

G20 Grubu Ülkelerin Üretkenlik Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Productive Capacity of G20 Group Countries

Furkan Fahri ALTINTAŞ*

* Dr., Jandarma Genel Komutanlığı, furkanfahrialtintas@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-0161-5862

Öz

Özellikle büyük ekonomilere sahip ülkeler üretkenlik kapasitelerini iyileştirerek küresel ekonomiye katkılarını artırabilmektedirler. Bunun için ülkelerin üretkenlik kapasitesi performansları konusunda farkındalık kazanması ve mevcut üretkenlik kapasitesine göre stratejiler oluşturması için ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin ölçümü büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda araştırmanın amacı, dünyanın en büyük ekonomilerine sahip olan G20 grubunda yer alan 19 ülkenin en son ve güncel olan 2000-2018 yıl aralığındaki Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı Üretkenlik Kapasitesi Endeksi (PCI) bileşenlerine ait değerler üzerinden üretkenlik kapasiteleri entropi tabanlı topsis yöntemi ile ölçmektir. Bulgulara göre, ülkeler açısından entropi yöntemi kapsamında en önemli üretkenlik kapasitesi bileşeninin "ulaşım" olduğu tespit edilmiştir. Devamında ülkelerin entropi tabanlı topsis yöntemine göre üretkenlik kapasiteleri en fazla olan ilk üç ülkenin Almanya, ABD ve Güney Kore olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ülkelerin ortalama üretkenlik kapasite değeri hesaplanarak söz konusu değerden düşük olan ülkelerin küresel ekonomiye katkılarının daha fazla olması için üretkenlik kapasitelerini artırması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yöntem açısından entropi tabanlı topsis yönteminin duyarlılık analizi verilerine göre entropi tabanlı topsis yönteminin ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin ölçülmesinde kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunların dışında, yöntem kapsamında ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri entropi tabanlı bazı çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV: Aras, copras, edas, waspas, rov, gri ilişkisel analiz) ile ölçülerek söz konusu değerler arasındaki ilişkiler pearson korelasyon katsayısı ile ölçülmüştür. Bu ölçüme göre, PCI'nın başta entropi tabanlı topsis yöntemi olmak üzere diğer entropi tabanlı ÇKKV yöntemleri ile açıklanabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Üretkenlik Kapasitesi, Entropi, Topsis

Abstract

Especially countries with large economies can increase their contribution to the global economy by improving their productive capacities. For this, it is of great importance to measure the productive capacity of the countries in order to raise awareness about productive capacity of the countries and to create strategies according to current productive capacity. In this context, aim of the research is to evaluate the productive capacity of 19 countries in the G20 group, which has the world's largest economies, over values of the United Nations Trade and Development Conference Productive Capacity Index (PCI) components between the years 2000-2018, which is the most recent and current, using the entropy-based topsis method. to measure with. According to the findings, it has been determined that the most important productive capacity component within the scope of entropy method in terms of countries is "transportation". Afterwards, it was observed that first three countries with the highest productive capacities according to the entropy-based topsis method were Germany, the USA and South Korea. In addition, by calculating average productive capacity value of the countries, it was concluded that countries with a lower value than the said value should increase their productive capacity in order to contribute more to the global economy. In addition, according to the sensitivity analysis data of the entropy-based topsis method, it was concluded that entropy-based topsis method can be used to measure the productive capacities of countries. Apart from these, productive capacity values of countries within the scope of method were measured with some entropy-based multi-criteria decision-making methods (MCDM: Aras, copras, edas, waspas, rov, gray relational analysis) and relations between these values were measured with pearson correlation coefficient. According to this measurement, it has been evaluated that PCI can be explained by other entropy-based MCDM methods, especially the entropy-based topsis method.

Keywords: Productive Capacity, Entropy, Topsis.

Giriş

Üretkenlik kapasitesi doğrudan ekonomi kavramıyla ilişkili olup, üretkenlik kapasitesinin çokluğu mikro anlamda organizasyonların finansal anlamda iyileşmesine, makro anlamda ise büyük organizasyonlar olarak nitelendirilen ülkelerin ekonomik büyümelerine, kalkınmalarına ve gelişmelerine katkı sağlamaktadır. Bunun yanında üretkenlik kapasitesi, ülkeler ve diğer organizasyonlar tarafından çeşitlenme, farklılaşma ve tutunma faaliyetleri ile daha çok anlam kazanmaktadır. Özellikle ülkelerin üretkenlik kapasiteleri konusunda nesnel olarak farkında olması, ülkelerin üretkenlik kapasitesi konusunda daha gerçekçi, doğru, etkin, etkili ve verimli stratejiler ile politikalar üretmesini sağlayabilecektir. Bu bağlamda ülkeler kendilerinin uluslararası anlamda üretkenlik kapasitelerini ölçen ölçeklere göre faaliyetlerini yürütebilmektedir.

Özellikle dünya sermayesinin büyük çoğunluğunu kontrol altında bulunduran G20 grubu ülkelerinin üretkenlik kapasitesi konusundaki bölgesel, supranasyonal ve uluslararası faaliyetleri küresel anlamda ekonomiyi, ticareti, girişimciliği, inovasyonu, istihdamı, yatırımları, lojistiği, rekabeti ve ekonomi ile ilgili olan diğer boyutları etkilemektedir. Dolayısıyla G20 ülkelerinin üretkenlik kapasitelerinin ölçümü büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda araştırmada, en son ve güncel olan 2000-2018 yıl aralığı için G20 grubunda yer alan ülke bazındaki 19 ülkenin üretkenlik kapasiteleri Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı Üretkenlik Kapasitesi Endeksi (PCI) bileşenlerine ait değerler üzerinden entropi tabanlı topsis yöntemi ile ölçülmüş ve ülkeler söz konusu üretkenlik kapasitesi değerlerine göre sıralanmıştır. Araştırmada ayrıca yöntem açısından ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri entropi tabanlı topsis yöntemi dışında entropi tabanlı bazı çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV: Aras, copras, edas, waspas, rov, gia) ile ölçülerek ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri sıralamaları tartışılmıştır. Bunların dışında ÇKKV yöntemleri kapsamında tespit edilen değerler arasındaki korelasyonlar ölçülerek PCI'nın başta entropi tabanlı topsis yöntemi olmak üzere başka hangi entropi tabanlı ÇKKV yöntemleri ile açıklanabileceği tespit edilmiştir. Bu bağlamda araştırmanın kavramsal çerçeve bölümünde üretkenlik kapasitesi ile ilgili olarak açıklamalarda bulunulmuştur. Literatür kısmında ise üretkenlik kapasitesi ve entropi tabanlı topsis yöntemi ile ilgili çalışmalar belirtilmiştir. Yöntem kısmında ise araştırmanın analizi, veri seti, entropi ve topsis yöntemleri açıklanmıştır. Son olarak sonuç ve tartışma kısmında ise bulgular kapsamında tespit edilen değerlere istinaden çıkarımlar sağlanıp tartışılmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Üretim kapasitesi, bir organizasyonun belirli bir süre içerisinde elinde bulundurduğu üretim faktörlerini optimal şekilde kullanarak oluşturacağı üretim miktarı olarak açıklanmaktadır (Bulut, 2004; Koç vd. 2017). Makroekonomik açıdan düşünüldüğünde ise üretim kapasitesi; bir ülkede üretim kaynakları, girişimcilik seviyesi ve üretimle ilgili olan diğer unsurların (küçük, orta ve büyük sermayeli firmalar, yerli anlamda sağlanan girişimcilik, girişimler arasındaki ilişki durumu, doğrudan yabancı yatırım vb.) birlikte değerlendirilerek sağlanan üretim hacmini belirtmektedir. Söz konusu üretim hacmi üretkenlik ile ilişkilidir (UNCTAD, 2006: 63; Gnangnon, 2021a:2).

Ülkeler ve diğer organizasyonlar için gelecek dönemlerde üretim maliyetlerine yönelik belirsizlikler özellikle kapasite planlama faaliyetlerini kısıtlamaktadır. Buna göre kapasite planlamasında var olan kapasitenin değerlendirilmesi, gelecek dönemler için kapasite seviyelerinin ve üretim ile üretkenlik kapasitelerini belirleyen etkenlerin tespiti ve amaçlara uygun olarak kapasitelerinin seçilmesi büyük önem arz etmektedir (Koç vd. 2017:2).

Üretkenlik kısaca, aynı girdilerle daha büyük seviyede çıktı sağlamak olarak belirtilmektedir (Top, 2002: 31). Ülkelerin belirli bir üretkenlik kapasite seviyesine ulaşması için politik kapasite ile teknik kapasitenin uyumunun oluşması gereklidir. Bu bağlamda ekonomik anlamda üretkenlik kapasitesinin daha iyi olması için oluşturulan reformlar eğer bir ülkede siyasi talepleri ve beklentileri karşılırsa söz konusu reformlar ilerleyebilecektir. Bunun için ilk olarak politik kapasitenin, oluşturulan reformların gerekli kaynak ihtiyaçlarının karşılayabilme seviyesinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca ekonomik reformları uygulayan kurumların teknik yeterlilikleri, politik reformlar ile uyum içinde olmalıdır. Çünkü politik kapasite oluştuğunda, teknik kapasitenin gelişimi sağlanabilecektir. Dolayısıyla teknik kapasite sayesinde sağlanan üretkenlik kapasitesi ile teknik kapasitenin gelişimine yönelik etkin stratejiler oluşturulabilecektir (Therkildsen, 2008: 46-47).

Ekonomik gelişme; büyüme, kalkınma ve ekonomik faaliyetlerin büyüklüğünden daha ziyade faaliyetlerin çeşitlenmesi ile daha çok anlam kazanmaktadır. Buna göre, yeni mal ve hizmetlere odaklanarak yapılacak ekonomik faaliyetler ülkelerin üretkenlik kapasitelerine bağlı olmaktadır. Dolayısıyla ülkelerin üretkenlik kapasiteleri için üretilen mal ve hizmetlerin hacminin yanında, söz konusu mal ve hizmetlerin çeşitliliklerinin sayısı da esas olmalıdır (Freire, 2011: 4).

Ülkeler üretkenlik kapasitelerinin gelişime yönelik politikalar, stratejiler ve faaliyetler yapması için ilk olarak üretkenlik kapasite potansiyeli hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Bunun için ülkeler, kendi üretkenlik kapasite seviyelerinin nesnel anlamda ölçen metrik veya metriklerden yararlanmaktadır. Böylelikle ülkeler, söz konusu metrik veya metriklerle üretkenlik kapasitesi konusunda yeterliliklerini, üstünlüklerini ve eksikliklerini değerlendirebilmektedir. Bunun yanında, büyük ekonomilere sahip olan ülkelerin üretkenlik kapasitesi konusundaki faaliyetleri küresel ekonomiyi yönlendirebildiğinden dolayı büyük ekonomilere sahip olan ülkeler kendi üretkenlik kapasitesi analizlerini derinleştirmektedir. Ayrıca bu analizleri çeşitli ölçek büyüklüğündeki ekonomilerde takip etmektedir. Dolayısıyla ülkeler her zaman için kendilerinin üretkenlik kapasitelerini ölçen metriklere gereksinim duymaktadır. Buna göre ülkelerin üretkenlik kapasitelerini uluslararası anlamda ölçen tek ölçek Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı Üretkenlik Kapasitesi Endeksi (United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Productive Capacities Index – PCI)'dir. PCI toplam 8 bileşenden oluşmaktadır. Söz konusu bileşenlere ait 46 alt bileşenden oluşmaktadır. Söz konusu endekste ülkelere göre bileşenlerin performans değerleri

mevcutken, alt bileşenlere ait değerler bulunmamaktadır. Bileşenlerin geometrik ortalaması ile ülkelerin üretkenlik kapasitesi veya PCI değerleri hesaplanabilmektedir (UNCTAD, 2020). Buna göre PCI bileşenleri ve bileşenlerin açıklamaları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. PCI Bileşenleri ve Bileşenlerin Açıklamaları

| Bileşenler | Açıklamalar |
|--------------------------------------|---|
| Enerji | Enerji, bir ülkede güç kaynaklarının kullanılabilirliği (elektrik ve petrol), sürdürülebilirliği ve verimliliği ile ölçülür. Bu nedenle, enerjinin kullanımı ile erişimi, enerji bileşenlerinin ve kaynaklarının dağıtımı ile enerjinin yenilenebilirliğindeki kayıplardan oluşur. |
| Beşeri Sermaye | Beşeri sermaye, bir ülkede nüfusun sahip olduğu eğitim, beceri, sağlık koşulları, araştırmacı sayısı ve araştırma faaliyetlerine yapılan harcamalar yoluyla toplumun dokusundaki genel araştırma ve geliştirme entegrasyonunun yapısı ile ölçülür. |
| Bilgi ve İletişim Teknolojisi | Bilgi ve iletişim teknolojisi, bir ülkede iletişim sistemlerinin nüfus içindeki erişilebilirlik ve entegrasyonu ile ölçülür. Bilgi ve iletişim teknolojisi; sabit hat ve cep telefonu kullanıcılarını, internet erişilebilirliğini ve sunucu güvenliğini içerir. |
| Kurumlar | Kurumlar; bir ülkede düzenleyici kalitesi, düzenleyici etkinliği, suç, yolsuzluk, terörle mücadele başarısı, vatandaşların ifade ile örgütlenme özgürlüğünün güvence altına alınması, siyasi istikrar ve verimlilik ile ölçülür. |
| Doğal Sermaye | Doğal sermaye, bir ülkede doğal kaynağın çıkarılmasından elde edilen rantlar da dâhil olmak üzere, doğal sermaye çıkarma kapasitesi ve tarımsal kaynakların kullanılabilirliği ile ölçülür. |
| Özel Sektör | Özel sektör, bir ülkede ihracat ve ithalat için zaman ve parasal maliyetler ile iç kredi, sözleşme uygulama hızı ve bir iş kurmak için gereken süre açısından işletmeye verilen desteği içeren sınır ötesi ticaretin kolaylığı ile ölçülür. |
| Yapısal Değişiklik | Yapısal değişim, bir ülkede emeğin ve diğer üretken kaynakların düşük üretkenlikten yüksek verimli ekonomik faaliyetlere doğru hareketi ile ölçülür. Bu değişim, ihracatın karmaşıklığı ve çeşitliliği, sabit sermayenin yoğunluğu ve sanayi ile hizmetlerin toplam GSYİH üzerindeki ağırlığı tarafından tespit edilir. Belirli bir sektördeki bağlayıcı kısıtlamaların belirlenmesi ve etkin bir şekilde ele alınması koşuluyla, belirli bir sektör içinde yapısal değişiklik yapısal değişime dâhildir. |
| Nakliyat | Ulaştırma, bir ülkede bir sistemin insanları veya malları bir yerden başka bir yere taşıma kapasitesi (kara yolu, demir yolu ve hava yolu) ile ölçülür. |

Kaynak: UNCTAD, 2020: 11

PCI'nın en önemli faydası, ülkelere üretkenlik kapasitesi konusunda farkındalık kazandırması ve ülkelerin üretkenlik kapasiteleri konusunda politikalar oluşturmasında yardımcı olmasıdır (Gnangnon, 2021b: 2). Bunun dışında ülkeler açısından sürdürülebilirlik, etkinlik, hesap verebilirlik ve verimlilik değişkenlerinin üretkenlik kapasitesi ile pozitif yönlü ilişkileri bulunmaktadır (Therkildsen, 2008: 39).

LİTERATÜR TARAMASI

Araştırmanın literatürü iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisinde üretim ve üretkenlik kapasitesi ile ilgili olan çalışmalar açıklanmıştır. İkincisinde ise entropi tabanlı toptan yöntemi ile ilgili araştırmalar belirtilmiştir. Ayrıca literatürde ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin ölçümünün herhangi bir ÇKKV yöntemi ile tespitine yönelik araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu kapsamda Salim (2008), Bangladeş'te 1992-1999 yıl aralığındaki gıda şirketlerinin üretkenlik kapasitelerini incelemiştir. Araştırmada, kapasite gerçekleştirme oranlarının firmalar açısından ve zaman içinde büyük ölçüde değiştiği bulgusuna ulaşılmıştır. Araştırmada ayrıca belirtilen yıl aralığında ortalama üretkenlik kapasitesi gerçekleştirme oranının %65 olduğu ve buna göre firmaların çoğunun tam üretkenlik kapasitesi dışında üretim yaptığı belirlenmiştir. Bunların dışında, araştırma kapsamında ortalama üretkenlik kapasitesini aşan sektörlerin daha çok deniz ürünleri, pirinç, tahıl, sebze, sıvı yağ, çay ve kahve olduğu gözlenmiştir. Malua vd. (2010), küresel iklim değişikliğinin Burkina Faso, Kenya ve Güney Afrika ülkelerindeki 4000 çiftçinin kış ve yaz mevsimlerine ilişkin gelirlerine ait değerler ve iklim özelliklerine ilişkin veriler ile iklim değişikliği ve üretkenlik kapasitesi arasındaki ilişkiyi çeşitli matematiksel modellerle açıklamışlardır. Bulgulara göre, sıcaklık artışı ve mahsul gelir ile yağış artışı ve mahsul gelir arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Ayrıca araştırmada, sıcaklık artışının üretkenlik kapasitesini artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bilgiler ışığında araştırmada, ülkeler açısından gelecek dönemlerde tarım politikalarının değişebileceği ifade edilmiştir. ESCAP (2011), az gelişmiş ülkelerin üretkenlik kapasitelerini artırmaları için çeşitli önerilerde bulunmuştur. Bunlardan birincisi, devlet ve özel sektörün ortak çabalarıyla stratejik çeşitlenme sürecinin bir parçası olarak üretken kapasitelerin oluşturulmasıdır. İkincisi, stratejik ürün yeniliği konusunda farklılaşmadır. Son olarak üçüncüsü ise daha yüksek üretkenlik kapasitelerine sahip ülkelerin üretkenlik modellerinin öğrenilmesi gerekliliğidir. Cornia ve Scognamiglio (2016), 1993-2013 yıl aralığında 48 az gelişmiş ülkenin üretkenlik kapasitesi, kişi başı gayri safi yurt içi hasıla (KBGSYİH) boyutunun, insani değer ve ekonomik hassaslık boyutları üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Araştırmada, üretkenlik kapasitesinin söz konusu boyutlar üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Balac (2017), 73 ülkenin 1980-2014 yıl aralığında üretkenlik kapasitesi

kapsamında doğrudan yabancı yatırım (DYY), ekonomik farklılaşma ve ekonomik gelişmişlik boyutlarına ait değerler üzerinden, DYY'nin ekonomik farklılaşma ve ekonomik gelişmişlik boyutlarıyla ilişkisini panel veri analizi ile belirlemiştir. Bulgulara göre, DYY'nin ekonomik farklılaşma ve gelişmişlik boyutları ile anlamlı ilişkileri olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Gonzales-Blanco vd. (2019), Brezilya'da faaliyet gösteren 2416 imalat şirketine ait Dünya Bankası anketlerinden sağladığı veriler üzerinden lisans anlaşmaları kapsamında yabancı teknoloji ile makine ve teçhizat bilgi teknolojilerinin üretkenlik kapasitesi üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Bulgulara göre, yabancı teknolojiler ile makine ve teçhizat bilgi teknolojilerinin üretkenlik kapasitesi üzerinde pozitif yönlü ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Mian vd. (2019), ABD'nin 1980'li ve 1990'lı yıllar için tespit edilebilen banka kredisi, hane halkı borcu, perakende satışlar, istihdam, ücretler, işsizlik, konut inşaatı ve gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) ile ilgili veriler ile 56 ülkenin 1960'lı yıllar için ticaret kapsamında ticarete konu olan ve olmayan istihdam, ticarete konu olan ve olmayan çıktılar (mallar) ve ticarete ilişkin fiyatlar ile ilgili veriler üzerinden banka kredisi arzının üretkenlik kapasitesi üzerindeki etkisini çeşitli matematiksel modeller ile belirlemişlerdir. Araştırmada, banka kredilerinin arzının ticarete konu olmayan istihdam ve ticarete konu olmayan malların fiyatlarını artırdığı, ticarete konu olan istihdamı sınırladığı ve diğer değişkenler üzerinde anlamlı etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Olarte vd. (2021), 2002-2011 yıl aralığında Güney Afrika ülkesinin birinci, ikinci ve beşinci çeyrek PCI verileri üzerinden makro ekonomik değişkenlerin (emtiya fiyatları ve kurumsal güçlendirme) üretkenlik kapasitesi eşitsizliğini azaltmasına olan etkisini panel veri analizi kapsamında sabit etki tahminci yöntemi ile incelemişlerdir. Araştırmada, ülkelerdeki daha az eğitimlilerin üretkenlik kapasitelerinin iyileştirilmesinin eşitsizliği azaltılmasında anlamlı bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Demiral ve Demiral (2021), 125 ülkenin 2000-2018 yıl aralığındaki sosyo-ekonomik faktörler içeriğindeki üretim kapasitesi ve enerji performansı boyutlarına ilişkin veriler ile üretim kapasitesi boyutunun enerji performansı boyutuna olan etkisini panel durağanlık testi ile hesaplamışlardır. Araştırmada üç önemli bulguya varılmıştır. Birincisinde üretim kapasitesi kapsamında daha yüksek beşeri sermayenin orta gelir grupları dışında enerji etkinliğini anlamlı bir şekilde oluşturduğu bulgusuna ulaşılmıştır. İkincisinde ise üretim kapasitesi açısından daha yüksek ulaşım kapasitesinin üst ve orta gelirli ekonomiler dışında enerji etkinliğini anlamlı şekilde azalttığı gözlenmiştir. Son olarak üçüncüsünde bilgi iletişim teknolojilerinin yaygınlaştırılmasının düşük gelirli ekonomiler dışında (üst ve orta gelirli ekonomiler) diğer ekonomilerin enerji etkinliği ile anlamlı ve pozitif yönlü ilişkileri olduğu tespit edilmiştir. Wilson (2021), 35 ülkenin 1981-2018 yıl aralığındaki Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, ABD Enerji ve Bilgi İdaresi ve Birleşmiş Milletler Ulusal Hesaplar Ana Toplamlar Veri tabanından sağladığı ekonomik ve gıda ile üretkenlik verileri üzerinden çeşitli matematiksel modellemeler ile enflasyon ve üretkenlik kapasitesi arasındaki ilişkiyi tespit etmiştir. Araştırmada, dengesiz olarak fazla kapasite artırımı yerine dengeli üretkenlik kapasitesiyle ülkelerin enflasyonu daha etkin şekilde kontrol altına alabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürün ikinci kısmı kapsamında entropi tabanlı topsis yöntemi ile ilgili olan araştırmalar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Entropi Tabanlı Topsis Literatürü

| Araştırmacı/Araştırmacılar | Yöntem | Araştırma Konusu |
|----------------------------|--|--|
| Li vd. (2011) | Entropi tabanlı topsis | Kömür madenlerinin güvenlik performanslarının ölçümü |
| Zhang vd. (2011) | Entropi tabanlı topsis | Turizm destinasyonunun rekabet gücünün değerlendirilmesi |
| Li vd. (2014) | Entropi tabanlı topsis | Karayolu taşıma kapasitesinin sürdürülebilir gelişimine ilişkin kapsamlı değerlendirme |
| Aytekin ve Karamaşa (2016) | Bulanık entropi tabanlı bulanık topsis | BİST'te faaliyet gösteren sigorta şirketlerinin finansal performanslarının ölçülmesi |
| Ding (2016) | Entropi tabanlı topsis | Çin'de kentsel sürdürülebilir kalkınmanın kapsamlı değerlendirmesi |
| Hsu ve Hsu (2018) | Entropi tabanlı topsis | Sağlık kuruluşlarının bilgi dış kaynak kullanımı performanslarının ölçümü |
| Huang vd. (2018) | Entropi tabanlı topsis | Çin Halk Cumhuriyeti'nde kentsel raylı sistem işletme performansının ölçülmesi |
| Öznel vd. (2018) | Entropi tabanlı topsis | Enerji sektöründe kurumsal sürdürülebilirlik performansının ölçümü |
| Yang (2018) | Entropi tabanlı topsis | Entegre sel güvenlik açığı değerlendirme yaklaşımı |
| Barukab (2019) | Entropi tabanlı topsis | Küresel bulanık bilgi altında entropi ölçümüne dayalı bulanık topsis yöntemine yeni bir yaklaşım |
| Chen (2019) | Entropi tabanlı topsis | Normalleştirilen entropi tabanlı topsis yöntemi üzerindeki etkileri |
| Liu vd. (2019) | Entropi tabanlı topsis | Çin'deki karbon piyasasının olgunluğunun ölçülmesi |
| Balcerzak (2020) | Entropi tabanlı | Avrupa Birliği ülkelerinin kurumlarının kalite performanslarının |

| | topsis | ölçümü |
|------------------|--|---|
| Zhao vd. (2020) | Entropi tabanlı topsis | Ülkelerin ulusal elektrik enerjisi gelişim performanslarının ölçümü |
| Sun ve Yu (2021) | Entropi tabanlı topsis ve k-ortalamlar | Ofis binaları için geliştirilmiş enerji performansının ölçülmesi |

Literatür değerlendirildiğinde, üretkenlik kapasitesi ile ilgili olarak birçok araştırma bulunmaktadır. Bu durum, üretkenlik kapasitesinin ülkeler açısından ekonomi politikaları üretilmesindeki önemini göstermektedir. Fakat literatür değerlendirildiğinde, makro anlamda ülkelerin üretkenlik kapasiteleri konusunda araştırmaların, mikro anlamda işletmelerin üretkenlik kapasiteleri konusundaki araştırmalara göre daha kısıtlı olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında, yöntem açısından entropi ve topsis yöntemlerinin avantajı kapsamında kriterlerin ağırlık katsayısı ya da önemlilik derecelerinin belirlenmesinde entropi ve karar alternatiflerinin performans ölçümü ile karar alternatiflerini seçim problemlerinde birçok araştırmacının topsis yönteminden yararlandığı tespit edilmiştir (Demir vd., 2021). Bu durum entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlık katsayılarının ve entropi tabanlı topsis yönteminin ise karar alternatiflerinin performanslarının ölçümünde güvenilir olduklarını göstermektedir. Ayrıca her iki yöntemde bilimsel güvenilirliği, sağlam temelli mantık yapısı ve kolay hesaplama prosedürlere sahiptir (Ayçin, vd. 2019).

YÖNTEM VE BULGULAR

Araştırmanın Veri Seti ve Analizi

Araştırmanın veri seti, en son ve güncel olarak 2020 yılında yayınlanan 2000-2018 yıl aralığı için G20 ülke grubunda ülke bazındaki 19 ülkelerinin PCI bileşenlerine ait değerler oluşturmaktadır. Araştırmada PCI bileşenlerinin entropi yöntemi ile önemlilik dereceleri (ağırlık katsayılarının) ile ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin entropi tabanlı topsis yöntemi ile hesaplanmasında Microsoft Excel paket programından yararlanılmıştır. Ayrıca ÇKKV literatüründe entropi ve topsis ÇKKV yöntemlerinden sıklıkla faydalandığı için araştırmada söz konusu ÇKKV yöntemleri tercih edilmiştir. Araştırmada kolaylık sağlaması açısından PCI bileşenlerinin kısaltmaları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. PCI Bileşenlerinin Kısaltması

| Bileşenler | Açıklamalar |
|-------------------------------|-------------|
| Enerji | PCI1 |
| Beşeri Sermaye | PCI2 |
| Bilgi ve İletişim Teknolojisi | PCI3 |
| Kurumlar | PCI4 |
| Doğal Sermaye | PCI5 |
| Özel Sektör | PCI6 |
| Yapısal Değişiklik | PCI7 |
| Ulaşım | PCI8 |

Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi, karar alternatiflerine göre kriterlerin ağırlık katsayılarını veya önemlilik derecelerini hesaplayan bir tekniktir. Bu yöntemde, karar vericilerin değerlendirmelerine gerek olmadan karar alternatiflerine ilişkin veriler kullanılarak nesnel sonuçlar sağlanmaktadır. Ayrıca Entropi yönteminde değerleri yüksek olan veri grubundaki belirsizlikler daha fazla olmaktadır (Ayçin, 2019: 122). Entropi yönteminde kriterlerin ağırlık değerleri karmaşık olmayan matematiksel ölçümle belirlenir. Dolayısıyla bu yöntemde karar verici boyutunda uzmanlığa ve yargıya ihtiyaç duyulmamaktadır (Aksakal ve Çalışkan, 2020: 171). Bunların dışında, kriterlerin ağırlık katsayılarının hesaplanmasında entropi yönteminden akademik araştırmalarda sık olarak yararlanılmıştır (Ulutaş ve Topal, 2020). Buna göre entropi yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır (Ayçin, 2019: 122-124; Ecer, 2020: 57-58; Öztel ve Alp, 2020: 23-24).

A_i : i. karar Alternatifi ($i=1,2,\dots,m$).

D: Karar Matrisi

$\ln(x)$ = Doğal logaritma fonksiyonu

C_j : j. değerlendirme kriteri ($j=1,2,\dots,n$).

x_{ij} : j. değerlendirme kriterine göre i. alternatifin aldığı yer.

p_{ij} : j. değerlendirme kriterine göre i. alternatifin aldığı normalize değer.

k: Entropi katsayısı

e_j : Entropi değeri

d_j : Farklılaşma derecesi

w_j : j. Değerlendirme kriterinin ağırlığı ($j=1,2,\dots,n$).

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

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

2. Adım: Karar Matrisinin Normalizasyonu

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

3. Adım: Kriterlerin Entropi Değerlerinin Bulunması

$$k = (\ln(m))^{-1} \quad 0 \leq e_j \leq 1 \quad (3)$$

$$e_j = -k \cdot \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \ln(p_{ij}) \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

4. Adım: Farklılaşma Derecelerinin Hesaplanması

$$d_j = 1 - e_j \quad j=1,2,\dots,n \quad (5)$$

5. Adım: Entropi Kriter Ağırlıklarının Tespiti

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

Topsis Yöntemi

Topsis yöntemi kriterlere göre karar alternatiflerinin performansını veya seçilme derecesini ölçen ve buna göre karar alternatiflerini sıralayan bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntem, pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olmak üzere iki temel kavrama dayanmaktadır. Yöntemde, en uygun karar alternatifinin pozitif ideal çözüme yakın, buna karşın negatif ideal çözüme uzak olmaları aranmaktadır (Ayçın, 2019: 238). Dolayısıyla ideal çözüme geometrik olarak en kısa öklid mesafesi negatif-ideal çözümden en uzak olduğunu göstermektedir. Bu yöntemde kriterlerin monoton azalan ya da artan yapıda olduğu öngörülmektedir. Diğer bir ifade ile yarar kriteri için maksimum değer, maliyet kriteri için ise minimum değer dikkate alınmaktadır. Bunların dışında, toposis yönteminde sayısal olmayan çıktıların sayısallaştırılması gerekmektedir (Öznel ve Alp, 2020: 33-35). Bu bağlamda toposis yönteminin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur (Paksoy, 2017: 23-27; Çelikkbilek, 2018: 177-180; Ecer, 2020: 147-149).

1. Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

M adet karar alternatifi ve n adet kriterden oluşan matris eşitlik 7'de belirtilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & x_{12} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & x_{22} & \dots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & x_{m2} & \dots & k_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

2. Adım: Standart Karar Matrisinin Sağlanması

Topsis yönteminde normalizasyon, genel olarak vektör normalizasyon işlemi ile hesaplanır. Buna göre ilk olarak normalize değerler (r_{ij}) ölçülür. r_{ij} değerleri eşitlik 8 ile sağlanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n \quad (8)$$

r_{ij} değerleri hesaplandıktan sonra standart karar matrisi (R) eşitlik 9 ile sağlanır.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

3. Adım: Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisinin Sağlanması

Bu aşamada kriterlerin ağırlık değerlerinin (w_{ij}) toplamı 1 olmalıdır ($\sum_{i=1}^n w_{ij}$). Buna göre sağlanan ağırlıklandırılmış standart karar matrisi (V_{ij}) eşitlik 10'da gösterilmiştir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

4. Adım: Pozitif İdeal (A^+) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Değerlerinin Bulunması

Maksimizasyon yönlü kriterler için pozitif ideal çözüm setinin oluşturulması için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterleri içinde sütun değerlerinin en büyük, ilgili değerlendirme kriteri minimizasyon yönlü ise en küçük olanları tercih edilir. Bu bağlamda pozitif ideal çözüm değerleri eşitlik 11 ve eşitlik 12'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$A^* = \{\max_i v_{ij} \mid j \in J\}, (\min_i v_{ij} \mid j \in J\} \quad (11)$$

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (12)$$

Maksimizasyon yönlü kriterler için negatif ideal çözüm setinin oluşturulması için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterleri içinde sütun değerlerinin en küçük, ilgili değerlendirme kriteri maksimizasyon yönlü ise en büyük olanları tercih edilir. Bu bağlamda negatif ideal çözüm değerleri eşitlik 13'te ve eşitlik 14'te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$A^* = \{\min_i v_{ij} \mid j \in J\}, (\min_i v_{ij} \mid j \in J\} \quad (13)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (14)$$

5. Adım: Pozitif ve Negatif Noktalara Olan Uzaklığın Ölçülmesi

İlk olarak pozitif ve negatif ideal çözüm setindeki sapmaları belirlemek için koorninat düzleminde x ve y değerlerinin mesafe Öklidyen Uzaklık Yaklaşımı ile tespit edilmesi için eşitlik 15'ten istifade edilir

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (15)$$

Eşitlik 15'te x_{ik} i. gözlemin k. değişken değerini, x_{jk} j. gözlemin k. değişken değerini ve n değişken sayısını açıklamaktadır.

Bunun yanında, pozitif ideal uzaklık (S_i^*) ve negatif ideal uzaklık (S_i^-) ölçülerinin sayısı karar alternatifi sayısı kadardır. Buna göre topsis yönteminde her bir karar alternatifi için ideal ve ideal olmayan noktalara olan uzaklığın hesaplanmasında eşitlik 16'dan ve eşitlik 17'den yararlanılır.

$$\text{Pozitif İdeal Uzaklık: } S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (16)$$

$$\text{Negatif İdeal Uzaklık: } S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (17)$$

6. Aşama: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Ölçülmesi

Her karar noktasının pozitif ideal çözüme göre yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında pozitif ve negatif ideal uzaklık ölçümlerinden istifade edilir. Buradaki asıl ölçüt, negatif uzaklık ölçüsünün toplam uzaklık ölçüsü içindeki oranıdır. Pozitif ideal çözüme göre yakınlık değerlerinin ölçülmesi için eşitlik 18'den istifade edilir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (18)$$

Eşitlik 18'de belirtilen C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında olmalıdır. $C_i^* = 1$ ise bu durum ilgili karar alternatifin pozitif ideal çözüme mutlak yakınlığını belirtmektedir. $C_i^* = 0$ olması durumunda ise ilgili karar alternatifinin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını göstermektedir.

BULGULAR

Araştırmada ilk olarak ülkelere göre üretkenlik kapasitesi bileşenlerinin önemlilik dereceleri entropi yöntemi ile belirlenmiştir. Bu kapsamda ilk olarak entropi yönteminin birinci adımına istinaden eşitlik 1 ile karar matrisi oluşturulmuştur. İkinci adımında eşitlik 2 yardımıyla karar matrisinin normalize değerleri hesaplanmıştır. Devamında üçüncü adımda kriterlerin (bileşenlerin) entropi değerleri ölçülmüştür. Dördüncü adımda ise bileşenlerin farklılaşma dereceleri, son olarak beşinci adımda ise üretkenlik kapasitesi bileşenlerinin önemlilik dereceleri belirlenmiştir. Bu bağlamda tespit edilen değerler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Entropi Yöntemi Kapsamında Tespit Edilen Değerler

| Karar Matrisi | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Ülkeler | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| ABD | 38,21 | 78,83 | 24,43 | 83,41 | 48,7 | 91,8 | 33,84 | 45,6 |
| Almanya | 34,47 | 78,07 | 27,65 | 90,71 | 49,46 | 85,13 | 35,62 | 25,09 |
| Arjantin | 29,75 | 55,38 | 16,49 | 50,41 | 55,34 | 73,51 | 21,86 | 11,65 |
| Avustralya | 36,19 | 78,22 | 23,64 | 91,26 | 57,92 | 89,25 | 21,84 | 15,69 |
| Brezilya | 26,91 | 57,85 | 14,21 | 51,74 | 45,25 | 75,94 | 23,07 | 11,21 |
| Çin | 31,05 | 60,53 | 14,75 | 46,08 | 55,96 | 86,4 | 34,22 | 31,03 |
| Endonezya | 27,88 | 44,99 | 9,07 | 51,64 | 50,45 | 81,64 | 22,32 | 11,95 |
| Fransa | 34,91 | 66,38 | 20,44 | 94,7 | 52,82 | 85,07 | 28,7 | 25,92 |
| Güney Afrika | 29,35 | 49,78 | 11,33 | 59,71 | 63,7 | 81,86 | 23,55 | 14,9 |
| Güney Kore | 35,57 | 89,13 | 30,21 | 72,89 | 39,28 | 91,85 | 28,56 | 24,26 |
| Hindistan | 24,36 | 45,98 | 7,8 | 49,56 | 56,08 | 76,08 | 25,93 | 17,36 |
| İngiltere | 33,1 | 71,73 | 26,8 | 89,24 | 56,05 | 89,39 | 31,58 | 23,03 |
| İtalya | 28,62 | 66,79 | 16,61 | 60,59 | 46,39 | 77,61 | 23,84 | 17,06 |
| Japonya | 34,14 | 79,57 | 25,16 | 86,31 | 37,48 | 90,25 | 40,67 | 21,83 |
| Kanada | 37,64 | 72,66 | 23,83 | 92,76 | 42,68 | 80,75 | 25,23 | 19,5 |
| Meksika | 29,45 | 51,34 | 12,7 | 49,05 | 51,44 | 81,71 | 23,51 | 12,34 |
| Rusya | 33,83 | 60,72 | 17,99 | 38,3 | 45,75 | 76,84 | 22,03 | 15,73 |
| Suudi Arabistan | 37,98 | 53,4 | 13,74 | 50,07 | 68,51 | 81,85 | 16,87 | 16,04 |
| Türkiye | 29,89 | 56,82 | 12,67 | 44,03 | 53,13 | 83,78 | 24,9 | 18,22 |
| Normalize Değerler | | | | | | | | |
| Ülkeler | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| ABD | 0,0623 | 0,0647 | 0,0699 | 0,0666 | 0,0499 | 0,0581 | 0,0666 | 0,1205 |
| Almanya | 0,0562 | 0,0641 | 0,0791 | 0,0724 | 0,0507 | 0,0539 | 0,0701 | 0,0663 |
| Arjantin | 0,0485 | 0,0455 | 0,0472 | 0,0402 | 0,0567 | 0,0465 | 0,043 | 0,0308 |
| Avustralya | 0,059 | 0,0642 | 0,0676 | 0,0729 | 0,0593 | 0,0565 | 0,043 | 0,0415 |
| Brezilya | 0,0439 | 0,0475 | 0,0407 | 0,0413 | 0,0463 | 0,048 | 0,0454 | 0,0296 |
| Çin | 0,0506 | 0,0497 | 0,0422 | 0,0368 | 0,0573 | 0,0547 | 0,0673 | 0,082 |
| Endonezya | 0,0455 | 0,0369 | 0,0259 | 0,0412 | 0,0517 | 0,0516 | 0,0439 | 0,0316 |
| Fransa | 0,0569 | 0,0545 | 0,0585 | 0,0756 | 0,0541 | 0,0538 | 0,0565 | 0,0685 |
| Gün. Afrika | 0,0479 | 0,0409 | 0,0324 | 0,0477 | 0,0652 | 0,0518 | 0,0463 | 0,0394 |
| Gün. Kore | 0,058 | 0,0732 | 0,0864 | 0,0582 | 0,0402 | 0,0581 | 0,0562 | 0,0641 |
| Hindistan | 0,0397 | 0,0377 | 0,0223 | 0,0396 | 0,0574 | 0,0481 | 0,051 | 0,0459 |
| İngiltere | 0,054 | 0,0589 | 0,0767 | 0,0713 | 0,0574 | 0,0566 | 0,0621 | 0,0609 |
| İtalya | 0,0467 | 0,0548 | 0,0475 | 0,0484 | 0,0475 | 0,0491 | 0,0469 | 0,0451 |
| Japonya | 0,0557 | 0,0653 | 0,072 | 0,0689 | 0,0384 | 0,0571 | 0,08 | 0,0577 |
| Kanada | 0,0614 | 0,0596 | 0,0682 | 0,0741 | 0,0437 | 0,0511 | 0,0497 | 0,0515 |
| Meksika | 0,048 | 0,0421 | 0,0363 | 0,0392 | 0,0527 | 0,0517 | 0,0463 | 0,0326 |
| Rusya | 0,0552 | 0,0498 | 0,0515 | 0,0306 | 0,0469 | 0,0486 | 0,0434 | 0,0416 |
| Suud.Arabistan | 0,0619 | 0,0438 | 0,0393 | 0,04 | 0,0702 | 0,0518 | 0,0332 | 0,0424 |
| Türkiye | 0,0487 | 0,0466 | 0,0362 | 0,0352 | 0,0544 | 0,053 | 0,049 | 0,0481 |
| Entropi Değerleri | | | | | | | | |
| Ülkeler | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| ABD | -0,173 | -0,177 | -0,186 | -0,18 | -0,15 | -0,165 | -0,18 | -0,255 |
| Almanya | -0,162 | -0,176 | -0,201 | -0,19 | -0,151 | -0,157 | -0,186 | -0,1799 |
| Arjantin | -0,147 | -0,141 | -0,144 | -0,129 | -0,163 | -0,143 | -0,135 | -0,1072 |
| Avustralya | -0,167 | -0,176 | -0,182 | -0,191 | -0,168 | -0,162 | -0,135 | -0,132 |
| Brezilya | -0,137 | -0,145 | -0,13 | -0,132 | -0,142 | -0,146 | -0,14 | -0,1043 |
| Çin | -0,151 | -0,149 | -0,134 | -0,122 | -0,164 | -0,159 | -0,182 | -0,2051 |
| Endonezya | -0,141 | -0,122 | -0,095 | -0,131 | -0,153 | -0,153 | -0,137 | -0,1091 |
| Fransa | -0,163 | -0,159 | -0,166 | -0,195 | -0,158 | -0,157 | -0,162 | -0,1836 |
| Gün. Afrika | -0,145 | -0,131 | -0,111 | -0,145 | -0,178 | -0,153 | -0,142 | -0,1274 |
| Gün. Kore | -0,165 | -0,191 | -0,212 | -0,166 | -0,129 | -0,165 | -0,162 | -0,1761 |
| Hindistan | -0,128 | -0,124 | -0,085 | -0,128 | -0,164 | -0,146 | -0,152 | -0,1414 |
| İngiltere | -0,158 | -0,167 | -0,197 | -0,188 | -0,164 | -0,162 | -0,173 | -0,1704 |
| İtalya | -0,143 | -0,159 | -0,145 | -0,147 | -0,145 | -0,148 | -0,144 | -0,1397 |

| | | | | | | | | |
|--|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Japonya | -0,161 | -0,178 | -0,189 | -0,184 | -0,125 | -0,163 | -0,202 | -0,1646 |
| Kanada | -0,171 | -0,168 | -0,183 | -0,193 | -0,137 | -0,152 | -0,149 | -0,1528 |
| Meksika | -0,146 | -0,133 | -0,12 | -0,127 | -0,155 | -0,153 | -0,142 | -0,1116 |
| Rusya | -0,16 | -0,149 | -0,153 | -0,107 | -0,143 | -0,147 | -0,136 | -0,1322 |
| Suud.Arabistan | -0,172 | -0,137 | -0,127 | -0,129 | -0,186 | -0,153 | -0,113 | -0,134 |
| Türkiye | -0,147 | -0,143 | -0,12 | -0,118 | -0,158 | -0,156 | -0,148 | -0,1461 |
| In(m) | 0,339623272 | | | | | | | |
| ej | 0,9974 | 0,9935 | 0,9781 | 0,9852 | 0,9963 | 0,9993 | 0,9922 | 0,9755 |
| Farklılaşma Dereceleri | | | | | | | | |
| dj | 0,0026 | 0,0065 | 0,0219 | 0,0148 | 0,0037 | 0,0007 | 0,0078 | 0,0245 |
| Bileşenlerin Önemlilik Dereceleri | | | | | | | | |
| wj | 0,0311 | 0,0786 | 0,2654 | 0,1799 | 0,0449 | 0,009 | 0,0945 | 0,2967 |
| Sıralama | 7 | 5 | 2 | 3 | 6 | 8 | 4 | 1 |

Tablo 3 incelendiğinde, bileşenlerin önemlilik dereceleri PCI8 ($w_{PCI8}=0,2967$), PCI3 ($w_{PCI3}=0,2654$), PCI4 ($w_{PCI4}=0,1799$), PCI7 ($w_{PCI7}=0,0945$), PCI2 ($w_{PCI2}=0,0786$), PCI5 ($w_{PCI5}=0,0449$), PCI1 ($w_{PCI1}=0,0311$) ve PCI6 ($w_{PCI6}=0,0090$) olarak sıralanmıştır.

Tablo 3 değerlendirildiğinde, bileşenlerin önemlilik derecelerinin fazla olması açısından PCI8, PCI3 ve PCI4 bileşenlerinin önemlilik dereceleri diğer bileşenlerin önemlilik dereceleri arasında belirgin farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, bileşenlerin önemlilik derecelerinin az olması açısından ise özellikle PCI6 bileşeninin diğer bileşenler arasında farklılıkların fazla olduğu gözlenmiştir.

Topsis yöntemi açısından ilk adımda karar matrisi sağlanmıştır. Söz konusu karar matrisi daha öncesinde entropi yöntemi kapsamında Tablo 3'de belirtildiği gibi oluşturulmuştur. Yöntemin ikinci adımında ise standart karar matris değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan standart karar matris değerleri Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Standart Karar Matris Değerleri

| KRİTER YÖNLERİ | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ülkeler | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| ABD | 0,2432 | 0,2742 | 0,3249 | 0,3026 | 0,2184 | 0,2342 | 0,2985 | 0,2679 |
| Almanya | 0,2696 | 0,2768 | 0,2871 | 0,2783 | 0,2151 | 0,2526 | 0,2836 | 0,4868 |
| Arjantin | 0,2099 | 0,1945 | 0,1938 | 0,1682 | 0,2444 | 0,2023 | 0,1832 | 0,1244 |
| Avustralya | 0,2553 | 0,2747 | 0,2778 | 0,3045 | 0,2558 | 0,2456 | 0,183 | 0,1675 |
| Brazilya | 0,1898 | 0,2031 | 0,167 | 0,1726 | 0,1998 | 0,209 | 0,1934 | 0,1197 |
| Çin | 0,2191 | 0,2126 | 0,1733 | 0,1537 | 0,2471 | 0,2377 | 0,2868 | 0,3313 |
| Endonezya | 0,1967 | 0,158 | 0,1066 | 0,1723 | 0,2228 | 0,2246 | 0,1871 | 0,1276 |
| Fransa | 0,2463 | 0,2331 | 0,2402 | 0,316 | 0,2333 | 0,2341 | 0,2405 | 0,2767 |
| Güney Afrika | 0,2071 | 0,1748 | 0,1331 | 0,1992 | 0,2813 | 0,2252 | 0,1974 | 0,1591 |
| Güney Kore | 0,2509 | 0,313 | 0,355 | 0,2432 | 0,1735 | 0,2527 | 0,2394 | 0,259 |
| Hindistan | 0,1719 | 0,1615 | 0,0917 | 0,1654 | 0,2477 | 0,2093 | 0,2173 | 0,1853 |
| İngiltere | 0,2335 | 0,2519 | 0,3149 | 0,2977 | 0,2475 | 0,246 | 0,2647 | 0,2459 |
| İtalya | 0,2019 | 0,2345 | 0,1952 | 0,2022 | 0,2049 | 0,2135 | 0,1998 | 0,1821 |
| Japonya | 0,2409 | 0,2794 | 0,2956 | 0,288 | 0,1655 | 0,2483 | 0,3409 | 0,2331 |
| Kanada | 0,2655 | 0,2552 | 0,28 | 0,3095 | 0,1885 | 0,2222 | 0,2115 | 0,2082 |
| Meksika | 0,2078 | 0,1803 | 0,1492 | 0,1637 | 0,2272 | 0,2248 | 0,197 | 0,1317 |
| Rusya | 0,2387 | 0,2132 | 0,2114 | 0,1278 | 0,202 | 0,2114 | 0,1846 | 0,1679 |
| Suudi Arabistan | 0,2679 | 0,1875 | 0,1614 | 0,1671 | 0,3026 | 0,2252 | 0,1414 | 0,1712 |
| Türkiye | 0,2109 | 0,1995 | 0,1489 | 0,1469 | 0,2346 | 0,2305 | 0,2087 | 0,1945 |

Devamında üçüncü adımda eşitlik 10 yardımıyla ağırlıklandırılmış standart karar matris değerleri belirlenmiştir. Buna ilişkin olarak belirlenen ağırlıklandırılmış standart karar matris değerleri Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 5. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

| KRİTER YÖNLERİ | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. | Mak. |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Ülkeler | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| w | 0,0311 | 0,0786 | 0,2654 | 0,1799 | 0,0449 | 0,009 | 0,0945 | 0,2967 |
| ABD | 0,0076 | 0,0215 | 0,0862 | 0,0545 | 0,0098 | 0,0021 | 0,0282 | 0,0795 |
| Almanya | 0,0084 | 0,0217 | 0,0762 | 0,0501 | 0,0097 | 0,0023 | 0,0268 | 0,1445 |
| Arjantin | 0,0065 | 0,0153 | 0,0514 | 0,0303 | 0,011 | 0,0018 | 0,0173 | 0,0369 |
| Avustralya | 0,0079 | 0,0216 | 0,0737 | 0,0548 | 0,0115 | 0,0022 | 0,0173 | 0,0497 |
| Brezilya | 0,0059 | 0,016 | 0,0443 | 0,0311 | 0,009 | 0,0019 | 0,0183 | 0,0355 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Çin | 0,0068 | 0,0167 | 0,046 | 0,0277 | 0,0111 | 0,0021 | 0,0271 | 0,0983 |
| Endonezya | 0,0061 | 0,0124 | 0,0283 | 0,031 | 0,01 | 0,002 | 0,0177 | 0,0379 |
| Fransa | 0,0076 | 0,0183 | 0,0637 | 0,0569 | 0,0105 | 0,0021 | 0,0227 | 0,0821 |
| Güney Afrika | 0,0064 | 0,0137 | 0,0353 | 0,0358 | 0,0126 | 0,002 | 0,0186 | 0,0472 |
| Güney Kore | 0,0078 | 0,0246 | 0,0942 | 0,0438 | 0,0078 | 0,0023 | 0,0226 | 0,0769 |
| Hindistan | 0,0053 | 0,0127 | 0,0243 | 0,0298 | 0,0111 | 0,0019 | 0,0205 | 0,055 |
| İngiltere | 0,0073 | 0,0198 | 0,0836 | 0,0536 | 0,0111 | 0,0022 | 0,025 | 0,073 |
| İtalya | 0,0063 | 0,0184 | 0,0518 | 0,0364 | 0,0092 | 0,0019 | 0,0189 | 0,054 |
| Japonya | 0,0075 | 0,0219 | 0,0785 | 0,0518 | 0,0074 | 0,0022 | 0,0322 | 0,0692 |
| Kanada | 0,0082 | 0,02 | 0,0743 | 0,0557 | 0,0085 | 0,002 | 0,02 | 0,0618 |
| Meksika | 0,0065 | 0,0142 | 0,0396 | 0,0294 | 0,0102 | 0,002 | 0,0186 | 0,0391 |
| Rusya | 0,0074 | 0,0167 | 0,0561 | 0,023 | 0,0091 | 0,0019 | 0,0174 | 0,0498 |
| Suudi Arabistan | 0,0083 | 0,0147 | 0,0428 | 0,0301 | 0,0136 | 0,002 | 0,0134 | 0,0508 |
| Türkiye | 0,0065 | 0,0157 | 0,0395 | 0,0264 | 0,0105 | 0,0021 | 0,0197 | 0,0577 |

Dördüncü adımda ise pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanmıştır. Buna göre hesaplanan değerler Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

| Ülkeler | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| POZİTİF İDEAL ÇÖZÜM | 0,0084 | 0,0246 | 0,0942 | 0,0569 | 0,0136 | 0,0023 | 0,0322 | 0,1445 |
| NEGATİF İDEAL ÇÖZÜM | 0,0053 | 0,0124 | 0,0243 | 0,023 | 0,0074 | 0,0018 | 0,0134 | 0,0355 |

Beşinci adımda ise pozitif ve negatif ideal uzaklık değerleri tespit edilmiştir. Yöntemin son adımında ise ülkelerin üretkenlik kapasitesi performans değerleri ölçülmüştür. Buna ilişkin olarak tespit edilen değerler Tablo 7'de açıklanmıştır.

Tablo 7. Üretkenlik Kapasitesi Değerleri ve Değerlerin Sıralaması

| Ülkeler | Pozitif İdeal Uzaklık | Negatif İdeal Uzaklık | Üretkenlik Kapasitesi Değerleri (Ci*) | Sıralama |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------|
| ABD | 0,06582 | 0,256550 | 0,56091 | 2 |
| Almanya | 0,02058 | 0,143453 | 0,85845 | 1 |
| Arjantin | 0,12010 | 0,346561 | 0,19316 | 13 |
| Avustralya | 0,09818 | 0,313337 | 0,38490 | 9 |
| Brezilya | 0,12378 | 0,351821 | 0,15352 | 17 |
| Çin | 0,07351 | 0,271124 | 0,48143 | 7 |
| Endonezya | 0,12944 | 0,359785 | 0,07532 | 19 |
| Fransa | 0,07039 | 0,265314 | 0,50135 | 5 |
| Güney Afrika | 0,11693 | 0,341954 | 0,15793 | 16 |
| Güney Kore | 0,06977 | 0,264145 | 0,54985 | 3 |
| Hindistan | 0,11796 | 0,343456 | 0,15807 | 15 |
| İngiltere | 0,07293 | 0,270059 | 0,51619 | 4 |
| İtalya | 0,10311 | 0,321114 | 0,26256 | 10 |
| Japonya | 0,07740 | 0,278200 | 0,48573 | 6 |
| Kanada | 0,08620 | 0,293604 | 0,43399 | 8 |
| Meksika | 0,12306 | 0,350800 | 0,12821 | 18 |
| Rusya | 0,10888 | 0,329966 | 0,24565 | 11 |
| Suudi Arabistan | 0,11215 | 0,334891 | 0,18857 | 14 |
| Türkiye | 0,10812 | 0,328810 | 0,20715 | 12 |
| Ortalama | | | 0,34437 | ----- |

Tablo 7'ye göre, ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri Almanya (0,85845), ABD (0,56091), Güney Kore (0,54985), İngiltere (0,51619), Fransa (0,50135), Japonya (0,48573), Çin (0,48143), Kanada (0,43399), Avustralya (0,38490), İtalya (0,26256), Rusya (0,24565), Türkiye (0,20715), Arjantin (0,19316), Suudi Arabistan (0,18857), Hindistan (0,15807), Güney Afrika (0,15793), Brezilya (0,15352), Meksika (0,12821) ve Endonezya (0,07532) olarak sıralanmıştır. Tablo 7 incelendiğinde, Almanya'nın üretkenlik kapasitesinin yüksek olması, diğer ülkelerle arasında belirgin bir farklılık olduğunu göstermektedir.

Yine Tablo 7 incelendiğinde, ülkelerin ortalama üretkenlik kapasitesi değeri 0,34437 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, ortalama üretkenlik kapasitesi değerinden daha yüksek üretkenlik kapasite değerine sahip olan ülkelerin Almanya, ABD, Güney Kore, İngiltere, Fransa, Japonya, Çin, Kanada ve Avustralya olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmada entropi tabanlı topsis yönteminin duyarlılık seviyesi ölçülmüştür. ÇKKV literatüründe duyarlılık analizi, kriter ağırlıklarının farklı değerler ile senaryolar sağlanmasına istinaden sağlanan sıralamalar arasındaki farklılıklara göre

oluşturulabilmektedir (Gigovič, 2016: 24). Bu kapsamda, PCI bileşenlerinin ağırlıkları critic ve istatistiksel varyans prosedürü (İVP) yöntemlerine göre hesaplanmış olup, hesaplanan değerler Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Critic ve İVP Yöntemlerine Göre PCI Bileşenlerinin Ağırlıkları

| Yöntem | Critic | | | | | | | |
|------------|---------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ağırlıklar | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| Değerler | 0,089 | 0,121 | 0,187 | 0,177 | 0,095 | 0,052 | 0,124 | 0,155 |
| Sıralama | 7 | 5 | 1 | 2 | 6 | 8 | 4 | 3 |
| Yöntem | İstatistiksel Varyans Prosedürü (İVP) | | | | | | | |
| Ağırlıklar | PCI1 | PCI2 | PCI3 | PCI4 | PCI5 | PCI6 | PCI7 | PCI8 |
| Değerler | 0,02018 | 0,2045 | 0,05463 | 0,48188 | 0,07278 | 0,03923 | 0,04325 | 0,08354 |
| Sıralama | 8 | 2 | 5 | 1 | 4 | 7 | 6 | 3 |

Tablo 8’de belirtilen senaryolara göre bileşenlerin farklı bileşen ağırlığına sahip olması çerçevesinde oluşan ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri ve değerlerin sıralamaları Tablo 9’da açıklanmıştır.

Tablo 9. Farklı Kriter Ağırlıklarına Göre Ülkelerin Üretkenlik Kapasitelerinin Sıralamaları

| Yöntemler | Entropi - Topsis | | Critic - Topsis | | İVP - Topsis | |
|--------------|------------------|------|-----------------|------|--------------|------|
| Ülkeler | Değer | Sıra | Değer | Sıra | Değer | Sıra |
| ABD | 0,56091 | 2 | 0,77137 | 1 | 0,7916 | 6 |
| Almanya | 0,85845 | 1 | 0,7139 | 2 | 0,8465 | 1 |
| Arjantin | 0,19316 | 13 | 0,28246 | 12 | 0,222 | 13 |
| Avustralya | 0,3849 | 9 | 0,56742 | 8 | 0,8153 | 3 |
| Brezilya | 0,15352 | 17 | 0,23177 | 15 | 0,2391 | 11 |
| Çin | 0,48143 | 7 | 0,39601 | 9 | 0,2087 | 15 |
| Endonezya | 0,07532 | 19 | 0,14532 | 19 | 0,2177 | 14 |
| Fransa | 0,50135 | 5 | 0,59595 | 6 | 0,8197 | 2 |
| Güney Afrika | 0,15793 | 16 | 0,25242 | 14 | 0,3532 | 10 |
| Güney Kore | 0,54985 | 3 | 0,65964 | 4 | 0,6293 | 8 |
| Hindistan | 0,15807 | 15 | 0,18068 | 18 | 0,1946 | 16 |
| İngiltere | 0,51619 | 4 | 0,67413 | 3 | 0,8128 | 4 |
| İtalya | 0,26256 | 10 | 0,34578 | 10 | 0,3954 | 9 |
| Japonya | 0,48573 | 6 | 0,64825 | 5 | 0,7868 | 7 |
| Kanada | 0,43399 | 8 | 0,58928 | 7 | 0,8125 | 5 |
| Meksika | 0,12821 | 18 | 0,20109 | 17 | 0,1885 | 17 |
| Rusya | 0,24565 | 11 | 0,30192 | 11 | 0,1198 | 19 |
| S. Arabistan | 0,18857 | 14 | 0,2691 | 13 | 0,224 | 12 |
| Türkiye | 0,20715 | 12 | 0,22683 | 16 | 0,1413 | 18 |

Tablo 9 incelendiğinde, duyarlılık analizine göre genel anlamda ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerlerinin sıralamalarında önemli değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu durum, entropi tabanlı topsis yönteminin ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin ölçülmesinde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Araştırmada ayrıca ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri entropi tabanlı birden fazla ÇKKV yöntemi ARAS, COPRAS, EDAS, WASPAS, ROV, GİA: Gri İlişkisel Analiz) ile ölçümlenip karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerler ve sıralamalar Tablo 10’da belirtilmiştir.

Tablo 10. PCI ve ÇKKV Değerlerine Göre Ülkelerin Üretkenlik Kapasitesi Değerleri ve Değerlerin Sıralaması

| Ülkeler | PCI | | Topsis | | Aras | | Copras | |
|--------------|---------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| | Değer | Sıra | Değer | Sıra | Değer | Sıra | Değer | Sıra |
| ABD | 50,5065 | 1 | 0,560906 | 2 | 1,711173 | 1 | 0,082361 | 1 |
| Almanya | 47,3806 | 2 | 0,858447 | 1 | 1,459451 | 2 | 0,06986 | 2 |
| Arjantin | 33,0364 | 15 | 0,19316 | 13 | 0,858937 | 15 | 0,041001 | 15 |
| Avustralya | 42,5861 | 7 | 0,384901 | 9 | 1,204188 | 8 | 0,05747 | 8 |
| Brezilya | 31,69 | 17 | 0,153521 | 17 | 0,815119 | 16 | 0,038907 | 16 |
| Çin | 40,0036 | 9 | 0,481431 | 7 | 1,186201 | 9 | 0,057054 | 9 |
| Endonezya | 29,9384 | 19 | 0,075321 | 19 | 0,731043 | 19 | 0,034922 | 19 |
| Fransa | 44,3597 | 6 | 0,501353 | 5 | 1,330599 | 6 | 0,063746 | 6 |
| Güney Afrika | 34,0538 | 13 | 0,157934 | 16 | 0,864612 | 14 | 0,041333 | 14 |
| Güney Kore | 45,2093 | 5 | 0,549853 | 3 | 1,412268 | 3 | 0,067619 | 3 |
| Hindistan | 30,9021 | 18 | 0,158067 | 15 | 0,807269 | 17 | 0,038686 | 17 |
| İngiltere | 46,1822 | 3 | 0,516189 | 4 | 1,389544 | 4 | 0,066486 | 4 |

| İtalya | 35,9934 | 10 | 0,262556 | 10 | 0,991992 | 10 | 0,047456 | 10 |
|-----------------|---------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| Japonya | 45,2944 | 4 | 0,485733 | 6 | 1,364838 | 5 | 0,065278 | 5 |
| Kanada | 42,3003 | 8 | 0,433985 | 8 | 1,263822 | 7 | 0,060414 | 7 |
| Meksika | 32,1748 | 16 | 0,128214 | 18 | 0,803243 | 18 | 0,038368 | 18 |
| Rusya | 33,8511 | 14 | 0,245654 | 11 | 0,914468 | 11 | 0,043761 | 11 |
| Suudi Arabistan | 34,7311 | 11 | 0,188568 | 14 | 0,884681 | 13 | 0,042321 | 13 |
| Türkiye | 34,2943 | 12 | 0,207146 | 12 | 0,89659 | 12 | 0,042959 | 12 |
| Ülkeler | Edas | | Waspas | | Rov | | Gia | |
| | Değer | Sıra | Değer | Sıra | Değer | Sıra | Değer | Sıra |
| ABD | 0,99651 | 1 | 0,887703 | 1 | 0,410711 | 1 | 0,872564 | 1 |
| Almanya | 0,78754 | 2 | 0,78869 | 2 | 0,350509 | 2 | 0,802012 | 2 |
| Arjantin | 0,16955 | 15 | 0,467206 | 15 | 0,110772 | 15 | 0,443559 | 12 |
| Avustralya | 0,5325 | 8 | 0,651927 | 8 | 0,268926 | 8 | 0,679855 | 5 |
| Brezilya | 0,1125 | 16 | 0,444302 | 16 | 0,092213 | 16 | 0,420545 | 16 |
| Çin | 0,50618 | 9 | 0,61526 | 9 | 0,211362 | 9 | 0,541388 | 9 |
| Endonezya | 0 | 19 | 0,39618 | 19 | 0,058128 | 19 | 0,397646 | 19 |
| Fransa | 0,68615 | 6 | 0,717218 | 6 | 0,296536 | 6 | 0,630164 | 7 |
| Güney Afrika | 0,1745 | 14 | 0,46875 | 14 | 0,115095 | 13 | 0,430937 | 15 |
| Güney Kore | 0,74463 | 3 | 0,757199 | 3 | 0,325009 | 3 | 0,622055 | 8 |
| Hindistan | 0,10378 | 17 | 0,426859 | 18 | 0,077439 | 18 | 0,418067 | 18 |
| İngiltere | 0,73204 | 4 | 0,752186 | 4 | 0,324858 | 4 | 0,737883 | 3 |
| İtalya | 0,35189 | 10 | 0,539427 | 10 | 0,158412 | 10 | 0,472026 | 10 |
| Japonya | 0,70448 | 5 | 0,737935 | 5 | 0,318266 | 5 | 0,683693 | 4 |
| Kanada | 0,6186 | 7 | 0,684614 | 7 | 0,279183 | 7 | 0,653835 | 6 |
| Meksika | 0,09726 | 18 | 0,437936 | 17 | 0,087677 | 17 | 0,418336 | 17 |
| Rusya | 0,24864 | 11 | 0,492691 | 11 | 0,121485 | 12 | 0,448286 | 11 |
| Suudi Arabistan | 0,19655 | 13 | 0,479072 | 13 | 0,122017 | 11 | 0,43487 | 14 |
| Türkiye | 0,22594 | 12 | 0,482322 | 12 | 0,114719 | 14 | 0,437523 | 13 |

Tablo 10 incelendiğinde, ülkelerin PCI değerlerinin sıralamalarının diğer yöntemler ile farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Tablo 10'da özellikle ARAS, COPRAS, EDAS ve WASPAS yöntemlerine göre ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri sıralamalarının tümünün tutarlılık göstermesi dikkat çekici olduğu değerlendirilmiştir.

Ayrıca araştırma kapsamında PCI değerlerinin ÇKKV yöntemleri ile olan ilişki değerleri pearson ilişki katsayısı ile hesaplanmıştır. Buna istinaden hesaplanan ilişki değerleri Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11. PCI ve Entropi Tabanlı ÇKKV Yöntemlerine Göre Ülkelerin Üretkenlik Kapasitesi Değerleri Arasındaki Pearson İlişki Değerleri

| Yöntemler | PCI | Topsis | Aras | Copras | Edas | Waspas | Rov | Gia |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| PCI | 1 | | | | | | | |
| Topsis | 0,922** | 1 | | | | | | |
| Aras | 0,992** | 0,915** | 1 | | | | | |
| Copras | 0,991** | 0,915** | 1 | 1 | | | | |
| Edas | 0,993** | 0,922** | 0,997** | 0,998** | 1 | | | |
| Waspas | 0,996** | 0,919** | 0,998** | 0,997** | 0,998** | 1 | | |
| Rov | 0,997** | 0,921** | 0,993** | 0,992** | 0,994** | 0,997** | 1 | |
| Gia | 0,969** | 0,899** | 0,966** | 0,965** | 0,958** | 0,968** | 0,972** | 1 |

**p<0,01

Tablo 11 değerlendirildiğinde, PCI tüm ÇKKV yöntemleri arasındaki ilişki değerlerinin hepsi anlamlı (**p<0,01), pozitif yönlü ve çok yüksek seviyededir. Bu durum, ülkelerin PCI değerleri başta topsis yöntemi olmak üzere diğer ÇKKV yöntemleri ile genel anlamda açıklanabileceğini göstermektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dünyanın en büyük ekonomilerine sahip olan G20 ülkelerinin üretkenlik kapasitesi farkındalığı ile üretkenlik kapasitelerini artırmasına yönelik yapacağı stratejiler ve faaliyetler küresel ekonominin iyileşmesine katkı sağlayabilmektedir. Dolayısıyla G20 ülkelerinin üretkenlik kapasitesindeki etkinliği, etkililiği ve verimliliği ile küresel ekonomi kapsamında istihdamın, inovasyonun, ticaretin, girişimciliğin ve ekonomiyi etkileyen diğer boyutların gelişimini hızlandıracak ve finansal açıdan küresel krizlerin önüne geçilebilecektir (Callaghan vd. 2013). Bu kapsamda, G20 grubu ülkelerinin üretkenlik kapasitelerinin ölçülmesi büyük önem kazanmaktadır. Dolayısıyla araştırmada, G20 grubundaki 19 ülkenin en son ve güncel olan 2000-2018 yıl aralığı için PCI bileşenlerine ait değerler üzerinden söz konusu ülkelerin üretkenlik kapasiteleri entropi tabanlı topsis yöntemi ile ölçülmüştür.

Bulgulara göre, entropi yöntemi kapsamında ülkelere göre PCI bileşenlerinin önemlilik dereceleri PCI8 (ulaşım), PCI3 (bilgi ve iletişim teknolojisi), PCI4 (kurumlar), PCI7 (yapısal değişiklik), PCI2 (beşeri sermaye), PCI5 (doğal sermaye), PCI1 (enerji) ve PCI6 (özel sektör) olarak sıralanmıştır. Bu bulgulara göre, bileşenlerin önemlilik derecelerinin fazla olması çerçevesinde PCI8, PCI3 ve PCI4 bileşenlerinin, önemlilik derecelerinin az olması çerçevesinde ise özellikle PCI6 bileşeninin diğer bileşenler arasında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Bulgular incelendiğinde, entropi tabanlı topsis yöntemine göre ülkelerin üretkenlik kapasiteleri Almanya, ABD, Güney Kore, İngiltere, Fransa, Japonya, Çin, Kanada, Avustralya, İtalya, Rusya, Türkiye, Arjantin, Suudi Arabistan, Hindistan, Güney Afrika, Brezilya, Meksika ve Endonezya olarak sıralanmıştır. Bu sonuçlara göre, Almanya'nın üretkenlik kapasitesinin çok olması açısından diğer ülkeler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın devamında ülkelerin entropi tabanlı topsis yöntemine göre üretkenlik kapasitesi ortalama değeri hesaplanmış ve ortama üretkenlik kapasitesi değerinden yüksek olan ülkelerin Almanya, ABD, Güney Kore, İngiltere, Fransa, Japonya, Çin, Kanada ve Avustralya olduğu gözlenmiştir.

Yöntem açısından araştırmada entropi tabanlı topsis yönteminin duyarlılık analizi için üretkenlik PCI bileşenlerinin ağırlıkları critic ve İVP yöntemleri ile ölçülmüştür. Söz konusu ölçümler sonucunda entropi tabanlı topsis, critic tabanlı topsis ve İVP tabanlı topsis sonuçlarına göre ülkelerin üretkenlik kapasite sıralamalarında önemli değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla buna göre, entropi tabanlı topsis yönteminin ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin ölçülmesinde kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir. Bulgular kapsamında ayrıca ülkelerin PCI değerleri topsis yöntemi haricinde bazı entropi tabanlı bazı ÇKKV yöntemleri ile ölçülerek sıralanmıştır. Buna göre, PCI'nın tüm entropi tabanlı ÇKKV yöntemlerine göre ülkelerin üretkenlik kapasitesi değerleri sıralamaları arasında tam tutarlılık sağlanmadığı gözlenmiştir. Ayrıca araştırma kapsamında ülkelerin PCI değerleri ile entropi tabanlı ÇKKV yöntemleri arasında ilişki pearson korelasyon katsayısı ölçülmüştür. Buna göre, PCI'nın tüm entropi tabanlı ÇKKV yöntemleri ile anlamlı, pozitif yönlü ve çok yüksek ilişkileri olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla PCI'nın belirtilen entropi tabanlı ÇKKV (Topsis, aras, copras, edas, waspas, rov, gia) yöntemleri ile açıklanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Literatür incelendiğinde, bu araştırmanın PCI verilerinin kullanılması açısından Olarte vd. (2021)'nin araştırmasıyla ortak özelliği olduğu değerlendirilmiştir. Olarte vd. (2021), Güney Afrika ülkesinin PCI ve makroekonomik veriler ile makro ekonomik değişkenlerinin üretkenlik kapasitesi eşitsizliğini azaltmasındaki etkisini incelemiştir. Dolayısıyla Olarte vd. (2021) PCI'nın diğer boyutlar ile ilişkisinin incelenmesi çerçevesinde konu açısından bu çalışmaya göre daha kapsamlı olduğu değerlendirilmiştir. Buna karşın, farklı ülkelerin PCI değerlerinin kullanılması ile ilgili olarak bu araştırmada kullanılan örneklem sayısının (farklı ülkelerin PCI değerleri) 19 ülkeyi içermesinden dolayı bu araştırmanın Olarte vd. (2021)'nin araştırmasına kıyasla örneklem hacmi açısından daha kapsamlı ve sonuçların daha küresel bir nitelik taşıdığı değerlendirilmiştir.

Literatür değerlendirildiğinde, ülkelerin üretkenlik kapasitelerini herhangi bir ÇKKV yöntemi ile ölçen bir araştırmaya rastlanılmamış olması ve buna istinaden araştırmanın özgün bir nitelik taşıması açısından araştırmanın literatüre katkı sağladığı ve zenginleştirdiği düşünülmüştür. Ayrıca araştırmanın konusu açısından büyük ekonomilere sahip olan ülkelerin üretkenlik kapasitesi konusunda uluslararası anlamda yapacağı faaliyetler küresel ekonomiyi ve ekonomiyi ilgilendiren diğer boyutları doğrudan etkilediği ve bu bağlamda büyük ekonomilere sahip olan ülkelerin kendi ekonomilerini iyileştirmeleri için üretkenlik kapasitesi konusunda farkındalık ile üretkenlik kapasitesi konusundaki stratejilerini ve faaliyetlerini belirleyebildikleri için bu araştırmanın literatüre olumlu etkisinin olduğu değerlendirilmiştir.

Öneriler kapsamında entropi tabanlı topsis yöntemine göre üretkenlik kapasitesi ortalama değerden düşük olan ülkelerin (İtalya, Rusya, Türkiye, Arjantin, Suudi Arabistan, Hindistan, Güney Afrika, Brezilya, Meksika, Endonezya) üretkenlik kapasitelerini artıracak faaliyetler gerçekleştirerek küresel ekonomiye olan katkılarını artırabilirler. Böylelikle G20 ülkeleri, ekonomik ve ticari açıdan küresel riski en aza indirgeyip dünya üzerinde tüm ülkelerin ekonomik fırsatlardan yararlanmasını sağlayabilir. Gelecek çalışmalarda, yöntem açısından ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin ölçülmesinde farklı ÇKKV yöntemler kullanılarak yöntemler arasındaki ülkelerin üretkenlik kapasiteleri ve sıralama tutarlılıkları ile tutarsızlıkları tespit edilip söz konusu yöntemler hakkında tartışılabilir. Bunun yanında, ülkelerin üretkenlik kapasitelerinin daha kapsamlı olarak ölçümünün sağlanması amacıyla PCI'nın bileşen sayısı artırılabilir ya da her ülkeye özgü PCI bileşeni oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

- Aksakal, E. ve Çalışkan, E. (2020). Olimpiyatlarda Aday Şehirlerin Seçim Sürecinde Dikkate Alınacak Kriterlerin Entropi Yönetimi ile Değerlendirilmesi. M. Kabak, & Y. Çınar içinde, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri MS Excel Çözümlü Uygulamalar*. Ankara: Nobel, 169-179.
- Ayçin, E. (2019). *Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara: Nobel Yayın.
- Aytekin, A. ve Karamaşa, Ç. (2017). Analyzing Financial Performance of Insurance Companies Traded In BIST via Fuzzy Shannon's Entropy Based Fuzzy TOPSIS Methodology. *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 5(1), 71-84.
- Balac, M. (2015). Productive Capacities in Developing Countries Does Foreign Direct Investment Matter?, Unpublished Master's thesis, Universite d'Auvergne, Clermont-Ferrand.
- Balcerzak, A. P. (2020). Quality of Institutions in the European Union Countries Quality of Institutions in the European Union Application of TOPSIS Based on Entropy Measure for Objective Weighting. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17(1), 101-122.

- Barukab, O., Abdullah, S., Ashraf, S., Arif, M. ve Khan, S. A. (2019). A New Approach to Fuzzy TOPSIS Method Based on Entropy Measure under Spherical Fuzzy Information. *Entropy*, 21, 1-30.
- Bulut, Z. A. (2004). İşletmeler Açısından Kapasite Planlaması ve Kapasite Planlamasına Etki eden faktörler. *Mevzuat Dergisi*(80), 1-10.
- Callaghan, M., Ghate, C., Pickford, S. ve Rathinam, F. X. (2013). *Global Cooperation Among G20 Countries: Responding to the Crisis and Restoring Growth 2014th*. Berlin: Springer.
- Chen, P. (2019). Effects of Normalization on the Entropy-based TOPSIS Method. *Expert Systems With Applications*, 136, 33–41.
- Cornia, G. A. ve Scognamillo, A. (2016). Clusters of Least Developed Countries, Their Evolution between 1993 and 2013, and Policies to Expand Their Productive Capacity. *Department of Economic & Social Affairs*(33), 1-35.
- Çelikkilek, Y. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Demir, G., Özyalçın, T. ve Bircan, H. (2021). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve ÇKKV Yazılımı ile Problem Çözümü*. Ankara: Nobel.
- Demiral, M. ve Demiral, Ö. (2021). Socio-economic Productive Capacities and Energy Efficiency: Global Evidence by Income Level and Resource Dependence. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: 10.1007/s11356-021-17266-z, 1-25
- Ding, L., Shao, Z., Zhang, H., Xu, C. ve Wu, D. (2016). A Comprehensive Evaluation of Urban Sustainable Development in China Based on the TOPSIS-Entropy Method. *Sustainability*, 8, 1-23.
- Ecer, F. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- ESCAP. (2011). *Economic and Social Survey of Asia and The Pacific 2011*. Thailand: United Nations publication.
- Freire, C. (2011). *Productive Capacities in Asia and the Pacific*. Bangkok: Macroeconomic Policy and Development Division (MPDD).
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajič, Z. ve Milicević, M. (2016). The Combination of Expert Judgment and GIS-MAIRCA Analysis for the Selection of Sites for Ammunition Depots. *Sustainability*, 8(232), 1-30.
- Gnangnon, S. K. (2021). Effect of Productive Capacities on Economic Complexity: Do Aid for Trade flows Matter? *Journal of Economic Integration*, 36(4), 626-688.
- Gnangnon, S. K. (2021). Productive Capacities, Economic Growth and Economic Growth Volatility in Developing Countries: Does Structural Economic Vulnerability Matter?, DOI: doi.org/10.1142/S1793993325500012C.
- González-Blanco, J., Vila-Alonso, M. ve Guisado-González, M. (2019). Exploring the Complementarity between Foreign Technology, Embedded Technology and Increase of Productive Capacity. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(1), 39–58.
- Hsu, P.-F. ve Hsu, M.-G. (2008). Optimizing the Information Outsourcing Practices of Primary Care Medical Organizations Using Entropy and TOPSIS. *Quality & Quantity*, 42, 181–201.
- Huang, W., Shuai, B., Sun, Y., Wang, Y. ve Antwi, E. (2018). Using Entropy-TOPSIS Method to Evaluate Urban Rail Transit System Operation Performance: The China Case. *Transportation Research Part, A* 111, 292–303.
- Koç, E., Şenel, M. C. ve Kaya, K. (2017). Türkiye’de Ekonomik Göstergeler - İmalat Sanayi Kapasite Kullanım Oranı. *Mühendis ve Makina*, 58(689), 1-22.
- 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.
- Li, Y., Zhao, L., Suo, J. (2014). Comprehensive Assessment on Sustainable Development of Highway Transportation Capacity Based on Entropy Weight and TOPSIS. *Sustainability*, 6, 4685-4693.
- Liu, X., Zhou, X., Zhu, B., He, K. ve Wang, P. (2019). Measuring the Maturity of Carbon Market in China: An Entropy-Based TOPSIS Approach. *Journal of Cleaner Production*(229), 94-103.
- Mian, A., Sufi, A. ve Verner, E. (2019). How Does Credit Supply Expansion Affect the Real Economy? The Productive Capacity and Household Demand Channels. *The Journal of Finance*, 75(2), 949-994.
- Molua, E. L., Benhin, J., Kabubo-Mariara, J., Ouedraogo, M. ve El-Marsafawy, S. (2010). Global Climate Change and Vulnerability of African Agriculture: Implications for Resilience and Sustained Productive Capacity. *Quarterly Journal of International Agriculture* , 49(3), 183-211.
- Olarte, S. H., Villarreal, F. ve Torrent, J. (2021). Is Productive Capacity A Key Factor to Reduce Inequalities in South America? *Development Studies Research*, 8(1), 94–108.
- Öztel, A. ve Alp, İ. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım*. İstanbul: Kriter Yayıncılık.
- Öztel, A., Aydın, B. ve Köse, M. (2018). Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi İle Enerji Sektöründe Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansının Ölçümü: Akenerji Örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(24), 1-24.
- Paksoy, S. (2017). *Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar*. Adana: Karahan Kitapevi.
- Salim, R. A. (2008). Differentials at Firm Level Productive Capacity Realization in Bangladesh Food Manufacturing: An Empirical Analysis. *Applied Economics*, 40, 3111–3126.
- Sun, F., Yu, J. (2021). Improved Energy Performance Evaluating and Ranking Approach for Office Buildings Using Simple-Normalization, Entropy-Based TOPSIS and K-means Method. *Energy Reports*, 7, 1560–1570.
- Therkildsen, O. (2008). United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), Background Paper No:1, Geneva. *UNCTAD The Least Developed Countries Report 2009: The State and Development Governance*.

- Top, A. (2002). Verimlilik ve Üretkenlik Üzerine Düşünceler. *Öneri*, 5(17), 31-34.
- Ulutaş, A. ve Topal, A. (2020). *Bütünleştirilmiş Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Üretim Sektörü Uygulamaları*. Ankara: Akademisyen Kitapevi.
- UNCTAD. (2006). *The Least Developed Countries Report 2006: Developing Productive Capacities*. New York: United Nations Publication.
- UNCTAD. (2020). *UNCTAD Productive Capacities Index Focus on Landlocked Developing Countries*. New York: United Nations Publication.
- Wilson, J. (2021). Inflation and Productive Capacity - An Empirical Risk Reduction Model. *SSRN*, 1-14. DOI: <https://ssrn.com/abstract=3912154>.
- Yang, W., Xu, K., Lian, J., Ma, C. ve Bin, L. (2018). Integrated Flood Vulnerability Assessment Approach Based on TOPSIS and Shannon Entropy Methods. *Ecological Indicators*, 89, 269–280.
- 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, 443-451.
- Zhao, D., Li, C., Wang, Q. ve Yuan, J. (2020). Comprehensive Evaluation of National Electric Power Development Based on Cloud Model and Entropy Method and TOPSIS: A Case Study in 11 Countries. *Journal of Cleaner Production*, 277, 1-14.