

Ülkelerin İnovasyon Performanslarının Ölçümünde Entropi ve MABAC Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Bütünleşik Olarak Kullanılması

The Integrated Usage of Entropy and MABAC Multi Criteria Decision-Making Methods for Measurement of Innovation Performance of Countries

Ejder AYÇİN¹

Enver ÇAKIN²

Geliş tarihi: 19.01.2019, Kabul tarihi: 13.04.2019, Basım tarihi: 15.11.2019

Öz

Son yıllarda ülkelerin ekonomik olarak kalkınmışlık düzeyleri Ar-Ge, inovasyon, teknoloji ve bilime verdikleri değer ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle ülkeler sürekli olarak inovasyon ekosistemini ve ekosistemde yer alan aktörlerin etkinliklerini arttırarak Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerini önemli ölçüde desteklemektedir. Bu çalışmada Entropi ve MABAC yöntemleri bütünleşik olarak kullanılarak ülkelerin inovasyon performansı ölçülmüştür. Entropi yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış ve yenilikçilik, fikri varlıklar, finansman ve destekler değişkenlerinin en önemli kriterler olduğu belirlenmiştir. MABAC yöntemi ile de ülkelerin inovasyon performans değerleri hesaplanmıştır. İnovasyon performansı en yüksek olan ülkelerin İsviçre, İsveç ve Danimarka, en düşük olan ülkelerin ise Ukrayna, Romanya ve Makedonya olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *İnovasyon Performansı, Entropi, MABAC, Çok Kriterli Karar Verme*
JEL Kodları: *C44, O31*

Abstract

In recent years, economic development levels of countries are closely related to the R&D, innovation, technology and science. For this reason, countries are constantly supporting the R&D and innovation activities by increasing the innovation ecosystem and the activities of the actors in the ecosystem. In this study, innovation performance of countries was measured by using Entropy and MABAC methods. The criteria are weighted by entropy method and innovators, intellectual assets, finance and support variables were the most important criteria. Innovation performance values of the countries were calculated by MABAC method. It is concluded that the countries with the highest performance of innovation are Switzerland, Sweden and Denmark, while the lowest countries are Ukraine, Romania and Macedonia.

¹ Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Dr. Öğretim Üyesi
ejder.aycin@kocaeli.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-0153-8430>

² KOSGEB KOBİ Uzmanı, İzmir Kuzey Müdürlüğü, Dr.
enver.cakin@kosgeb.gov.tr

<https://orcid.org/0000-0001-7523-8193>

Keywords: *Innovation Performance, Entropy, MABAC, Multi Criteria Decision Making*

JEL Codes: *C44, O31*

Giriş

Teknolojik gelişmeler ve küreselleşme ile birlikte ülkelerin güçlü ve sağlıklı ekonomilere ulaşmaları ve diğer ülkeler karşısındaki gelişmişlik düzeyleri sahip olduğu rekabet gücüne bağlıdır. Günümüz koşullarında ülkelerin elinde bulundurduğu en önemli güçlerden biri inovasyon konusunda edindiği deneyim, farklı ve yeni teknolojiler geliştirebilme yeteneğidir. Bu gücün önemini kavrayan ülkelerin bilim ve teknoloji politikalarının odak noktasını Ar-Ge ve inovasyon oluşturmaktadır. Ar-Ge faaliyetleri, ekonomide yenilik yaratabilmek için bilgi stokunda artış yoluyla teknolojik gelişmeleri sağlayan her türden yaratıcı nitelikteki sistematik aktivite olarak tanımlanabilir (Taş vd., 2017: 199). İnovasyon ise, Oslo Kılavuzu (2005)'nda, işletme içi uygulamalarda, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş bir ürün (mal veya hizmet) veya süreç, yeni bir pazarlama yöntemi ya da yeni bir organizasyonel yöntemin gerçekleştirilmesi olarak belirtilmektedir. Bu tanıma göre, inovasyon ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyon olmak üzere dörde ayrılmaktadır. İnovasyon hem ülkeler hem de firmalar için ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücü kazanmanın, verimlilik artışı sağlamanın, ekonomik büyüme ve gelişmenin, dolayısıyla da refah ve yaşam kalitesi artışının en temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. OECD'nin saptamalarına göre, son 25 yılda özellikle gelişmiş ülkelerin ekonomik büyümelerinde inovasyon katkısı %50'den fazladır (Işık ve Kılınç, 2011: 14).

Bir ülkede refah ve yaşam standardı rekabet gücü artarsa yükselir, rekabet gücü içinse üretkenliği arttırmak gerekir. Üretkenliği arttıran en önemli araç inovasyondur. Yapılan araştırmalar, ülkelerin belli bir süre, ihracat oranlarındaki iyiyeye gidiş veya iç talebin yüksekliği sayesinde büyüyebildiklerini; ancak bu büyümenin uzun vadeli ve sürdürülebilir olmasının ülkenin inovasyon performansına ve bu performanstaki artışa bağlı olduğunu ortaya koymaktadır (Elçi, 2007: 32). Ar-Ge çalışmaları ile ülkenin bilgi birikimi arttırılmakta ve bu bilgiler yeni uygulamalarda kullanılarak önemli rekabet avantajı elde edilebilmektedir. Daha sonra elde edilen bu yeni bilgiler var olan bilgiler ile birleştirilerek katma değeri yüksek inovatif ürünlere dönüştürülüp ülkelerin inovasyon performansları güçlendirilmektedir. İnovasyon ile ülkelerin refah seviyesi arttırılmakta, yeni iş ortamları oluşturulmakta, işsizlik ve ülkenin dışa bağımlılığı azaltılmaktadır. Bu nedenle ülkeler sürekli olarak Ar-Ge harcamalarını arttırarak yeni ürünler, hizmetler ve teknolojiler geliştirmek ve bu ürünlerini uluslararası pazarlarda satarak yüksek gelirler elde etmek istemektedirler.

Ancak inovasyon için harcanan kaynakların etkin kullanılıp kullanılmadığının tespit edilebilmesi için ülkelerin düzenli olarak inovasyon performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte inovasyon performansının ölçülmesi ile ülkeler diğer ülkeler arasındaki sıralamasını görebilmekte ve zayıf olan noktalarını gerekli önlemleri alarak güçlendirebilmektedir.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, karar probleminde yer alan alternatifleri problem kapsamında belirlenen kriterler çerçevesinde kullanılan yöntemin teorik yapısına ve uygulama aşamalarına göre değerlendirerek en iyi ve en kötü alternatifleri belirlemektedir. ÇKKV yöntemleri, seçim, sıralama gibi birçok problemin çözümünde ve her alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden ülkelerin inovasyon performanslarının değerlendirilmesi sürecinde faydalanılabileceği düşünülmüştür. Entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırılması ve elde edilen kriter ağırlıklarının MABAC yönteminde kullanılarak ülkelerin inovasyon performanslarının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Literatür incelediğinde, ÇKKV yöntemi olarak AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE gibi yöntemlerin yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanında Entropi, MACBETH, Gri İlişkisel Analiz, MOORA, COPRAS gibi az kullanılan diğer ÇKKV yöntemlerinin uygulandığı çalışmalara da rastlamak mümkündür. Bu çalışma ile ayrıca ÇKKV yöntemleri arasında çok az kullanım alanı bulan yeni bir ÇKKV yöntemi olan MABAC yönteminin tanıtılması hedeflenmektedir. Bu düşünce ile ilk olarak konu ile ilgili ve çalışmada ele alınan yöntemlere ilişkin literatür taraması yapılmış olup, kullanılan yöntemlerin teorik çerçevesi incelenmiştir. Son bölümde ise ele alınan ÇKKV yöntemlerinin bütünlük olarak kullanılarak inovasyon performansı ölçüm sürecindeki uygulamasına yer verilmiştir.

1. Literatür Taraması

Ülkelerin temel hedefleri ekonomik büyümeyi sürdürülebilir şekilde sağlamaktır. Bunun için ekonomik büyümenin dinamiklerine sahip olmak ve bunların doğru kullanarak geliştirmek gerekmektedir. Üretim faktörlerinin verimli olarak işlenmesi ve üretim sürecine yansımaları sağlayan temel faktör ise teknolojidir. Teknolojinin gelişimi ise Ar-Ge faaliyetleri ile mümkün olabilmektedir. Ar-Ge harcamalarının artırılması, üretim süreçlerinde kullanılan teknolojinin yeniliklerle güçlenmesini ve verimliliğinin artırılmasını sağlamaktadır (Tiryakioğlu, 2006: 3). Ekonomik büyümenin sağlanmasında teknolojik gelişmeler etkili bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişmeler firmalar tarafından yapılan Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Teknolojik yenilikler bir firmanın rekabet gücünü artırıp pazar payının büyümesini sağladığı gibi karlılığın da artmasına katkıda bulunmaktadır. Teknolojik yenilik üretimde etkinlik sağlayarak kaynakların verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Makro açıdan bakıldığında ise

ekonomik büyümeyi hızlandırarak yaşam kalitesinin artmasında önemli bir faktördür (Korkmaz, 2010: 3321). Ayrıca Ar-Ge faaliyetleri teknolojik yeteneğe yaptığı katkı sonucunda ülkeye doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının girişini teşvik ederek teknoloji odaklı yatırımlar yapılmasını ve ülkenin teknolojik açıdan diğer ülkelere bağımlı olmamasını sağlamaktadır (Taş vd., 2017: 199).

Romer (1990), Grossman ve Helpman (1991) ile Aghion ve Howitt (1991) tarafından geliştirilen içsel büyüme modellerinde teknolojik gelişmenin temelinde Ar-Ge faaliyetlerinin yer aldığı ve teknolojik gelişme sayesinde sınırlı kaynaklardan daha fazla katma değer üretimi ve uzun vadede büyüme gerçekleştiği belirtilmektedir (Bayraktutan ve Kethudaoğlu, 2017: 679-680). Literatürde Ar-Ge, teknolojik gelişme ve verimlilik arasındaki ilişkiyi inceleyen çeşitli çalışmalar mevcuttur. Griffith vd. (2004), panel veri analizi ile OECD ülkeleri üzerinde yaptıkları çalışmada Ar-Ge çalışmalarının teknolojinin gelişmesinde önemli rol oynadığını ortaya koymuşlardır. Apokin ve Ipatova (2016), Aydın ve Yalçinkaya (2016), Gömleksiz vd. (2017) ile Wakelin (2001) yaptıkları çalışmalarda Ar-Ge yatırımlarının verimlilik üzerindeki etkilerini incelemişler ve Ar-Ge'nin verimlilik üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sadraoui ve Zina (2009) yaptıkları çalışmada dinamik panel veri analizi yöntemi ile 23 ülkenin 1992-2004 yılları arasındaki verilerini incelemişler ve Ar-Ge faaliyetlerinin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif bir ilişkiye sahip olduğunu göstermişlerdir.

Ar-Ge faaliyetleri ile birlikte teknolojik gelişmeler sayesinde inovatif ürünler geliştirilerek rekabet avantajı elde edilebilmektedir. Ar-Ge faaliyetlerinin ticarileşmesi olarak ifade edilebilen inovasyon için önemli kaynaklar kullanılmakta ve bu kaynakların etkin kullanılıp kullanılmadığının tespiti ve hedeflere ulaşıp ulaşılmadığının kontrol edilebilmesi için dönemsel olarak inovasyon performansının ölçülmesi gerekmektedir. Literatür incelendiğinde, birçok farklı nitel ve nicel kriterlerin dikkate alınarak ve birçok farklı yöntem kullanılarak inovasyon performansının ölçüldüğü çalışmalara rastlamak mümkündür. Katila (2000), yaptığı çalışmada biyoteknoloji işletmelerinin radikal performanslarını istatistiksel olarak ölçmüştür. Patent verilerinin ve atıf yapılan patentlerin inovasyon performansını ölçmede faydalı bir yöntem olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca teknolojik iş birliği partnerlerinin sayısının radikal inovasyon ile doğrusal olmayan bir şekilde ilişkili olduğunu belirtmiştir. Hagedoorn ve Cloodt (2003), dört farklı yüksek teknoloji sektöründe faaliyet gösteren 1200 uluslararası büyük işletmenin inovasyon performansını istatistiksel olarak analiz etmişler ve sektörleri karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Havacılık ve savunma, bilgisayar ve ofis makineleri, ilaç, elektronik ve iletişim sektörlerini, performans göstergeleri olarak da Ar-Ge harcamaları, patent sayısı, patent referansları ve yeni ürünler değişkenlerini incelemişlerdir.

Abbasi vd. (2010), Veri Zarflama Analizi ile ülkelerin inovasyon sisteminin etkinliklerini analiz etmişlerdir. Girdi değişkenleri olarak, Ar-Ge personeli sayısı, eğitim ve Ar-Ge harcamaları, çıktı değişkenleri olarak patent, telif hakları, yüksek teknoloji ihracatı değişkenlerini ele almışlardır. Ayrıca Tobit ve Sıradan En Küçük Kareler yöntemi ile de etkinsizlik değişim olasılığını araştırmışlardır.

Kijek ve Kijek (2010), basit toplamsal yöntem ve oran analizi ile AB ülkelerinin inovasyon performansını analiz etmişlerdir. Girdi değişkenleri olarak, eğitime yapılan harcamalar, Ar-Ge harcamaları, internet erişimi, bilim ve teknoloji alanındaki üniversite mezunu sayısı, bilgi teknolojileri harcamaları, iletişim harcamaları, e-devlet online kullanımı gibi değişkenleri, çıktı değişkenleri olarak patent sayısı, yüksek teknoloji ihracatı, yeni ürün ve süreç sayısı ile yeni ürünlerden elde edilen satış gelirleri değişkenleri kullanılmıştır. Analizleri sonucunda, İskandinav ve Batı Avrupa ülkelerinin inovasyon performanslarının diğer AB ülkelerinden daha iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Chen vd. (2011), yaptıkları çalışmada Veri Zarflama Analizi ile ülkelerin inovasyon etkinliklerini araştırmışlardır. Girdi değişkenleri olarak, Ar-Ge işgücü ve Ar-Ge harcamaları değişkenlerini, çıktı değişkenleri olarak da patent sayısı, bilimsel yayın sayısı, telif hakkı ve lisans ücretleri değişkenleri dikkate alınmıştır. Çalışmaları sonucunda, ülkelerin inovasyon performanslarının patent ve telif hakkı bakımından benzer olduğunu ancak bilimsel yayın sayısı bakımından performansları arasında önemli farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir. Zhuparova (2012), inovasyon performansının ölçülmesinde kullanılabilir performans göstergelerini geliştirmiştir. İnovasyon performansı ölçümünde dikkate alınması gereken değişkenleri; inovasyon stratejisi ve inovasyon hedeflerin kalitesi, inovasyon kapasite düzeyi, yatırım miktarı, inovatif değişimler için kullanılan metotlar, firmaların rekabetçi durumu, inovasyon stratejilerini geliştirme ve uygulama hızı ve inovasyon faaliyetlerini uygulama düzeyi olmak üzere yedi ana değişken belirlemiştir. Çakır ve Perçin (2013), Entropi ve TOPSIS yöntemlerini bütünleşik olarak kullanarak AB ülkelerinin Ar-Ge performanslarını ölçmüşlerdir. Çalışma kapsamında Ar-Ge yoğunluğu, araştırmacı sayısı, yükseköğretimdeki brüt okullaşma oranı, yüksek teknoloji ihracatı, üçlü patent ailesi sayısı ve bilimsel yayın sayısı değişkenlerini analiz kapsamına almışlardır. Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları objektif bir şekilde hesaplanarak, TOPSIS yöntemi ile ülkelerin inovasyon performansları belirlenmiştir. Ghazinoory vd. (2014), yaptıkları çalışmada öğrenme ve teknoloji boşluğu kavramlarını kullanarak İran'daki bölgelerin inovasyon performansını ölçen bir model geliştirmişlerdir. Politikacılar için bölgelerin inovasyon performanslarının karşılaştırılmasının önemli olduğuna ve her bir bölgenin farklı tarihsel süreçleri ve coğrafik karakteristiklerinden dolayı kendine özgü inovasyon davranışlarının bulunduğu dikkat çekmişlerdir.

Konings ve Louw (2014), Yapısal Eşitlik Modeli ile Avrupa'daki ulaşım sektörünün bölgesel düzeyde inovasyon performanslarını ölçmüşlerdir. Avrupa'da yer alan 251 adet bölgenin verilerini dikkate alarak analizlerini gerçekleştirmişler ve Almanya ile İsveç'te yer alan bölgelerin inovasyon performanslarının daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Inel ve Türker (2016), Avrupa İnovasyon Skorbordu verilerinden faydalanarak AHP ve TOPSIS yöntemleri ile birlikte ülkelerin inovasyon performansını ölçmüşlerdir. Çalışmada gayrisafi yurtiçi hasıla, gayrisafi yurtiçi hasıla içindeki Ar-Ge harcamaları ve kişi başına düşen patent sayısı olmak üzere üç temel kriter incelenmiştir. En önemli kriterin gayrisafi yurtiçi hasıla içindeki Ar-Ge harcaması olduğunu belirlemişlerdir. Roszko-Wojtowicz ve Bralek (2016), yaptıkları çalışmada AB üyesi ülkelerin inovasyon performansını Avrupa İnovasyon Skorbordu verilerinden faydalanarak kümeleme analizi yardımıyla ölçmüşlerdir. Avrupa İnovasyon Skorbordu kapsamında ele alınan mümkün kılıcılar, firma faaliyetleri ve çıktılar olmak üzere üç ana değişkeni ele almışlardır. Mümkün kılıcılar ana değişkeni altında insan kaynakları, açık araştırma sistemi, finans ve destekler alt değişkenlerini, firma faaliyeti ana değişkeni altında yatırımlar, bağlantılar ve girişimcilik, entelektüel sermaye alt değişkenlerini, çıktı ana değişkeni altında ise yenilikçiler ve ekonomik etkiler alt değişkenlerini kullanmışlardır.

Zizlavsky (2016), Çek Cumhuriyeti'nde imalat sanayinde faaliyet gösteren işletmelerin inovasyon performanslarını istatistiksel olarak analiz etmiştir. Analizleri sonucunda, ürün ve süreç inovasyonlarının, pazarlama ve organizasyonel inovasyonlardan daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Mavi ve Standing (2017), Veri Zarflama Analizi ile OECD ülkelerinin eko-inovasyon etkinliklerini analiz etmişlerdir. Girdi değişkenleri olarak, enerji ve çevre ile ilgili Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge personel sayısı, yeşil yatırım sayısı, ISO 14001 organizasyon sayısı gibi değişkenleri, çıktı değişkenleri olarak da ekoloji ve çevre ile ilgili patent sayısı, akademik yayın sayısı gibi değişkenleri ele almışlardır. Çalışmaları sonucunda, eko-inovasyon performansını arttırmada enerji kullanımı ve ekolojik sürdürülebilirliğin en önemli faktörler olduğunu belirlemişlerdir. Gault (2018), yaptığı çalışmada sistem yaklaşımı ile tüm ekonomik sektörlerde uygulanabilecek genel bir inovasyon tanımı ve inovasyonun ölçümü için kavramsal bir çerçeve geliştirmiştir. Önerdiği modelin inovasyon politikalarını değerlendirmede ve incelemede kullanılabileceğini ayrıca uluslararası karşılaştırmalarda da bu modelden yararlanılabileceğini belirtmiştir. Pop ve Pop (2018), Küresel İnovasyon Endeksi ve Avrupa İnovasyon Skorbordu olmak üzere iki farklı çalışmayı dikkate alarak Romanya'nın performansını teorik olarak ve karşılaştırmalı bir şekilde yıllar bazında analiz etmişlerdir.

Bu çalışmaların dışında çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından her yıl ya da belirli dönemlerde ülkelerin inovasyon performanslarının ölçüldüğü ve ülkelerin inovasyon performans indekslerinin hesaplandığı

çalışmalar mevcuttur. Avrupa İnovasyon Skorboardu 28 AB üyesi ülke ve 8 tane de AB üyesi olmayan ülkelerin inovasyon performanslarını ölçmekte ve her yıl düzenli olarak ülkelerin inovasyon indeksleri yayımlanmaktadır. Avrupa İnovasyon Skorboardu kapsamında insan kaynakları, açık araştırma sistemi, finans ve destek, firma yatırımları, bağlantılar ve girişimcilik, entelektüel varlıklar, yenilikçiler ve ekonomik etkiler ana değişkenleri kapsamında 25 farklı performans göstergesi dikkate alınmaktadır (European Innovation Scoreboard, 2016: 1-10). Makro çerçevede yapılan diğer çalışmalardan biri de Küresel İnovasyon Endeksidir. Bu indeks kapsamında girdi olarak kurumlar, insan kaynağı ve araştırma, altyapı, piyasa gelişmişliği ve iş dünyası gelişmişliği, çıktı olarak da bilimsel çıktılar ve yaratıcı çıktılar olmak üzere toplam 7 ana değişken altında 79 farklı alt değişken ele alınarak her yıl ülkelerin inovasyon indeksleri hesaplanmaktadır (Global Innovation Index, 2012).

Bu çalışmada Entropi yöntemi kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde, MABAC yöntemi de ülkelerin inovasyon performansının ölçülmesinde kullanılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen bu çok kriterli karar verme yöntemlerinin farklı uygulama alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Hung ve Chen (2009) yatırım değerlendirme sürecinde, Li vd. (2011) kömür madenlerinin güvenlik değerlendirilmesi sürecinde, Chaghooshi vd. (2012) endüstri robot sistemi seçim sürecinde, Zhang (2015) tedarikçi değerlendirme sürecinde, Ömürbek vd. (2016) firmaların performans değerlendirme sürecinde, Sarı (2017) personel performans değerlendirme sürecinde, Chen (2017) yüksek teknoloji işletmelerinin inovasyon performansı değerlendirme sürecinde, Çatı (2017) futbol takımlarının finansal ve sportif etkinliklerinin değerlendirme sürecinde, Sarı (2017) Ar-Ge projelerinin öncelik sıralaması sürecinde, Li vd. (2018) şehirlerin sürdürülebilir performansının değerlendirilmesi sürecinde kriterlerin ağırlıklandırılmasında Entropi yöntemini kullanmışlardır. Pamucar ve Girovic (2015) lojistik merkezlerinde nakliye ve taşıma kaynaklarının seçiminde, Bozanic vd. (2016) ve Gigovic vd. (2017) yer seçiminde, Xue vd. (2016) malzeme seçiminde, Yu vd. (2017) web sitelerinden faydalanarak otel seçiminde, Pamucar vd. (2018) yangın söndürme uçağı değerlendirmesinde ve Veskovc vd. (2018) yönetim modeli değerlendirmede MABAC yönteminden faydalanmışlardır.

2. Entropi

Entropi kavramı 1865 yılında Clausius tarafından, termodinamikte düzensizlik ve dağınıklığın bir ölçütü olarak literatüre giren bir kavramdır. Bu kavram Shannon (1948) tarafından kesikli olasılık dağılımı ile açıklanan belirsizliğin ölçüsü olarak farklı bir şekilde enformasyon teorisi açısından tanımlanmıştır (Zhang vd., 2011: 444).

Birden çok kriteri içerisinde bulunduran karar verme problemlerinde, kriter ağırlıklarının hesaplanması oldukça önemli bir konudur. Entropi yöntemi literatürde yer alan ağırlık hesaplama yöntemlerinden objektif olanlar kategorisinde değerlendirilmektedir. Entropi yönteminde karar probleminde yer alan kriterlere ilişkin ağırlıklarının hesaplanması için, karar matrisindeki veriler kullanılmaktadır. Başka herhangi bir öznel değerlendirmeye ihtiyaç duyulmaması nedeniyle yöntemin uygulanabilirliği oldukça kolaydır. Entropi yöntemi beş aşamadan oluşan bir uygulama sürecine sahiptir (Erol ve Ferrell, 2009: 1196-1197; Wang ve Lee, 2009: 8982; Özdağoğlu vd., 2017: 346-347; Vujičić vd., 2017: 425).

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması: Yöntemin ilk aşamasında x_{ij} değerlerinden oluşan ve D ile simgelenen karar matrisi Eşitlik (1)'de gösterilen şekilde oluşturulur.

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de yer alan x_{ij} değerleri, j . değerlendirme kriterine göre i . alternatifin aldığı değerleri göstermektedir (i , karar alternatifi sayısı $i = 1, 2, \dots, m$; j ise değerlendirme kriteri sayısı $j = 1, 2, \dots, n$ sayısı).

2. Aşama: Karar Matrisinin Normalizasyonu: Karar problemlerinde yer alan farklı birimlere sahip kriterlere ait veriler, normalizasyon işlemiyle $[0,1]$ aralığında değer alacak şekilde standart bir hale getirilmelidir. Normalizasyon işlemi Eşitlik (2)'den yararlanılarak gerçekleştirilir.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \forall i, j \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de yer alan p_{ij} : değerleri, j . değerlendirme kriterine göre i . alternatifin aldığı normalize değeri göstermektedir.

3. Aşama: Entropi Değerlerinin Bulunması: Bu aşamada her bir değerlendirme kriterinin Entropi değerleri (e_j), Eşitlik (3)'te gösterilen şekilde hesaplanır.

$$e_{ij} = -k \cdot \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \ln(p_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Eşitlik (3)'de yer alan k değeri $k = (\ln(m))^{-1}$ olarak tanımlanan sabit bir katsayıdır ve $0 \leq e_j \leq 1$ olacak şekilde değer alır. e_j değeri, j . kriterin belirsizlik ölçüsü olan Entropi değeri olarak tanımlanır.

4. Aşama: Farklılaşma Derecelerinin Bulunması: Bu aşamada, bir önceki aşamada hesaplanan Entropi değerleri kullanılarak, farklılaşma dereceleri olan d_j değerleri her bir kriter için Eşitlik (4)'te gösterilen şekilde hesaplanır.

$$d_j = 1 - e_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

5. Aşama: Entropi Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması: Yöntemin son aşamasında her bir kriterin farklılaşma derecesini, toplam farklılaştırma derecesine oranlayarak kriterlerin ağırlık değerleri (w_j) Eşitlik (5)'te gösterilen şekilde hesaplanır

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

3. MABAC

MABAC (Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison) yöntemi, Pamučar ve Ćirović tarafından literatüre kazandırılan bir ÇKKV yöntemidir (Pamućar ve Ćirović, 2015). *MABAC* yöntemi karar alternatiflerinin kriter fonksiyonlarının sınır yakınlık alanına uzaklıklarını dikkate alarak değerlendirme yapan bir yöntemdir (Milosavljevića vd., 2018; Pamučar vd., 2018). Öncelikle kriter fonksiyonlarının değerleri, her bir karar alternatifi için hesaplanır ve bu fonksiyonların sınır yakınlık alanına olan mesafeleri belirlenir. Daha sonra kriter fonksiyonlarının uzaklıklarının belirlenmesiyle birlikte karar alternatifleri sıralanır ve en iyi alternatif seçilir (Pamućar ve Ćirović, 2015). *MABAC* yöntemi yedi aşamadan oluşan bir uygulama sürecine sahiptir (Pamućar ve Ćirović, 2015; Gigović vd., 2017; Pamučar vd. 2018):

1.Aşama: Başlangıç Karar Matrisinin (X) Oluşturulması: *MABAC* yönteminde de ilk olarak m adet karar alternatifi ve n adet kriterden oluşan karar matrisi Eşitlik (6)'da gösterilen şekilde oluşturulur. Eşitlik (6)'da yer alan x_{ij} değerleri, j . değerlendirme kriterine göre i . alternatifin aldığı değerleri göstermektedir.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \left[\begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad (6)$$

2. Aşama: Karar matrisinin Normalizasyonu (N): Karar matrisinde yer alan farklı birimlere sahip kriterlere ait veriler, normalizasyon işlemiyle $[0,1]$ aralığında değer alacak şekilde Eşitlik (7)'de gösterilen şekilde standart bir hale getirilmelidir.

$$N = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \left[\begin{array}{cccc} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ A_2 & n_{21} & n_{22} & & n_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{array} \right. \end{matrix} \quad (7)$$

Normalizasyon işlemi maksimizasyon yönlü kriterler için Eşitlik (8), minimizasyon yönlü kriterler için Eşitlik (9)'dan yararlanılarak gerçekleştirilir.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (8)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^+}{x_i^- - x_i^+} \quad (9)$$

Eşitlik (8) ve (9)'da yer alan x_i^+ değeri, sütunlarda yer alan maksimum değerleri; x_i^- değeri ise sütunlardaki minimum değerleri göstermektedir.

3. Aşama: Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması: Bu aşamada kriter ağırlıkları Eşitlik (10)'dan yararlanılarak uygulama sürecine dahil edilir.

$$v_{ij} = w_i \cdot (n_{ij} + 1) \quad (10)$$

4. Aşama: Sınır Yakınlık Alanı Matrisinin Oluşturulması: Bu aşamada tüm kriterler için *Sınır Yakınlık Alanı* değerleri Eşitlik (11)'den yararlanılarak belirlenir.

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^m v_{ij} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (11)$$

Eşitlik (11)'de yer alan v_{ij} değerleri bir önceki aşamada hesaplanan ağırlıklandırılmış değerleri, m ise karar alternatifi sayısını göstermektedir. Tüm kriterler için g_i değerlerinin hesaplanmasıyla Eşitlik (12)'de gösterilen *Sınır Yakınlık Alanı Matrisi* (G) elde edilir.

$$G = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

5. Aşama Karar Alternatiflerinin Sınır Yakınlık Alanına Olan Uzaklıklarının (Q) Hesaplanması: Bu aşamada karar matrisindeki her bir değer için sınır yakınlık alanından uzaklıkları hesaplanarak Q matrisi Eşitlik (13)'de gösterilen şekilde elde edilir.

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Eşitlik (13)'de yer alan q_{ij} değerleri, ağırlıklandırılmış karar matrisi elemanları ile ve sınır yakınlık matrisi elemanları arasındaki fark alınarak Eşitlik (14)'te gösterilen şekilde elde edilir.

$$Q = V - G = \begin{bmatrix} v_{11} - g_1 & v_{12} - g_2 & \dots & v_{1n} - g_n \\ v_{21} - g_1 & v_{22} - g_2 & \dots & v_{2n} - g_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} - g_1 & v_{m2} - g_2 & \dots & v_{mn} - g_n \end{bmatrix} \quad (14)$$

6. Aşama Karar Alternatiflerinin Sınır Yakınlık Alanına Göre Durumlarının Belirlenmesi: Bir önceki aşamadaki q_{ij} değerlerine göre her karar alternatifi için (A_i), sınır yakınlık alanına göre durumlar Eşitlik (15)'ten yararlanılarak belirlenir.

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{eğer } q_{ij} > 0 \\ G & \text{eğer } q_{ij} = 0 \\ G^- & \text{eğer } q_{ij} < 0 \end{cases} \quad (15)$$

Eşitlik (15)'te gösterildiği üzere bir karar alternatifi, *Sınır Yakınlık Alanında* (G), *Üst Yakınlık Alanında* (G^+) ya da *Alt Yakınlık Alanında* (G^-) yer alabilir. Bir karar alternatifinin en iyi alternatif olabilmesi için, kriterlere ilişkin değerlerinin çoğunun üst yakınlık alanında (G^+) bulunması gerekmektedir. $q_{ij} > 0$ durumu A_i alternatifinin ideal alternatife yakınlığını göstermekteken; $q_{ij} < 0$ durumu ise A_i alternatifinin negatif-ideal alternatife yakınlığını göstermektedir.

7. Aşama. Karar Alternatiflerinin Sıralanması: Yöntemin son aşamasında karar alternatiflerin sınır yakınlık alanından uzaklık değerleri (q_i) kullanılır ve Eşitlik (16)'dan yararlanılarak her karar alternatifinin kriter fonksiyonları hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n q_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

4. Uygulama

Bu çalışmada Avrupa'da yer alan ülkelerin inovasyon performanslarının Entropi ve MABAC yöntemleri ile bütünleşik olarak ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen ve AB üyesi ülkelerin karşılaştırmalı bir biçimde inovasyona dair çabalarını değerlendiren Avrupa İnovasyon Karnesi 2018 yılı göstergelerinden yararlanılmıştır. Bu göstergelerin önemli bir bölümü Eurostat'tan alınan ham verilere dayanmaktadır. Avrupa İnovasyon Karnesi kapsamında yer alan ve çalışma kapsamında da inovasyon performansının değerlendirilmesi için dikkate alınan kriterler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. İnovasyon Performansı Değerlendirme Kriterleri

Kriter Kodu	Kriterler
K1	İnsan Kaynakları
K2	Araştırma Sistemleri
K3	İnovasyon Dostu Çevre
K4	Finansman ve Destekler
K5	Firma Yatırımları
K6	Yenilikçilik
K7	Bağlantılar
K8	Fikri Varlıklar
K9	İstihdam Etkisi
K10	Satışların Etkisi

Avrupa İnovasyon Karnesinde yer alan ve Tablo 1'deki kriterlere göre ülkelerin değerlendirilmesi ile oluşan veriler ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Kapsamında Oluşturulan Karar Matrisi

ÜLKE/KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Belçika	127,1	191,0	143,5	107,4	149,5	138,8	163,4	84,3	78,9	78,3
Bulgaristan	64,7	31,8	70,7	22,7	57,5	12,3	32,3	86,6	103,0	34,3
Çek Cumhuriyeti	93,5	82,4	106,0	50,9	116,2	74,1	78,4	63,2	115,7	98,7
Danimarka	219,8	206,4	264,6	110,5	122,0	96,3	132,6	167,3	101,0	78,2
Almanya	112,6	104,8	134,7	109,8	174,8	131,3	126,4	148,9	100,9	119,4
Estonya	123,9	101,8	138,9	96,5	75,4	24,3	76,3	111,6	74,9	65,4
İrlanda	167,9	160,8	129,3	81,6	104,5	146,3	90,0	47,3	165,7	132,9
Yunanistan	84,4	102,3	54,0	41,7	61,2	101,3	91,1	35,4	69,2	47,4
İspanya	141,6	98,7	143,5	86,4	75,8	36,2	69,3	72,9	90,7	76,6
Fransa	148,5	146,8	135,8	152,2	97,9	104,4	102,4	86,8	92,5	109,6
Hırvatistan	53,7	42,3	54,4	40,2	108,1	62,0	67,2	29,8	69,0	26,7
İtalya	65,2	99,4	84,6	59,4	64,5	90,8	57,1	104,3	74,8	77,0
Kıbrıs	114,2	118,7	61,0	45,8	60,6	87,0	60,4	115,5	61,1	76,1
Letonya	79,8	55,8	141,2	107,4	37,5	12,7	44,3	48,8	94,1	46,3
Litvanya	115,5	39,5	164,5	64,0	104,2	79,7	103,0	51,5	39,6	36,6
Lüksemburg	150,3	224,8	192,0	134,3	77,1	122,3	62,8	154,4	139,4	88,2
Macaristan	54,6	66,4	117,9	50,0	87,5	15,1	70,2	39,5	124,9	99,0
Malta	66,5	161,0	165,4	7,5	79,8	67,9	11,9	168,3	140,5	56,8
Hollanda	174,4	207,5	213,3	140,2	85,4	109,5	152,6	127,7	115,9	95,5
Avusturya	134,6	157,4	116,0	98,8	150,7	122,1	144,9	147,5	66,0	82,8
Polonya	72,2	33,4	127,2	33,2	90,6	2,9	37,9	75,2	92,5	55,3
Portekiz	100,0	120,9	178,2	70,1	83,5	99,9	54,9	74,0	82,8	44,9
Romanya	22,5	29,7	96,8	22,4	13,3	0,01	38,1	22,5	34,7	66,6
Slovenya	171,4	102,5	117,3	36,0	135,3	82,2	113,4	80,9	75,8	78,1
Slovakya	92,6	57,4	79,3	29,7	63,7	29,2	68,7	35,6	119,2	105,4
Finlandiya	197,1	156,6	245,7	118,7	148,1	121,7	133,9	148,1	83,9	80,8
İsveç	214,3	200,6	254,8	120,1	176,5	109,1	132,3	158,0	132,1	85,5
Birleşik Krallık	180,6	196,8	123,4	115,8	113,9	85,6	134,8	82,3	144,8	128,3
İzlanda	150,3	188,1	264,6	122,3	134,5	123,6	158,2	57,8	147,1	36,6
İsrail	105,1	130,6	112,3	45,6	243,9	74,6	141,2	103,2	186,1	95,9
Makedonya	42,8	76,2	53,7	32,8	69,7	55,0	44,1	14,3	6,5	46,3
Norveç	171,1	166,4	192,7	147,0	139,6	119,7	137,5	45,2	95,4	51,9
Sırbistan	76,5	37,2	24,8	40,6	132,3	72,3	94,9	24,4	94,0	60,9
İsviçre	236,4	251,6	193,9	126,4	234,8	160,7	142,1	164,7	118,1	114,6
Ukrayna	131,6	22,3	5,5	16,7	44,8	16,0	9,6	13,4	77,9	32,8
Türkiye	37,5	43,3	112,5	56,7	140,8	83,8	64,3	9,0	10,8	55,9

5.1. Entropi Yöntemi İle Kriterlerin Ağırlıklarının Bulunması

Entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının hesaplanabilmesi için öncelikle Tablo 2’de yer alan karar matrisi Eşitlik (2)’den yararlanılarak normalize edilir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

ÜLKE/KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Belçika	0,030	0,045	0,030	0,039	0,039	0,048	0,050	0,028	0,023	0,029
Bulgaristan	0,015	0,008	0,015	0,008	0,015	0,004	0,010	0,029	0,030	0,013
Çek Cumhuriyeti	0,022	0,020	0,022	0,019	0,030	0,026	0,024	0,021	0,034	0,037
Danimarka	0,051	0,049	0,055	0,040	0,032	0,034	0,041	0,056	0,030	0,029
Almanya	0,026	0,025	0,028	0,040	0,045	0,046	0,039	0,050	0,030	0,045
Estonya	0,029	0,024	0,029	0,035	0,020	0,008	0,024	0,037	0,022	0,025
İrlanda	0,039	0,038	0,027	0,030	0,027	0,051	0,028	0,016	0,048	0,050
Yunanistan	0,020	0,024	0,011	0,015	0,016	0,035	0,028	0,012	0,020	0,018
İspanya	0,033	0,023	0,030	0,032	0,020	0,013	0,021	0,024	0,027	0,029
Fransa	0,035	0,035	0,028	0,056	0,025	0,036	0,032	0,029	0,027	0,041
Hırvatistan	0,013	0,010	0,011	0,015	0,028	0,022	0,021	0,010	0,020	0,010
İtalya	0,015	0,024	0,018	0,022	0,017	0,032	0,018	0,035	0,022	0,029
Kıbrıs	0,027	0,028	0,013	0,017	0,016	0,030	0,019	0,038	0,018	0,029
Letonya	0,019	0,013	0,029	0,039	0,010	0,004	0,014	0,016	0,028	0,017
Litvanya	0,027	0,009	0,034	0,023	0,027	0,028	0,032	0,017	0,012	0,014
Lüksemburg	0,035	0,053	0,040	0,049	0,020	0,043	0,019	0,051	0,041	0,033
Macaristan	0,013	0,016	0,024	0,018	0,023	0,005	0,022	0,013	0,037	0,037
Malta	0,015	0,038	0,034	0,003	0,021	0,024	0,004	0,056	0,041	0,021
Hollanda	0,041	0,049	0,044	0,051	0,022	0,038	0,047	0,043	0,034	0,036
Avusturya	0,031	0,037	0,024	0,036	0,039	0,043	0,045	0,049	0,019	0,031
Polonya	0,017	0,008	0,026	0,012	0,023	0,001	0,012	0,025	0,027	0,021
Portekiz	0,023	0,029	0,037	0,026	0,022	0,035	0,017	0,025	0,024	0,017
Romanya	0,005	0,007	0,020	0,008	0,003	0,000	0,012	0,008	0,010	0,025
Slovenya	0,040	0,024	0,024	0,013	0,035	0,029	0,035	0,027	0,022	0,029
Slovakya	0,022	0,014	0,016	0,011	0,017	0,010	0,021	0,012	0,035	0,040
Finlandiya	0,046	0,037	0,051	0,043	0,038	0,042	0,041	0,049	0,025	0,030
İsveç	0,050	0,048	0,053	0,044	0,046	0,038	0,041	0,053	0,039	0,032
Birleşik Krallık	0,042	0,047	0,026	0,042	0,030	0,030	0,042	0,027	0,042	0,048
İzlanda	0,035	0,045	0,055	0,045	0,035	0,043	0,049	0,019	0,043	0,014
İsrail	0,024	0,031	0,023	0,017	0,063	0,026	0,044	0,034	0,054	0,036
Makedonya	0,010	0,018	0,011	0,012	0,018	0,019	0,014	0,005	0,002	0,017
Norveç	0,040	0,039	0,040	0,054	0,036	0,042	0,042	0,015	0,028	0,019
Sırbistan	0,018	0,009	0,005	0,015	0,034	0,025	0,029	0,008	0,027	0,023
İsviçre	0,055	0,060	0,040	0,046	0,061	0,056	0,044	0,055	0,035	0,043
Ukrayna	0,031	0,005	0,001	0,006	0,012	0,006	0,003	0,004	0,023	0,012

Ülkelerin İnovasyon Performanslarının Ölçümünde Entropi ve MA...

Türkiye	0,009	0,010	0,023	0,021	0,037	0,029	0,020	0,003	0,003	0,021
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Bir sonraki aşamada Eşitlik (3)'ten yararlanılarak, Tablo 3'de hesaplanan normalize edilmiş değerler (p_{ij}) ile bu değerlerin logaritma değerleri ($\ln(p_{ij})$) birbirleriyle çarpılıp, toplanır. Eşitlik (3)'de yer alan k değeri ise karar alternatifleri sayısının logaritması alınarak hesaplanmaktadır. Uygulamada otuz altı tane ülke yer aldığından dolayı bu değer, $k = (\ln(m))^{-1}$ formülünden yararlanılarak $k = (\ln(36))^{-1} = 0,2791$ olarak hesaplanır. Elde edilen Entropi değerleri (e_j) Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Entropi Değerlerinin Elde Edilmesi

ÜLKE/KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Belçika	-0,104	-0,140	-0,105	-0,127	-0,126	-0,146	-0,151	-0,100	-0,087	-0,104
Bulgaristan	-0,063	-0,037	-0,062	-0,040	-0,063	-0,023	-0,046	-0,102	-0,105	-0,056
Çek Cumhuriyeti	-0,083	-0,077	-0,084	-0,074	-0,106	-0,094	-0,090	-0,081	-0,115	-0,122
Danimarka	-0,152	-0,148	-0,159	-0,129	-0,109	-0,114	-0,131	-0,161	-0,104	-0,104
Almanya	-0,095	-0,092	-0,100	-0,129	-0,140	-0,141	-0,126	-0,149	-0,104	-0,139
Estonya	-0,102	-0,090	-0,102	-0,118	-0,077	-0,040	-0,088	-0,122	-0,084	-0,091
İrlanda	-0,127	-0,125	-0,097	-0,105	-0,098	-0,152	-0,099	-0,065	-0,147	-0,150
Yunanistan	-0,077	-0,090	-0,050	-0,064	-0,066	-0,118	-0,100	-0,052	-0,079	-0,072
İspanya	-0,112	-0,088	-0,105	-0,109	-0,077	-0,055	-0,082	-0,090	-0,096	-0,102
Fransa	-0,116	-0,117	-0,101	-0,161	-0,093	-0,121	-0,109	-0,102	-0,098	-0,131
Hırvatistan	-0,055	-0,046	-0,051	-0,062	-0,100	-0,083	-0,080	-0,046	-0,079	-0,046
İtalya	-0,064	-0,088	-0,071	-0,083	-0,068	-0,109	-0,071	-0,117	-0,084	-0,102
Kıbrıs	-0,096	-0,101	-0,055	-0,068	-0,065	-0,106	-0,074	-0,125	-0,072	-0,102
Letonya	-0,074	-0,057	-0,104	-0,127	-0,045	-0,024	-0,059	-0,067	-0,099	-0,070
Litvanya	-0,097	-0,044	-0,115	-0,088	-0,098	-0,100	-0,110	-0,070	-0,052	-0,059
Lüksemburg	-0,117	-0,156	-0,128	-0,148	-0,078	-0,134	-0,076	-0,153	-0,130	-0,113
Macaristan	-0,055	-0,065	-0,091	-0,073	-0,086	-0,028	-0,083	-0,057	-0,121	-0,122
Malta	-0,065	-0,125	-0,116	-0,016	-0,080	-0,089	-0,021	-0,162	-0,131	-0,082
Hollanda	-0,130	-0,148	-0,138	-0,152	-0,084	-0,125	-0,144	-0,134	-0,115	-0,119
Avusturya	-0,109	-0,123	-0,090	-0,120	-0,127	-0,134	-0,139	-0,148	-0,076	-0,108
Polonya	-0,069	-0,038	-0,096	-0,053	-0,088	-0,007	-0,052	-0,092	-0,098	-0,080
Portekiz	-0,088	-0,102	-0,122	-0,094	-0,083	-0,117	-0,069	-0,091	-0,090	-0,069
Romanya	-0,027	-0,035	-0,079	-0,039	-0,020	0,000	-0,052	-0,037	-0,047	-0,092
Slovenya	-0,129	-0,090	-0,090	-0,057	-0,118	-0,102	-0,117	-0,097	-0,084	-0,103
Slovakya	-0,083	-0,059	-0,068	-0,049	-0,068	-0,047	-0,082	-0,053	-0,117	-0,128
Finlandiya	-0,141	-0,122	-0,152	-0,136	-0,125	-0,134	-0,132	-0,148	-0,091	-0,106
İsveç	-0,150	-0,145	-0,156	-0,137	-0,141	-0,124	-0,131	-0,155	-0,126	-0,110
Birleşik Krallık	-0,133	-0,143	-0,094	-0,134	-0,104	-0,105	-0,132	-0,099	-0,134	-0,146
İzlanda	-0,117	-0,139	-0,159	-0,139	-0,117	-0,135	-0,147	-0,076	-0,135	-0,059

İsrail	-0,091	-0,108	-0,088	-0,068	-0,175	-0,095	-0,136	-0,116	-0,158	-0,120
Makedonya	-0,046	-0,073	-0,050	-0,053	-0,073	-0,076	-0,058	-0,025	-0,012	-0,070
Norveç	-0,128	-0,128	-0,129	-0,157	-0,120	-0,132	-0,134	-0,063	-0,100	-0,077
Sırbistan	-0,072	-0,042	-0,027	-0,062	-0,116	-0,093	-0,103	-0,039	-0,099	-0,086
İsviçre	-0,160	-0,168	-0,129	-0,142	-0,170	-0,161	-0,137	-0,159	-0,116	-0,135
Ukrayna	-0,107	-0,028	-0,008	-0,031	-0,052	-0,029	-0,017	-0,024	-0,086	-0,054
Türkiye	-0,041	-0,047	-0,088	-0,080	-0,121	-0,103	-0,078	-0,017	-0,018	-0,081
<i>e_j</i>	0,970	0,955	0,965	0,955	0,970	0,948	0,964	0,949	0,973	0,980

Entropi yönteminin son aşamasında Tablo 4'teki (e_j) değerleri ve Eşitlik (4)-(5)'ten yararlanılarak farklılaşma dereceleri ve kriter ağırlıkları bulunur. Elde edilen sonuçlar Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Entropi Yöntemiyle Hesaplanan Kriter Ağırlıkları

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
<i>d_j</i>	0,030	0,045	0,035	0,045	0,030	0,052	0,035	0,051	0,027	0,020
<i>w_j</i>	0,081	0,121	0,094	0,121	0,081	0,141	0,095	0,139	0,072	0,055

Tablo 5'te yer alan Entropi yöntemi sonuçlarına göre en önemli kriterin yenilikçilik (K6) olduğu, bu kriteri sırasıyla fikri varlıklar (K8) ile finansman ve destekler (K4) kriterlerinin izlediği; en az öneme sahip kriterlerin ise sırasıyla satışların etkisi (K10), istihdam etkisi (K9) ve insan kaynakları (K1) kriterleri olduğu görülmektedir.

5.2. MABAC Yöntemi İle Ülkelerin İnovasyon Performanslarının Değerlendirilmesi

MABAC yöntemi ile çözüm yapılırken diğer ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi öncelikle ilk olarak normalizasyon işlemi yapılır. Tablo 2'de yer alan karar matrisindeki değerler, tüm kriterler maksimizasyon yönlü olduğundan Eşitlik (8)'den yararlanılarak normalize edilir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. MABAC Yöntemi Normalize Edilmiş Karar Matrisi

ÜLKE/KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Belçika	0,489	0,735	0,533	0,691	0,591	0,863	1,000	0,472	0,403	0,486
Bulgaristan	0,197	0,041	0,252	0,105	0,192	0,076	0,147	0,487	0,537	0,072
Çek Cumhuriyeti	0,332	0,262	0,388	0,300	0,446	0,461	0,447	0,340	0,608	0,677
Danimarka	0,922	0,803	1,000	0,712	0,471	0,599	0,800	0,993	0,527	0,485
Almanya	0,421	0,359	0,499	0,707	0,700	0,817	0,759	0,878	0,526	0,872
Estonya	0,474	0,346	0,515	0,615	0,269	0,151	0,434	0,644	0,381	0,365
İrlanda	0,680	0,604	0,478	0,513	0,395	0,910	0,523	0,240	0,887	1,000
Yunanistan	0,289	0,349	0,187	0,236	0,208	0,630	0,530	0,165	0,349	0,196
İspanya	0,557	0,333	0,533	0,545	0,271	0,225	0,388	0,401	0,469	0,470

Ülkelerin İnovasyon Performanslarının Ölçümünde Entropi ve MA...

Fransa	0,589	0,543	0,503	1,000	0,367	0,650	0,604	0,488	0,479	0,780
Hırvatistan	0,146	0,087	0,189	0,226	0,411	0,386	0,374	0,131	0,348	0,000
İtalya	0,200	0,336	0,305	0,359	0,222	0,565	0,309	0,598	0,380	0,474
Kıbrıs	0,429	0,420	0,214	0,265	0,205	0,541	0,330	0,668	0,304	0,465
Letonya	0,268	0,146	0,524	0,691	0,105	0,079	0,226	0,250	0,488	0,184
Litvanya	0,435	0,075	0,614	0,391	0,394	0,496	0,607	0,267	0,184	0,093
Lüksemburg	0,598	0,883	0,720	0,876	0,276	0,761	0,346	0,912	0,740	0,579
Macaristan	0,150	0,192	0,434	0,294	0,322	0,094	0,394	0,191	0,660	0,680
Malta	0,206	0,605	0,617	0,000	0,288	0,423	0,015	1,000	0,746	0,283
Hollanda	0,710	0,807	0,802	0,917	0,312	0,681	0,930	0,745	0,609	0,648
Avusturya	0,524	0,589	0,426	0,631	0,596	0,759	0,880	0,869	0,331	0,529
Polonya	0,232	0,048	0,470	0,178	0,335	0,018	0,184	0,415	0,479	0,270
Portekiz	0,362	0,430	0,666	0,433	0,304	0,621	0,294	0,408	0,425	0,172
Romanya	0,000	0,032	0,352	0,103	0,000	0,000	0,185	0,085	0,157	0,376
Slovenya	0,696	0,350	0,431	0,197	0,529	0,512	0,675	0,451	0,386	0,484
Slovakya	0,328	0,153	0,285	0,154	0,219	0,181	0,384	0,167	0,628	0,740
Finlandiya	0,816	0,585	0,927	0,769	0,585	0,757	0,808	0,873	0,431	0,509
İsveç	0,897	0,778	0,962	0,778	0,708	0,679	0,798	0,935	0,700	0,554
Birleşik Krallık	0,739	0,761	0,455	0,749	0,436	0,532	0,814	0,460	0,770	0,956
İzlanda	0,597	0,723	1,000	0,794	0,526	0,769	0,966	0,306	0,783	0,093
İsrail	0,386	0,472	0,412	0,263	1,000	0,464	0,856	0,591	1,000	0,652
Makedonya	0,095	0,235	0,186	0,175	0,245	0,342	0,225	0,033	0,000	0,185
Norveç	0,695	0,628	0,722	0,964	0,548	0,745	0,832	0,227	0,495	0,237
Sırbistan	0,253	0,065	0,074	0,229	0,516	0,450	0,554	0,097	0,487	0,322
İsviçre	1,000	1,000	0,727	0,822	0,961	1,000	0,862	0,977	0,622	0,827
Ukrayna	0,510	0,000	0,000	0,064	0,137	0,099	0,000	0,027	0,398	0,057
Türkiye	0,070	0,091	0,413	0,340	0,553	0,522	0,355	0,000	0,024	0,275

Normalize edilen karar matrisi Eşitlik (10)'dan yararlanılarak, uygulamanın ilk aşamasında Entropi yöntemiyle Tablo 5'te hesaplanan kriter ağırlıkları ile çarpılır ve ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Tablo 7'de gösterilen şekilde elde edilir.

Tablo 7. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

ÜLKE/KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Belçika	0,120	0,210	0,144	0,205	0,128	0,263	0,189	0,205	0,101	0,082
Bulgaristan	0,096	0,126	0,118	0,134	0,096	0,152	0,109	0,207	0,111	0,059
Çek Cumhuriyeti	0,107	0,152	0,131	0,158	0,117	0,206	0,137	0,186	0,116	0,093
Danimarka	0,155	0,218	0,188	0,208	0,119	0,226	0,170	0,277	0,110	0,082
Almanya	0,114	0,164	0,141	0,207	0,137	0,257	0,167	0,261	0,110	0,103
Estonya	0,119	0,163	0,143	0,196	0,102	0,163	0,136	0,229	0,100	0,075
İrlanda	0,135	0,194	0,139	0,184	0,112	0,270	0,144	0,172	0,136	0,110
Yunanistan	0,104	0,163	0,112	0,150	0,097	0,230	0,145	0,162	0,097	0,066

İspanya	0,125	0,161	0,144	0,188	0,102	0,173	0,131	0,195	0,106	0,081
Fransa	0,128	0,186	0,142	0,243	0,110	0,233	0,152	0,207	0,107	0,098
Hırvatistan	0,092	0,131	0,112	0,149	0,114	0,196	0,130	0,157	0,097	0,055
İtalya	0,097	0,161	0,123	0,165	0,098	0,221	0,124	0,222	0,100	0,081
Kıbrıs	0,115	0,171	0,114	0,154	0,097	0,218	0,126	0,232	0,094	0,081
Letonya	0,102	0,138	0,143	0,205	0,089	0,152	0,116	0,174	0,107	0,065
Litvanya	0,116	0,130	0,152	0,169	0,112	0,211	0,152	0,176	0,086	0,060
Lüksemburg	0,129	0,227	0,162	0,228	0,103	0,249	0,127	0,266	0,126	0,087
Macaristan	0,093	0,144	0,135	0,157	0,107	0,155	0,132	0,166	0,120	0,093
Malta	0,097	0,194	0,152	0,121	0,104	0,201	0,096	0,278	0,126	0,071
Hollanda	0,138	0,218	0,170	0,233	0,106	0,238	0,183	0,243	0,116	0,091
Avusturya	0,123	0,192	0,134	0,198	0,129	0,249	0,178	0,260	0,096	0,084
Polonya	0,099	0,127	0,138	0,143	0,108	0,144	0,112	0,197	0,107	0,070
Portekiz	0,110	0,173	0,157	0,174	0,105	0,229	0,123	0,196	0,103	0,065
Romanya	0,081	0,125	0,127	0,134	0,081	0,141	0,112	0,151	0,084	0,076
Slovenya	0,137	0,163	0,135	0,145	0,123	0,214	0,159	0,202	0,100	0,082
Slovakya	0,107	0,139	0,121	0,140	0,098	0,167	0,131	0,162	0,118	0,096
Finlandiya	0,146	0,191	0,181	0,215	0,128	0,248	0,171	0,260	0,103	0,083
İsveç	0,153	0,215	0,185	0,216	0,138	0,237	0,170	0,269	0,123	0,086
Birleşik Krallık	0,140	0,213	0,137	0,212	0,116	0,217	0,172	0,203	0,128	0,108
İzlanda	0,129	0,208	0,188	0,218	0,123	0,250	0,186	0,182	0,129	0,060
İsrail	0,112	0,178	0,133	0,153	0,161	0,207	0,176	0,221	0,144	0,091
Makedonya	0,088	0,149	0,112	0,143	0,100	0,190	0,116	0,144	0,072	0,065
Norveç	0,136	0,197	0,162	0,239	0,125	0,247	0,173	0,171	0,108	0,068
Sırbistan	0,101	0,129	0,101	0,149	0,122	0,205	0,147	0,153	0,107	0,073
İsviçre	0,161	0,241	0,163	0,221	0,158	0,283	0,176	0,275	0,117	0,101
Ukrayna	0,122	0,121	0,094	0,129	0,092	0,155	0,095	0,143	0,101	0,058
Türkiye	0,086	0,132	0,133	0,163	0,125	0,215	0,128	0,139	0,074	0,070

MABAC yönteminin bir sonraki adımında sınır yakınlık alanı değerleri Eşitlik (11)'den yararlanılarak hesaplanır. Hesaplanan bu değerler ile oluşturulan sınır yakınlık alanı matrisi Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Sınır Yakınlık Alanı Matrisi

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Gi	0,115	0,167	0,139	0,176	0,112	0,208	0,142	0,199	0,107	0,078

Tablo 8'deki her kriter için hesaplanan sınır yakınlık alanına, her bir ülke değerinin uzaklıkları Eşitlik (14)'ten yararlanılarak hesaplanır. Sınır yakınlık alanına olan uzaklıklar matrisi Tablo 9'de gösterilmiştir.

Tablo 9. Sınır Yakınlık Alanına Uzaklıklar

ÜLKE/KRİTER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Belçika	0,005	0,042	0,005	0,030	0,016	0,056	0,048	0,005	-0,005	0,004
Bulgaristan	-0,019	-0,042	-0,021	-0,041	-0,016	-0,056	-0,033	0,007	0,004	-0,019
Çek Cumhuriyeti	-0,008	-0,015	-0,008	-0,018	0,004	-0,001	-0,005	-0,013	0,010	0,014
Danimarka	0,040	0,050	0,050	0,032	0,006	0,018	0,029	0,078	0,004	0,003
Almanya	-0,001	-0,003	0,002	0,032	0,025	0,049	0,025	0,062	0,004	0,025
Estonya	0,003	-0,005	0,004	0,021	-0,010	-0,045	-0,006	0,029	-0,007	-0,003
İrlanda	0,020	0,026	0,000	0,008	0,000	0,062	0,002	-0,027	0,030	0,032
Yunanistan	-0,011	-0,004	-0,027	-0,026	-0,015	0,023	0,003	-0,037	-0,009	-0,012
İspanya	0,010	-0,006	0,005	0,012	-0,010	-0,035	-0,010	-0,005	-0,001	0,003
Fransa	0,013	0,019	0,003	0,067	-0,002	0,025	0,010	0,007	0,000	0,020
Hırvatistan	-0,023	-0,036	-0,027	-0,027	0,002	-0,012	-0,012	-0,042	-0,009	-0,023
İtalya	-0,019	-0,006	-0,016	-0,011	-0,014	0,013	-0,018	0,023	-0,007	0,003
Kıbrıs	0,000	0,004	-0,024	-0,022	-0,015	0,010	-0,016	0,032	-0,012	0,002
Letonya	-0,013	-0,029	0,005	0,030	-0,023	-0,055	-0,026	-0,026	0,001	-0,013
Litvanya	0,000	-0,037	0,013	-0,007	0,000	0,004	0,010	-0,023	-0,021	-0,018
Lüksemburg	0,013	0,060	0,023	0,052	-0,009	0,041	-0,014	0,066	0,019	0,009
Macaristan	-0,023	-0,023	-0,004	-0,019	-0,006	-0,053	-0,010	-0,034	0,013	0,014
Malta	-0,018	0,026	0,013	-0,054	-0,008	-0,007	-0,046	0,079	0,019	-0,008
Hollanda	0,022	0,051	0,031	0,057	-0,006	0,030	0,041	0,043	0,010	0,012
Avusturya	0,008	0,025	-0,005	0,022	0,017	0,041	0,036	0,060	-0,011	0,006
Polonya	-0,016	-0,041	0,000	-0,033	-0,005	-0,064	-0,030	-0,003	0,000	-0,008
Portekiz	-0,006	0,005	0,018	-0,002	-0,007	0,021	-0,019	-0,004	-0,004	-0,014
Romanya	-0,035	-0,043	-0,012	-0,042	-0,032	-0,066	-0,030	-0,049	-0,023	-0,003
Slovenya	0,021	-0,004	-0,004	-0,030	0,011	0,006	0,017	0,002	-0,007	0,003
Slovakya	-0,008	-0,028	-0,018	-0,036	-0,014	-0,041	-0,011	-0,037	0,011	0,018
Finlandiya	0,031	0,024	0,043	0,039	0,016	0,041	0,029	0,061	-0,003	0,005
İsveç	0,038	0,047	0,046	0,040	0,026	0,029	0,028	0,070	0,016	0,007
Birleşik Krallık	0,025	0,045	-0,002	0,037	0,004	0,009	0,030	0,004	0,021	0,029
İzlanda	0,013	0,041	0,050	0,042	0,011	0,042	0,044	-0,018	0,022	-0,018
İsrail	-0,004	0,011	-0,006	-0,022	0,049	-0,001	0,034	0,022	0,038	0,013
Makedonya	-0,027	-0,018	-0,027	-0,033	-0,012	-0,018	-0,026	-0,056	-0,034	-0,013
Norveç	0,021	0,029	0,023	0,063	0,013	0,039	0,032	-0,029	0,001	-0,010
Sırbistan	-0,014	-0,039	-0,038	-0,026	0,010	-0,003	0,005	-0,047	0,001	-0,005
İsviçre	0,046	0,074	0,024	0,046	0,046	0,075	0,035	0,075	0,010	0,022
Ukrayna	0,006	-0,047	-0,045	-0,046	-0,020	-0,052	-0,047	-0,057	-0,006	-0,020
Türkiye	-0,029	-0,035	-0,006	-0,013	0,013	0,007	-0,013	-0,060	-0,033	-0,008

MABAC yönteminde son aşamasında, Tablo 9'daki sınır yakınlık alanına uzaklıklar kullanılarak, ülkelerin kriter fonksiyonları Eşitlik (16)'dan yararlanılarak hesaplanır. Hesaplanan bu değerler ve ülkelerin inovasyon performanslarına ilişkin bir sıralama Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. S_i Değerleri ve Ülkelerin İnovasyon Performanslarına Göre Sıralaması

ÜLKE/KRİTER	S_i	Sıralama
Belçika	0,205	9
Bulgaristan	-0,235	33
Çek Cumhuriyeti	-0,040	21
Danimarka	0,310	3
Almanya	0,219	8
Estonya	-0,019	19
İrlanda	0,154	14
Yunanistan	-0,117	25
İspanya	-0,036	20
Fransa	0,163	13
Hırvatistan	-0,209	32
İtalya	-0,050	23
Kıbrıs	-0,041	22
Letonya	-0,150	27
Litvanya	-0,079	24
Lüksemburg	0,261	6
Macaristan	-0,143	26
Malta	-0,003	17
Hollanda	0,291	4
Avusturya	0,200	11
Polonya	-0,199	31
Portekiz	-0,010	18
Romanya	-0,332	35
Slovenya	0,016	16
Slovakya	-0,164	29
Finlandiya	0,285	5
İsveç	0,348	2
Birleşik Krallık	0,202	10
İzlanda	0,230	7
İsrail	0,133	15
Makedonya	-0,264	34
Norveç	0,182	12
Sırbistan	-0,156	28
İsviçre	0,453	1
Ukrayna	-0,334	36
Türkiye	-0,177	30

Tablo 10'da gösterilen sonuçlara göre; inovasyon performansı en iyi olan ülkenin İsviçre olduğu, İsveç ve Danimarka'nın sırasıyla İsveç'yi takip ettiği

görülmektedir. İnovasyon performansı en düşük olan ülkeler ise sırasıyla Ukrayna, Romanya ve Makedonya olarak belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Ülkeler sürdürülebilir bir büyüme sağlanması, toplumsal refahın yükseltilmesi ve ülkede yaşayan insanların yaşam kalitelerinin artırılması gibi nedenlerden dolayı inovasyonu bir kalkınma aracı olarak görmektedirler. Bu doğrultuda kendi teknolojisini üretip, diğer ülkeler karşısında öne geçmek isteyen ülkeler için inovasyon kavramı oldukça önem arz etmektedir. Son yıllarda ülke kaynaklarının önemli bölümlerinin Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerine ayrılması ile, bu faaliyetlerin sonuca odaklı olup olmadıklarının tespit edilmesi ve ülkelerin diğer ülkeler karşısındaki durumlarını görebilmeleri bir diğer ifadeyle ülkelerin inovasyon faaliyetlerinin performans ölçümünün yapılması önemli bir konu haline gelmiştir.

Ülkeler için oldukça önem arz eden inovasyon performansının ölçümünün yapılması bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturmuş ve bu doğrultuda performans ölçümü ile ilgili son yıllarda sıklıkla kullanılmakta olan ÇKKV yöntemlerinden ikisi bütünleşik olarak kullanılarak, bir uygulama gerçekleştirilmiştir. İnovasyon performans kriterleri, Avrupa İnovasyon Karnesi kapsamında yer alan bir rapordan yararlanılarak belirlendikten sonra, bu kriterlerin önem ağırlıkları objektif bir ağırlıklandırma yöntemi olan Entropi ile hesaplanmıştır. Entropi yöntemi sonuçlarına göre en önemli kriterler sırasıyla yenilikçilik, fikri varlıklar, finansman ve destekler; en az öneme sahip kriterlerin ise sırasıyla satışların etkileri, istihdam etkileri ve insan kaynakları olarak belirlenmiştir. Uygulama kapsamında yer alan otuz altı ülkenin inovasyon performanslarına göre sıralamasının yapılması için bir diğer ÇKKV karar verme yöntemi olan MABAC'tan yararlanılmıştır. MABAC yöntemi sonuçlarına göre inovasyon performansı en yüksek olan ülkeler sırasıyla İsviçre, İsveç ve Danimarka, en düşük olan ülkeler ise Ukrayna, Romanya ve Makedonya olarak belirlenmiştir. Uygulama sonuçları Entropi ve MABAC yöntemlerinden oluşan bütünleşik bir uygulama modelinin, inovasyon performansının ölçülmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Gerek uluslararası gerekse de ulusal literatürde inovasyon performansının MABAC yöntemi ile değerlendirilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmaması bakımından, mevcut çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemleri ile uygulamalar gerçekleştirilerek, elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca inovasyon performansının ölçülmesinde daha farklı kriterler göz önüne alınabilir, kriter ağırlıklarına yönelik değerlendirmelerin Entropi'den farklı yöntemler kullanılarak yapılabileceği çalışmalara yer verilebilir.

Kaynakça

- Abbasi, F., Hajihoseini, H. ve Haukka, S. (2010). “Use of virtual index for measuring efficiency of innovation systems: a cross-country study”, *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 9(3), 195-212.
- Apokin, A. ve Ipatova, I. (2016). “How R&D Expenditures Influence Total Factor Productivity and Technical Efficiency?”, Higher School of Economics Research Paper No. 128/EC/2016.
- Aydın, H.İ. ve Yalçınkaya, Ö. (2016). “Ar-Ge Yatırımlarının Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Üzerinde Panel Veri Analizi (1994-2014)”, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26, 178-196
- Bayraktutan, Y. ve Kethudaoğlu, F. (2017). “Ar-Ge ve İktisadi Büyüme İlişkisi: OECD Örneği”, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(53), 1-16
- Božanić, D. A., Pamučar, D. S. ve Karović, S. M. (2016). “Use of the fuzzy AHP–MABAC hybrid model in ranking potential locations for preparing laying-up positions”, *Vojnotehnički Glasnik / Military Technical Courier*, 64(3), 705-729.
- Çakır, S. ve Perçin, S. (2013). “AB ülkelerinde bütünlüklük Entropi ağırlık-TOPSIS yöntemiyle Ar-Ge performansının ölçülmesi”, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 77-95.
- Çatı, K., Eş, A. ve Özevin, O. (2017). “Futbol takımlarının finansal ve sportif etkinliklerinin Entropi ve TOPSIS yöntemiyle analiz edilmesi: Avrupa'nın 5 büyük ligi ve süper lig üzerine bir uygulama”, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*. 13(1), 199-222.
- Chaghooshi, A. J., Fathi, M. R. ve Kashef, M. (2012). “Integration of fuzzy Shannon's Entropy with fuzzy TOPSIS for industrial robotic system selection”, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1), 102-114.
- Chen, C. P., Yang, C. H. ve Hu, J. L. (2011). “An international comparison of R&D efficiency of multiple innovative outputs: The role of the national innovation system”, *Innovation: Management, Policy & Practice*, 13, 341–360.
- Chen, G. (2017). “An Entropy-TOPSIS method for evaluation innovation performance of the high-tech industry”, *Boletín Técnico*, 55(3), 155-163.

- Elçi, Ş. (2007). *İnovasyon: Kalkınma ve Rekabetin Anahtarı*. INOMER: İstanbul.
- Erol, İ. ve Ferrell Jr, W.(2009). “Integrated approach for reorganizing purchasing: theory and a case analysis on a Turkish company”, *Computers & Industrial Engineering*, 56(4), 1192-1204.
- Gault, F. (2018). “Defining and measuring innovation in all sectors of the economy”, *Research Policy*, 47, 617–622.
- Ghazinoory, S., Riahi, P., Azar, A. ve Miremadi, T. (2014). “Measuring innovation performance of developing regions: learning and catch-up in provinces of Iran”, *Technological and Economic Development of Economy*. 20(3), 507–533.
- Gigović, L., Pamučar, D., Božanić, D. ve Ljubojević, S. (2017). “Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia”, *Renewable Energy*, 103, 501-521.
- Gömleksiz, M., Şahbaz, A. ve Mercan, B. (2017). “Toplam Faktör Verimliliğinin Belirleyicileri Üzerine Ampirik Bir İnceleme: Seçilmiş OECD Ülkeleri Örneği”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 12(2), 65-82
- Griffith, R., Redding, S. ve Reenen, J.V. (2004). “Mapping The Two Faces of R&D: Productivity Growth In A Panel of OECD Industries”, *Review of Economics and Statistics*, 86(4), 883-895
- Hagedoorn, J. ve Cloudt, M. (2003). “Measuring innovative performance is there an advantage in using multiple indicators”, *Research Policy*, 32, 1365–1379.
- Hung, C. C. ve Chen, L. H. (2009). “A fuzzy TOPSIS decision making model with Entropy weight under intuitionistic fuzzy environment”, *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists IMECS 2009*, Hong Kong.
- Işık, N. ve Kılınç, E.C. (2011). “Bölgesel Kalkınma’da Ar- Ge ve İnovasyonun Önemi: Karşılaştırmalı Bir Analiz”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(2), 9- 54
- İnel, M. N. ve Türker, M. V. (2016). “Ulusal inovasyon performansının ölçümü için çok nitelikli karar verme teknikleri ile bir model denemesi”, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(2), 147-166.
- Katila, R. (2000). “Using patent data to measure innovation performance, *International Journal of Business Performance Measurement*”, 2, 180-193.

- Kijek, A. ve Kijek, T. (2010). "The comparative analysis of innovation performance in the EU countries", *Acta Universitatis Lodzianensis Folia Oeconomica*. 242, 193-204.
- Konings, R. ve Louw, E. (2014). "Innovation performance of the transport sector at regional level", *International Conference on Traffic and Transport Engineering - Belgrade*, 27-28 November.
- Korkmaz, S. (2010). "Türkiye'de Ar- Ge Yatırımları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin VAR Modeli ile Analizi", *Journal of Yasar University*, 20(5), 3320- 3330
- Li, W., Yi, P. ve Zhang, D. (2018). "Sustainability evaluation of cities in Northeastern China using dynamic TOPSIS-Entropy methods", *Sustainability*. 10, 1-15.
- Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Yang, H. ve Gao, C. (2011). "Application of the Entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines", *Procedia Engineering*, 26, 2085–2091.
- Mavi, R. K. ve Standing, C. (2017). "Eco-innovation analysis with DEA: an application to OECD countries", *International Journal on Computer Science and Information Systems*, 12(2), 133-147.
- Milosavljević, M., Bursać, M. ve Tričković, G. (2018). "Selection of the railroad container terminal in Serbia based on multi criteria decision-making methods", *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(2), 1-15.
- OECD (2005). *Oslo Klavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler*. Avrupa Komisyonu.
- Ömürbek N., Karaatlı, M. ve Balcı, H. F. (2016). "Entropi temelli MAUT ve SAW yöntemleri ile otomotiv firmalarının performans değerlemesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1), 227-255.
- Özdağoğlu, A., Yakut, E. ve Bahar, S. (2017). "Machine selection in a dairy product company with Entropy and SAW method integration", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 341-359.
- Pamučar, D. ve Ćirović, G. (2015). "The selection of transport and handling resources in logistics centers using multi-attributive border approximation area comparison (MABAC)", *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016-3028.
- Pamučar, D., Petrović, I. ve Ćirović, G. (2018). "Modification of the Best–Worst and MABAC methods: A novel approach based on interval-

- valued fuzzy-rough numbers”, *Expert Systems with Applications*, 91, 89-106.
- Pop, D. M. ve Pop, M. T. (2018). “Measuring the innovation of economy through global and European tools”, *MATEC Web of Conferences*, 184, 1-5.
- Roszkó-Wójtowicz, E. ve Bialek, J. (2016). “A multivariate approach in measuring innovation performance”, *Zb. rad. Ekon. fak. Rij*, 34(2), 443-479.
- Sadraoui, T. ve Zina, N. B. (2009). “A Dynamic Panel Data Analysis for R&D Cooperation and Economic Growth”. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 5(4), 218- 233.
- Sarı, E.B. (2017). “Endüstri İşletmelerinde Ar-Ge Projelerini Öncelik Sıralamasında Entropi Ağırlıklı TOPSIS Yöntemine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz”, *International Journal of Academic Value Studies*, 3(11), 159 -170.
- Sarı, E. B. (2017). “Toplam Verimli Bakım Uygulayan Bir İşletmede Bakım Personelinin Performans Değerleme Puanlarının Entropi Tabanlı VIKOR Sıralaması ile Karşılaştırılması”, *İşletme Bilimi Dergisi*, 5(3), 59-78.
- Taş, Ş., Taşar, İ. ve Açıcı, Y. (2017). “Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 197-206
- Tiryakioğlu, M. (2007). “Araştırma Geliştirme-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş OECD Ülkeleri Üzerine Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Vesković, S., Stević, Z., Stojić, G., Vasiljević, M. ve Milinković, S. (2018). “Evaluation of the railway management model by using a new integrated model Delphi-SWARA-MABAC”, *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(2), 34-50.
- Vujičić, M. D., Papić, M. Z. ve Blagojević, M. D. (2017). “Comparative analysis of objective techniques for criteria weighing in two MCDM methods on example of an air conditioner selection”, *Tehnika*, 72(3), 422-429.
- Wakelin, K. (2001). “Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms”, *Research Policy*, 30, 1079–1090
- Wang, T. C. ve Lee, H. D. (2009). “Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights”, *Expert Systems with Applications*, 6(5), 8980-8985.

- Xue, Y. X., You, J. X., Lai, X. D. ve Liu, H. C. (2016). “An interval-valued intuitionistic fuzzy MABAC approach for material selection with incomplete weight information”, *Applied Soft Computing*, 38, 703–713.
- Yu, S. M., Wang, J. ve Wang, J. Q. (2017). “An interval type-2 fuzzy likelihood-based MABAC approach and its application in selecting hotels on a tourism website”, *International Journal of Fuzzy Systems*, 19(1), 47-61.
- Zhang, H., Gu, C. L, Gu, L. W. ve Zhang, Y. (2011). “The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy—a case in the Yangtze River delta of China”, *Tourism Management*, 32(2), 443-451.
- Zhang, Y. (2015). “TOPSIS method based on entropy weight for supplier evaluation of power grid enterprise”, *2nd International Conference on Education Reform and Modern Management (ERMM 2015)*.
- Zhuparova, A. S. (2012). “Problems of measuring effectiveness of innovation performance”. *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 6(6), 1601-1608.
- Zizlavsky, O. (2016). “Innovation performance measurement: research into Czech business practice”, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 816-838.