması, **Tekstil Ve Konfeksiyon**, 4/2003, s.1; İhsan Yüksel, Adnan Akın, Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemiyle İşletmelerde Strateji Belirleme, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 7 (2) 2006, s.254; İrem Figen Gülenç, Gülşah Aydın Bilgin, Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi: Ahp Yöntemi, **Öneri**, 9 Temmuz 2010, s.97; Omkarprasad S. Vaidya, Sushil Kumar, Analytic Hierarchy Process: An Overview Of Applications, **European Journal of Operational Research**, 169, 2006, s.1; Ömer Faruk Ünal, Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Personel Seçimi Alanında Uygulamaları, **Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi**, 3(2), 2011, s.1; Nuri Ömürbek, Seda Üstündağ, Özlem Ceyda Helvacıoğlu, Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama, **Yönetim Bilimleri Dergisi**, 11,(21), s.101; Kuruüzüm, a.g.m, s.83; Eddie W.L. Cheng, HengLi, Analytic Hierarchy Process An Approach To Determine, Measures For Business Performance, **Measuring Business Excellence**, 5 (3), 2001, s.30

²⁰ Vaidya, a.g.m. s.1

²¹ Hakan Özçelik, Bahar Kandemir, Bist'de İşlem Gören Turizm İşletmelerinin Topsis Yöntemi ile Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi, **Bahkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 18, (3), 2015, s. 97; Alecos Kelemenis, Dimitrios Askounis, A New TOPSIS-Based Multi-Criteria Approach to Personnel Selection, **Expert Systems with Applications**, 37, 2010, s.4999; Nuray Ergül, Veli Akel, Finansal Kiralama Şirketlerinin Finansal Performansının Topsis Yöntemi İle Analizi, **MÖDAV**, 3, 2010, s.91

²² Aliye Ayça Supçiller, Ozan Çapraz, Ahp-Topsis Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması, **Ekonometri ve İstatistik**, 13, 2011, s.1

Akademik kurumlarda personel seçimi için yapılan başka bir çalışmada da her iki teknik kullanılmıştır. Sıralama problemi ile ilgili olan çalışmada AHP ve Topsis haricinde de (basit toplamı ağırlıklandırma, ağırlıklı çarpım yöntemi) teknikler kıyaslanmıştır.²³

Tedarikçi seçiminde her iki tekniğinde kullanıldığı bir çalışmada yine kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında AHP, seçim işleminde Topsis yöntemi kullanılmıştır.²⁴

Personel seçiminde de her iki tekniğin uygulandığı çalışmalara rastlanmaktadır.²⁵

Muhasebe paket programı seçiminde de AHP temelinde uygulanan Topsis yöntemi kullanılmış ve Electre ile de kıyaslama yapılmıştır.²⁶

AHP ve Topsis trafik kazalarının nedenlerinin ve sonuçları arasındaki ilişkinin incelendiği analiz ve değerlendirilmesinin yapıldığı uygulamada da kullanılmıştır. Bunun gibi çalışmalarda da her iki tekniğin işletme dışındaki konularda uygulanmasına da rastlanmaktadır.²⁷

Özel bir bilgisayar donanımı olan e-kitap okuyucuyu seçmek için AHP ve Topsis yönteminin beraber kullanıldığı bir çalışmaya da yazında rastlanmaktadır.²⁸ Hizmet sağlayıcıların diğer bir deyişle üçüncü parti lojistik firmaların seçiminde de iki tekniğin beraber kullanıldığı görülmektedir.²⁹ Proje yönetimi yazılım geliştirmede kullanılacak programın seçiminde de iki tekniğin beraber kullanımına rastlanmaktadır.³⁰

İki yöntemin beraber kullanıldığı çalışmalardan birinde Türkiye'deki bölgelerin lojistik performansları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada da kriter ağırlıkları AHP yöntemiyle belirlenmiş olup Topsis yöntemi ile karar verilmiştir.³¹

²³ D. Sameer Kumar, S. Radhika, K. N. S.Suman, MADM Methods for Finding The Right Personnel in Academic Institutions, **International Journal of u- and e- Service, Science and Technology**, 6 (5), 2013, s.133

²⁴ Ziya Günay, Ömer Faruk Ünal, AHP-TOPSIS Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi (Bir Telekomünikasyon Şirketi Örneği), **Pesa Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 2, (1), 2016, s.37

²⁵ Onur Koyuncu, Mert Özcan, Personel Seçim Sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Topsis Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, **H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 32, (2), 2014, s.195

²⁶ M. Zihni TUNCA, Esra AKSOY, Hasan BÜLBÜL, Nuri ÖMÜRBEK, AHP Temelli TOPSIS ve ELECTRE Yöntemiyle Muhasebe Paket Programı Seçimi, **Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 8, (1), Ocak 2015, s. 53

²⁷ Selçuk Alp, Taylan Engin, Trafik Kazalarının Nedenleri Ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin Topsis Ve Ahp Yöntemleri Kullanılarak Analizi Ve Değerlendirilmesi, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 10,(19), Bahar 2011, s.65

²⁸ Kenan Orçanlı, Üstün Özen, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Ahp Ve Topsis'in E-Kıtap Okuyucu Seçiminde Uygulanması, **Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 15, 2013, s. 282

²⁹ Aşır Özbek, Tamer Eren, Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri İle Hizmet Sağlayıcı Seçimi, **Akademik Bakış Dergisi**, 36, Mayıs-Haziran 2013, s.1

³⁰ Nuri Ömürbek, ve diğerleri, Ahp Ve Topsis Yöntemleri İle, **agm.**, s.59

³¹ Ramazan Eyüp Gergin, Birdoğan Baki, Türkiye'deki Bölgelerin Lojistik Performanslarının Bütünleştirilmiş AHS ve TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi, **Business and Economics Research Journal**, 6 (4), 2015, s.115

Topsis yönteminin uygulandığı ve Polonya'da inovasyon konusunda değerlendirmenin yapıldığı bir uygulamaya da yazında rastlanmıştır.³²

Şimdi de çalışmaya konu olan iki tekniğin kıyaslandığı ve çalışmanın konusunu oluşturan alanlarda yazın sonuçları değerlendirilecektir.

OECD ülkelerinin eğitim performanslarının değerlendirildiği bir çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmış ve Topsis yöntemi ile ülke performansları değerlendirilmiştir. Üç ana başlıkta incelenen kriterler alt kriterlere ayrılarak değerlendirme yapılmıştır.³³

Çok seviyeli bölgesel inovasyonun değerlendirildiği çalışmada Topsis yöntemi AHP yöntemden elde edilen ağırlıklar ile uygulanmıştır. Altı ana kriter altında bölgesel inovasyon endeksleri 30 şehir için değerlendirilmiştir.³⁴

Çin'de bölgesel inovasyon sistemlerinin performansını ölçmek için 22 farklı kriteri ele alınan çalışmada AHP ve Topsis yöntemi kullanılarak bölgeler değerlendirilmeye çalışılmıştır.³⁵

Çek Cumhuriyetinde bölgesel inovasyon performanslarının değerlendirildiği bir çalışmada AHP ve Vikor yöntemleri kullanılmıştır.³⁶

Üniversitelerin inovasyon kabiliyetlerinin AHP ve Topsis ile değerlendirildiği çalışmaya rastlanmaktadır.³⁷

Ülke performanslarının değerlendirildiği bir uygulamada ülkelerin ekonomik gelişmişliklerine göre sıralanması yapılmış olup Vikor tekniği uygulanmıştır.³⁸ Aynı yazara ait Topsis yöntemine ülkelerin ekonomik göstergelere göre sıralandığı çalışmaya yazında rastlanmaktadır.³⁹

³² LidiaLuty ve diğerleri, Topsis Method In Assessing Innovative Potential Of Voivodships In Poland, **Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development**, 37 (3),2015,s. 406

³³ Pınar Kaya Samut, İki Aşamalı Çok Kriterli Karar Verme ile Performans Değerlendirmesi: AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Entegrasyonu, **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 14 (4), s.57

³⁴ GAO Fa-qun, LI Ning ,NANYu-fan, Comprehensive Evaluation on Multi-level Regional Innovation Based on TOPSIS Algorithm with AHP Weights Schem, **2012 International Conference on Management Science&Engineering (19th) September 20-22, 2012**, s.1748

³⁵ YufanNan, YuyingTian, Performance Evaluation on Regional Innovation System Based on AHP-TOPSIS Methodology, **2011 International Conference on Computer Scienceand Network Technology**, December 24-26, s.1140

³⁶ Eva Poledníková, KaterinaKashi, Using MCDM Methods: Evaluation of Regional Innovation Performance in The Czech Republic, **European Conference on Management, Leadership&Governance**, 2014, s.487

³⁷ JinghuaSong, Shuang Feng, Yanan Wang, University Innovation Ability Evaluazation Based on AHP- TopsisMethod, **Applied Mechanics and Materials**, Vols. 556-562, May. 2014, s.6653

³⁸ Ünal H. Özden, Ab'ye Üye Ülkelerin Ve Türkiye'nin Ekonomik Performanslarına Göre Vikor Yöntemi İle Sıralanması, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 11 (21)Bahar 2012,s.455

³⁹ Ünal H. Özden, Topsis Yöntemi İle Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerin Ekonomik Göstergelere Göre Sıralanması, **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 13 (2), 2011, s. 215

4. İnovasyon Endeksinin Modellenmesi

İnovasyon endeksinin oluşturulması için her yıl yayımlanan “InnovationUnionScoreboard2015” raporundan yararlanılarak ilgili ülkeler belirlenmiştir. Raporda Avrupa birliğine üye olan ve olmayan toplam 34 ülkeye ait ulusal inovasyon performansı skorları yer almaktadır.⁴⁰

Çalışmanın önceki kısımlarında tanımı, içeriği ifade edildiği üzere inovasyon performansları aşağıda yer alan ülkeler için alınmıştır.

Bu ülkeler Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Almanya, Estonya, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Fransa, İtalya, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Hollanda, Avusturya, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovenya, Slovakya, Finlandiya, İsveç, Birleşik Krallık, Hırvatistan, Türkiye, İzlanda, Norveç, İsviçre, Sırbistan, Makedonya'dır.

Bu ülkelere ait 2013 ve 2014 yılları için inovasyon endeksi aşağıdaki Tablo 2'de yer aldığı gibidir.

Tablo-2: Özet İnovasyon Endeksleri

| Ülkeler | 2013 | 2014 |
|-----------------|-----------|-----------|
| Belçika | 0,6288526 | 0,6193021 |
| Bulgaristan | 0,2022897 | 0,2288237 |
| Çek Cumhuriyeti | 0,4384518 | 0,4470519 |
| Danimarka | 0,7292957 | 0,7361879 |
| Almanya | 0,6898486 | 0,6762922 |
| Estonya | 0,523414 | 0,4889671 |
| İrlanda | 0,6148703 | 0,628171 |
| Yunanistan | 0,3938749 | 0,3646438 |
| İspanya | 0,408311 | 0,3853545 |
| Fransa | 0,5856902 | 0,5905932 |
| İtalya | 0,4476298 | 0,438935 |
| Kıbrıs | 0,489158 | 0,4448332 |
| Letonya | 0,2331217 | 0,2720774 |
| Litvanya | 0,2926954 | 0,282568 |
| Lüksemburg | 0,6597738 | 0,6417814 |
| Macaristan | 0,3619701 | 0,3691901 |
| Malta | 0,3501496 | 0,3966385 |
| Hollanda | 0,6450959 | 0,6472521 |
| Avusturya | 0,5968811 | 0,5851282 |
| Polonya | 0,3023673 | 0,3126723 |
| Portekiz | 0,4000792 | 0,4032372 |

⁴⁰ Innovation Union Scoreboard 2015, a.g.k., s. 31.

| | | |
|-----------------|-----------|-----------|
| Romanya | 0,2549178 | 0,2042829 |
| Slovenya | 0,5323581 | 0,5338711 |
| Slovakya | 0,3541854 | 0,3602071 |
| Finlandiya | 0,6801315 | 0,6764295 |
| İsveç | 0,7596026 | 0,7400539 |
| Bileşik Krallık | 0,6248326 | 0,6364757 |
| Hırvatistan | 0,3086512 | 0,313202 |
| Türkiye | 0,1981078 | 0,2568351 |
| İzlanda | 0,5974575 | 0,6235617 |
| Norveç | 0,4869899 | 0,4794071 |
| İsviçre | 0,8039515 | 0,809916 |
| Sırbistan | 0,3551462 | 0,3853532 |
| Makedonya | 0,2306325 | 0,2352596 |

Kaynak: Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology. **Innovation Union Scoreboard 2015**

Üç temel kritere göre yukarıda ifade edilen ülkelerin inovasyon endeksi hesaplanmak istenmektedir. Belirlenen üç kriter; “gayri safi yurtiçi hasıla”, “gayri safi yurtiçi hasıla içindeki Ar-Ge harcamaları” ve “kişi başına düşen patent sayılarıdır”.

Bu üç kriterin belirlenmesinde ulusal inovasyon performansı için önem teşkil etmesi hesaba katılmıştır.

İki yıl için kıyaslanmanın da yapılacağı çalışmada 2013 yılı ve 2014 yılları için gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) değerleri (ABD Doları cinsinden) ve kişi başına düşen patent başvuru sayıları, 2012 ve 2013 yıllarına ait özel ve kamunun Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı veri olarak elde edilmiştir.⁴¹ Ar-Ge harcamaları için hesaplanan dönemden bir önceki yıla ait değerler alınmıştır. Bunun sebebi yapılan harcamanın dönüşünün en erken bir yıl sonra olabilmesidir. Son yıl olarak 2014 yılına ait verilerin alınmasının sebebi henüz 2015 yılına ait değerlerin açıklanmamış olmasıdır.

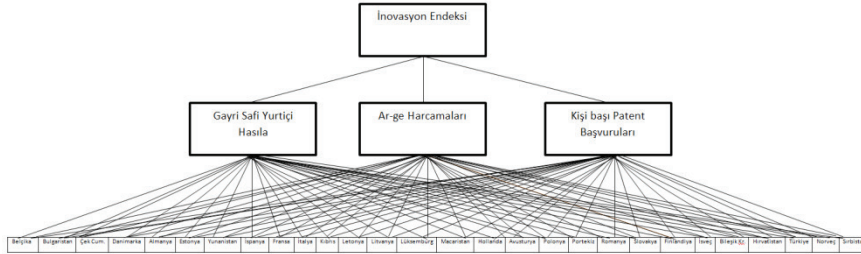
Tablo-2'deyen alan 34 ülkenin üç kriter içinde verileri toplandığında tüm kriterlerde değere sahip olan 28 ülke alınmıştır. 6 ülkenin (İrlanda, Malta, Slovenya, İzlanda, İsviçre, Makedonya) verileri bazı kriterlerde yer almadığından dolayı değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Belirlenen bu üç kritere göre AHP ve Topsis yöntemleri uygulanarak ülkelere ait skorlar hesaplanacak ve inovasyon endeksindeki skorlarla kıyaslanacaktır. Yapılacak hesaplamalarda her iki teknik için de MS Excel paket programı kullanılmıştır.

⁴¹ Worldbank, <http://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi (21.04.2016); WIPO Ip Statistics Data Center, <http://ipstatsdb.wipo.org/ipstatv2/index.htm?tab=patent> Erişim Tarihi (21.04.2016)

İlk olarak AHP sürecini incelediğimizde, hiyerarşik yapı Şekil-1'deki gibidir. İfade edilen hiyerarşik yapının en üst basamağında İnovasyon Endeksi bulunmaktadır. İkinci basamağında Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Ar-Ge Harcamaları ve Kişi Başı Patent Başvuru Sayıları yer almaktadır. En alt basamakta ise yukarıda ifade edilen 28 ülke yer almaktadır.

Şekil-1: Hiyerarşik yapı



Öncelikle kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama için Thomas Saaty tarafından geliştirilen skaladan yararlanarak oluşturulan kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri aşağıdaki gibi verilmiştir. Üç kriterin inovasyon konusunda birbirlerinden ne derece önemli oldukları iradi olarak yazarlar tarafından değerlendirilmiştir. Sonuçta Ar-Ge'ye GSYH'dan ve patent den daha fazla önem verilmiştir.

Tablo-3: Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

| | GSYH | AR-GE | PATENT |
|--------|------|----------|--------|
| GSYH | 1 | 0,125 | 0,25 |
| AR-GE | 8 | 1 | 3 |
| PATENT | 4 | 0,333333 | 1 |

Önceki bölümde ifade edilen hesaplamalar sonrası kriter ağırlıkları Tablo-4'teki gibi hesaplanmıştır.

Tablo-4: Kriterleri Ağırlıkları

| | Ağırlık |
|---------------|----------|
| GSYH | 0,074 |
| AR-GE | 0,669 |
| PATENT | 0,257 |
| Toplam | 1 |

Bu hesaplama göre tutarlılık oranı 0,015 olarak hesaplanmış olup bu değere göre değerlendirmelerin tutarlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çalışmaya konu olan üç kriterin her biri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi, ilgili değerlerin oranları alınarak hesaplanmıştır. Özellikle yazında daha çok önem skalasının kullanılarak karşılaştırma matrisinin oluşması örneğine rastlansa da değerlerin oranlanması Thomas Saaty tarafından önerilen bir yöntem olarak ele alınmaktadır.⁴² Örneğin; bir kriter altında seçeneklerden birinin diğerine göre ne derece üstün olduğu ortaya koymak için her iki seçeneğe ait değer birbirine oranlanmıştır. Köşegenleri simetrik olarak aldığımızda diğer kısımda oranlamada pay ile payda yer değiştirmiştir. Ve buna göre karşılaştırma matrisi elde edilmiştir. Örnek olarak GSYH ile ilgili olan karşılaştırma matrisinin bir kesiti Tablo-5'deki gibidir.

Tablo-5: GSYH Kriteri İçin Karşılaştırma Matrisi Kesiti

| | Belçika | Bulgaristan | Çek Cumhuriyeti |
|-----------------|----------|-------------|-----------------|
| Belçika | 1 | 6,089528 | 2,353165 |
| Bulgaristan | 0,164216 | 1 | 0,386428 |
| Çek Cumhuriyeti | 0,424959 | 2,587803 | 1 |

GSYH kriteri, Ar-Ge harcamaları ve kişi başı patent sayısı kriterlerine göre 28 ülkenin karşılaştırma matrisleri oluşturularak ilgili hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucu Tablo-6'da yer alan değerler 2013 ve 2014 yılı skor değerleri olarak ifade edilebilmektedir.

Tablo-6: AHP Yöntemi Sonucu Olarak Hesaplanan Ülke Skorları

| Ülkeler | 2013 | 2014 |
|-----------------|----------|----------|
| Belçika | 0,042542 | 0,044112 |
| Bulgaristan | 0,012445 | 0,012505 |
| Çek Cumhuriyeti | 0,034864 | 0,036247 |
| Danimarka | 0,066593 | 0,067968 |
| Almanya | 0,091345 | 0,094406 |
| Estonya | 0,036504 | 0,03063 |
| Yunanistan | 0,015979 | 0,017603 |
| İspanya | 0,025729 | 0,025359 |
| Fransa | 0,052108 | 0,052009 |
| İtalya | 0,030917 | 0,03093 |
| Kıbrıs | 0,008893 | 0,009614 |
| Letonya | 0,017782 | 0,01354 |
| Litvanya | 0,017614 | 0,019187 |
| Lüksemburg | 0,044118 | 0,049147 |
| Macaristan | 0,024707 | 0,026437 |
| Hollanda | 0,043547 | 0,043391 |
| Avusturya | 0,063201 | 0,063231 |
| Polonya | 0,021298 | 0,020679 |

⁴² Thomas L. Saaty, *Multicriteria Decision Making The Analytic Hierarchy Process*, University of Pittsburgh Pub. Pittsburgh, 1988, s.6.

| | | |
|-----------------|----------|----------|
| Portekiz | 0,02649 | 0,026958 |
| Romanya | 0,011227 | 0,009781 |
| Slovakya | 0,016065 | 0,01672 |
| Finlandiya | 0,074524 | 0,071177 |
| İsveç | 0,069854 | 0,069872 |
| Bileşik Krallık | 0,048614 | 0,049088 |
| Hırvatistan | 0,015971 | 0,016322 |
| Türkiye | 0,018554 | 0,019259 |
| Norveç | 0,052317 | 0,050411 |
| Sırbistan | 0,016197 | 0,013416 |

İkinci olarak Topsis yöntemine göre değerlendirme yapılmıştır. Burada kriter ağırlıkları AHP tekniğinde belirlenen şekilde kullanılmıştır.

Topsis yöntemine göre karar matrisi 28 ülkenin satırlarda 3 kriterin sütunlarda yer aldığı şekilde Tablo-7'deki gibi oluşturulmuştur. Değerler önceki bölümlerde ifade edilen Topsis yöntemi aşamalarından geçerek 2013 ve 2014 yılları için ülke skorları hesaplanmıştır. Bu hesaplamada da Microsoft Excel programından yararlanılmıştır.

Tablo-7: Topsis Yöntemine Göre Oluşturulan Başlangıç Karar Matrisinin Gösterimi

| | | |
|----------|---------|----------|
| 46625,32 | 2,24321 | 7,83E-05 |
| 7656,639 | 0,61988 | 4,09E-05 |
| 19813,87 | 1,7877 | 0,000103 |
| 59818,63 | 3,02286 | 0,000273 |
| 45600,77 | 2,87685 | 0,000769 |
| 19155,42 | 2,15854 | 3,19E-05 |
| 21842,7 | 0,68876 | 6,54E-05 |
| 29370,66 | 1,26916 | 6,96E-05 |
| 42627,65 | 2,23029 | 0,000256 |
| 35420,88 | 1,2694 | 0,000153 |
| 27910,62 | 0,42925 | 2,63E-06 |
| 15025,81 | 0,65434 | 0,000116 |
| 15692,01 | 0,89562 | 4,63E-05 |
| 113726,6 | 1,15605 | 0,000311 |
| 13585,43 | 1,2739 | 7,16E-05 |
| 51425,08 | 1,96772 | 0,000164 |
| 50557,8 | 2,80978 | 0,000284 |
| 13776,45 | 0,88823 | 0,000116 |
| 21618,74 | 1,37777 | 6,4E-05 |
| 9587,178 | 0,48898 | 5,23E-05 |
| 18109,5 | 0,81073 | 3,88E-05 |
| 49492,83 | 3,41948 | 0,000319 |
| 60283,25 | 3,28134 | 0,00026 |
| 42294,89 | 1,6314 | 0,000358 |

| | | |
|----------|---------|----------|
| 13574,98 | 0,75113 | 5,94E-05 |
| 10975,07 | 0,92196 | 6,21E-05 |
| 102832,3 | 1,62024 | 0,000344 |
| 6353,826 | 0,90691 | 3,08E-05 |

Bu aşamadan sonra standart karar matrisi ve ağırlıkların çarpıldığı karar matrisi oluşturulmuştur. İdeal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulmasından sonra ayırım ölçüleri hesaplanmıştır. Tablo-8'de sonuç değeri olarak ifade edilen ideal çözüme göreli yakınlık değerleri 2013 ve 2014 yılları için yer almaktadır.

Tablo-8: Topsis Yöntemine Göre Hesaplanan Ülke Skorları

| Ülkeler | 2013 | 2014 |
|-----------------|----------|----------|
| Belçika | 0,433017 | 0,446476 |
| Bulgaristan | 0,058465 | 0,071477 |
| Çek Cumhuriyeti | 0,347217 | 0,373754 |
| Danimarka | 0,636011 | 0,635496 |
| Almanya | 0,843373 | 0,861445 |
| Estonya | 0,401208 | 0,326204 |
| Yunanistan | 0,086269 | 0,118403 |
| İspanya | 0,222975 | 0,224169 |
| Fransa | 0,498561 | 0,496985 |
| İtalya | 0,251905 | 0,256179 |
| Kıbrıs | 0,025226 | 0,033047 |
| Letonya | 0,106954 | 0,068257 |
| Litvanya | 0,126453 | 0,151313 |
| Lüksemburg | 0,324981 | 0,369905 |
| Macaristan | 0,222891 | 0,259438 |
| Hollanda | 0,409734 | 0,412792 |
| Avusturya | 0,611923 | 0,603793 |
| Polonya | 0,150357 | 0,149282 |
| Portekiz | 0,245794 | 0,25381 |
| Romanya | 0,042198 | 0,037243 |
| Slovakya | 0,104307 | 0,119225 |
| Finlandiya | 0,694505 | 0,656831 |
| İsveç | 0,655857 | 0,642438 |
| Bileşik Krallık | 0,423654 | 0,427014 |
| Hırvatistan | 0,09597 | 0,115743 |
| Türkiye | 0,13672 | 0,152235 |
| Norveç | 0,425276 | 0,416932 |
| Sırbistan | 0,125267 | 0,089872 |

4.1. AHP ve TOPSİS Yöntemleri Sonuçlarının Ulusal İnovasyon Endeksi Değerleri İle Karşılaştırılması

Her iki yönetime göre hesaplanan ülke skorları bu bölümde inovasyon endeksi değerleriyle karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmada sürekli değişkenler söz konusu olduğu için değerlerin birbirleriyle ilişkili olup olmadığını belirlemek amacıyla Pearson korelasyon katsayısı kullanılacaktır. Korelasyon katsayısı formülü aşağıdaki gibidir:⁴³

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Korelasyon katsayısı [-1 +1] aralığında değer almaktadır.

Öncelikle 2013 yılına ait inovasyon endeksi sonucu değeri ile AHP ve Topsis yöntemleri sonucu elde edilen skorların korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre inovasyon endeksi ile AHP tekniğinden elde edilen skorlar karşılaştırılınca korelasyon katsayısı 0,8592 olarak hesaplanmıştır. İki değişken arasındaki ilişki yüksektir. Aynı yıl için Topsis skoru ile inovasyon endeksi sonuçları karşılaştırıldığında korelasyon katsayısı 0,8625 olarak hesaplanmıştır.

2014 yılına ait inovasyon endeksi sonucu değeri ile AHP ve Topsis yöntemleri sonucu elde edilen skorların korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre inovasyon endeksi ile AHP tekniğinden elde edilen skorlar karşılaştırılınca korelasyon katsayısı 0,8653 olarak hesaplanmıştır. İki değişken arasındaki ilişki yüksektir. Aynı yıl için Topsis skoru ile inovasyon endeksi sonuçları karşılaştırıldığında korelasyon katsayısı 0,8657 olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar Tablo-9'da özetlenmiştir:

Tablo-9: Çok Nitelikli Karar Verme Teknikleri Çıktıları ile İnovasyon Endeksi Karşılaştırmasında Korelasyon Katsayıları

| Yıllar/Değişkenler | AHP-İnovasyon Endeksi | Topsis-İnovasyon Endeksi |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| 2013 | 0,8592 | 0,8625 |
| 2014 | 0,8653 | 0,8657 |

5. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada 28 ülkeye ait inovasyon endeksi değerlendirmeleri için üç kriterden oluşan bir karar modeli kullanılarak AHP ve Topsis teknikleri ile ülkelerin ulusal inovasyon performanslarının skorları hesaplanmıştır.

Hesaplama hem 2013 hem de 2014 yılları baz alınmıştır. AHP tekniğinde karar kriterlerini hiyerarşik bir yapıda ele alarak üç kritere göre ülkeler arasında değerlendirme yapılmış ve skorlar

⁴³ İsmail Hakkı Armutlulu, *İşletmelerde Uygulamalı İstatistik*, Alfa, İstanbul, 2008, s.191.

hesaplanmıştır. Bu haliyle seçenekler arasında karar verme için kullanılan AHP tekniğinde skorlardan yararlanarak bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

İlgili hesaplama sonucu elde edilen skorlar mevcut inovasyon endeksi ile kıyaslanmış olup, pozitif yönlü yüksek bir ilişki derecesi belirlenmiştir. Her iki yıl içinde korelasyon katsayısı aynı seviyede hesaplanmıştır.

Topsis yönteminde de AHP tekniğinden faydalanarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Topsis yönteminin sonucunda ülkelere ait skorlar belirlenmiştir. Topsis ile ilgili yazın çalışmalarına ek olarak hesaplanan skor değerlerini kıyaslamada kullanmak amaçlanmıştır.

Her iki yılda da Topsis yönteminden hesaplanan skorlar ile inovasyon endeksi değerleri arasında pozitif yönlü yüksek ilişki çıkmıştır.

AHP ve Topsis yöntemleri kıyaslandığında topsis ile elde edilen korelasyon katsayılarının her iki yılda da AHP tekniğinden elde edilen değerlerden biraz daha fazla olduğu görülmektedir.

Uygulamada çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanımı, çok kriterin baz alınarak hesaplandığı inovasyon endeksine yeni bir öneri getirmeyi hedeflemektedir. Getirilen öneriye göre daha az sayıda kriterin kullanımı bu modellerin üstünlüğü olarak ifade edilebilir.

Çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri için yazında genellikle çok alternatif arasından birini seçmek üzere yapılan uygulamalara rastlanmaktadır. Burada ise seçeneklere ait hesaplanan değerlerin önemi ve kullanımını çalışmanın esasını teşkil etmektedir.

Gelecek çalışmalara öneri olarak diğer çok kriterli karar verme teknikleri de çalışmadaki şekliyle kullanılarak skorlar üzerinden değerlendirme yapmaya imkân sağlayabilir.

İnovasyon kavramı açısından bakıldığında bu konuyla ilgili gelecek çalışmalarda farklı kriterler hesaba katılarak da değerlendirmeler yapılabilir.

Çok kriterli karar verme teknikleri sadece sıralama ve alternatifler arasından birinin seçme dışında farklı alanlardaki konularda da skorların hesaplanarak değerlendirilmesi şeklinde kullanılabilir.

Kaynaklar

- ALP S, Taylan Engin, Trafik Kazalarının Nedenleri Ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin Topsis Ve Ahp Yöntemleri Kullanılarak Analizi Ve Değerlendirilmesi, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 10,(19), Bahar 2011, s.65
- ARMUTLULU İ H, **İşletmelerde Uygulamalı İstatistik**, Alfa, İstanbul, 2008
- BROUWER, E; Kleinknecht, A, “Measuring The Unmeasurable: A Country’s non-R&D Expenditure On Product And Service İnnovation”, **Research Policy**, Vol. 25, 1997, s.1235.
- CHENG E. W.L.,HengLi, Analytic Hierarchy Process An Approach to Determine, Measures for Business Performance, **Measuring Business Excellence**, 5 (3), 2001, s.30
- EKONOMİK İŞBİRLİĞİ VE KALKINMA ÖRGÜTÜ (OECD) - Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (Eurostat). Oslo Kılavuzu - **Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması için İlkeler**, 3. Baskı, 2005, s.5.

- ERGÜL N, Veli Akel, Finansal Kiralama Şirketlerinin Finansal Performansının Topsis Yöntemi İle Analizi, **Möдав**, 3,2010, s.91
- ERSÖZ F, Mehmet Kabak, Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması, **Savunma Bilimleri Dergisi**, 9 (1), s.101
- FREEMAN C, “The ‘National System of Innovation’ in Historical Perspective”, **Cambridge Journal of Economics**, 1995, 19, s.5.
- GAO Fa-qun, LI Ning ,NANYu-fan, Comprehensive Evaluation on Multi-level Regional Innovation Based on TOPSIS Algorithm with AHP Weights Schem, 2012 **International Conference on Management Science & Engineering** (19th)September 20-22, 2012, s.1748
- GERGİN RE, Birdoğan Baki, Türkiye’deki Bölgelerin Lojistik Performanslarının Bütünleştirilmiş AHS ve TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi, **Business and Economics Research Journal**, 6 (4), 2015, s.115
- GÜLENÇ İ.F, Gülşah Aydın Bilgin, Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi: Ahp Yöntemi, **Öneri**, 9 Temmuz 2010, s. 97
- GÜNAYZ, Ömer Faruk Ünal, AHP-TOPSIS Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi (Bir Telekomünikasyon Şirketi Örneği), **Pesa Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 2, (1), 2016, s.37
- GÜNER M, Analitik Hiyerarşi Yönteminin Fason İşletme Seçiminde Kullanılması, **Tekstil Ve Konfeksiyon**, 4/2003, s.1
- HIRJI N K.. “Modern Practice Management - Basic Practice Metrics”, **Business Brief**. 09-2008. s.19.
- HWANG C, KwangsunYoon, **Multiple Attribute Decision Making Methods And Applications**, Springer Verlag, Berlin, 1981 s.3-4
- KELEMENIS A, Dimitrios Askounis, A New TOPSIS-Based Multi-Criteria Approach to Personnel Selection, **Expert Systems with Applications**, 37, 2010, s.4999
- KOYUNCU O, Mert Özcan, Personel Seçim Sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Topsis Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, **H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 32, (2), 2014, s.195
- KUMAR D. S, S. Radhika, K. N. S.Suman, MADM Methods for Finding The Right Personnel in Academic Institutions, **International Journal of u- and e- Service, Science and Technology**, 6 (5), 2013, s.133
- KURUÜZÜM A. Nuray Atsan, Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, **Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi**, 1, 2001, s.85
- LUJ, Zhang G, Da Ruan, FengjieWu, **Multi Objective Group Decision Making Methods**, Imperial College Press, 2007 London,
- LUTY L ve diğerleri, Topsis Method in Assessing Innovative Potential Of VorvodshupsIn Poland, **Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development**, 37 (3), 2015, s. 406
- MAASTRICHT ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH AND TRAINING CENTER. **European Innovation Scoreboard 2007** - Comparative Analysis of Innovation Performance, Şubat 2008, s.3.
- MAASTRICHT ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE ON INNOVATION AND TECHNOLOGY. **Innovation Union Scoreboard 2015**, 2015, s.7.
- MANZINI S T “The National System of Innovation Concept: An Ontological Review And Critique”, **South African Journal of Science**, 2012, 108(9/10), s.2.
- NAN Y, YuyingTian, Performance Evaluation on Regional Innovation System Based on AHP-TOPSIS Methodology, 2011 **International Conference on Computer Scienceand Network Technology**, December 24-26, s.1140
- ORÇANLI K, Üstün Özen, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Ahp Ve Topsis’in E-Kitap Okuyucu Seçiminde Uygulanması, **Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 15, 2013, s. 282

- ÖMÜRBEK N, Seda Üstündağ, Özlem Ceyda Helvacıoğlu, Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama, **Yönetim Bilimleri Dergisi**, 11,(21), s.101
- ÖMÜRBEK N, Yunus Makas, Vesile Ömürbek, Ahp Ve Topsis Yöntemleri İle Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 1 (21), 2015, s.72
- ÖZBEK A, Tamer Eren, Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri İle Hizmet Sağlayıcı Seçimi, **Akademik Bakış Dergisi**, 36, Mayıs-Haziran 2013, s.1
- ÖZÇELİK H, Bahar Kandemir, Bist'de İşlem Gören Turizm İşletmelerinin Topsis Yöntemi İle Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi, **Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 18, (3), 2015, s. 97
- ÖZDEN Ü H.,Ab'ye Üye Ülkelerin Ve Türkiye'nin Ekonomik Performanslarına Göre Vikor Yöntemi İle Sıralanması, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 11 (21)Bahar 2012,s.455
- ÖZDEN Ü H.,Topsis Yöntemi İle Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerin Ekonomik Göstergelere Göre Sıralanması, **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 13 (2), 2011, s. 215
- POLEDNÍKOVÁ E, Katerina Kashi, Using MCDM Methods: Evaluation of Regional Innovation Performance in The Czech Republic, **European Conference on Management, Leadership & Governance**, 2014, s.487
- SAATY T. L, **Multicriteria Decision Making The Analytic Hierarchy Process**, University of Pittsburg Pub. Pittsburg, 1988
- SAATY T, How ToMake A Decision: The Analytic Hierarchy Process, **European Journal Of Operation Research**, 48, 1990, s.18
- SAATY T, Decision Making With The Analytic Hierarchy Process, **Int. J. Services Sciences**, 1 (1),2008, s.85
- SAATY T, The Analytic Hierarchy Process- What It Is And How It Is Used, **Mathl Modelling**, 9 (3), 1987, s.168
- SAMUT P K, İki Aşamalı Çok Kriterli Karar Verme ile Performans Değerlendirmesi: AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Entegrasyonu, **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 14 (4), s.57
- SONG Jinghua, Shuang Feng, Yanan Wang, University Innovation Ability Evaluazation Based on AHP-Topsis Method, **Applied Mechanics and Materials**, Vols. 556-562, May. 2014, s.6653
- SUPÇİLLER A.A., Ozan Çapraz, Ahp-Topsis Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması, **Ekonometri ve İstatistik**, 13, 2011, s.1
- TUNCA M. Z, Esra Aksoy, Hasan Bülbül, Nuri Ömürbek, AHP Temelli TOPSIS ve ELECTRE Yöntemiyle Muhasebe Paket Programı Seçimi, **Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 8, (1), Ocak 2015, s. 53
- ÜNAL Ö F, Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Personel Seçimi Alanında Uygulamaları, **Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi**, 3(2), 2011, s.1
- VAIDYA OS, Sushil Kumar, Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications, **European Journal of Operational Research**, 169,2006, s.1
- WIPO Ip Statistics Data Center, <http://ipstatsdb.wipo.org/ipstatv2/index.htm?tab=patent> Erişim Tarihi (21.04.2016)
- WORLDBANK, <http://data.worldbank.org/>, Erişim Tarihi (21.04.2016)
- YARALIOĞLUK. Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Prosesi, **D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi**, 16(1), 2001, s. 131
- YÜKSEL İ, Adnan Akın, Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemiyle İşletmelerde Strateji Belirleme, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 7 (2) 2006, s.254