

PAPER DETAILS

TITLE: AB ÜLKELERİNİN DİJİTAL DÖNÜSÜM PERFORMANSLARININ ENTROPI TABANLI
TOPSIS YÖNTEMIYLE DEGERLENDIRILMESI

AUTHORS: Fulya Zarali, Zerrin Kiliçarslan, Yasemin Dumrul

PAGES: 195-203

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4175378>



AB ÜLKELERİNİN DİJİTAL DÖNÜŞÜM PERFORMANSLARININ ENTROPİ TABANLI TOPSIS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

FULYA ZARALI¹ & ZERRİN KILIÇARSLAN² & YASEMİN DUMRUL^{3*}

¹ Doç. Dr., Kayseri Üniversitesi Mühendislik, Mimarlık Ve Tasarım Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, fzarali@kayseri.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7796-1040>. ² Doç. Dr., Kayseri Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Pazarlama Ve Dış Ticaret Bölümü, zkaan@erciyes.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0905-3067>. ³ Doç. Dr., Kayseri Üniversitesi Develi Hüseyin Şahin Meslek Yüksekokulu, Büro Hizmetleri Ve Sekreterlik Bölümü, ydumrul@kayseri.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5961-2931>.

ÖZ

Dijital dönüşüm, yeni teknolojilerin gelişimi ve sosyo-ekonomik etkileri doğrultusunda gerçekleşen kapsamlı bir değişim sürecini ifade etmektedir. Dijital teknolojilerin yaygın olarak kullanılması, ekonomik, sosyal ve toplumsal açıdan çeşitli faydalar sağlamaktadır. Dijital dönüşüm, firmaların rekabet gücünü artırarak, değer yaratma ve sunma yöntemlerini geliştirmekte ve iş modellerinin yenilikçiliğine önemli katkılarda bulunmaktadır. Ülkelerin dijital dönüşümünün sunduğu fırsatları ve potansiyel tehditleri etkili bir şekilde değerlendirebilmesi, rekabet avantajı elde etmelerini sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, DESI'yi kullanarak Avrupa Birliği ülkelerinin dijital dönüşümünün Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesidir. Çalışma sonucunda dijital teknolojinin entegrasyonunun, dört temel DESI boyutu içerisinde en önemli unsur olduğu görülmüştür. DESI performansı en yüksek olan AB ülkeleri Finlandiya, Danimarka ve İsveç iken, en düşük performansa sahip olan ülkeler ise Yunanistan, Bulgaristan ve Romanya'dır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, DESI, Entropi tabanlı TOPSIS, AB.

Editör / Editor:

Salih Çağrı İLKAY,
Erciyes Üniversitesi, Türkiye

*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author:

Yasemin DUMRUL,
ydumrul@kayseri.edu.tr

JEL:

O33, C44, R10

Geliş: 28 Ağustos 2024

Received: August 28, 2024

Kabul: 18 Kasım 2024

Accepted: November 18, 2024

Yayın: 30 Aralık 2024

Published: December 30, 2024

Atıf / Cited as (APA):

Zarali, F. & Kılıçarslan, Z. & Dumrul, Y. (2024),
AB Ülkelerinin Dijital Dönüşümünün Entropi
Tabanlı TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi,
Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi Dergisi, 69, 195-203,
doi: 10.18070/erciyesiibd.1540002

EVALUATION OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EU COUNTRIES WITH ENTROPY-BASED TOPSIS METHOD

ABSTRACT

Digital transformation refers to a comprehensive change process that takes place in line with the development of new technologies and their socio-economic effects. The widespread use of digital technologies provides various economic, social, and societal benefits. Digital transformation increases the competitiveness of companies, improves their methods of creating and delivering value, and makes significant contributions to the innovation of business models. The ability of countries to effectively evaluate the opportunities and potential threats offered by digital transformation enables them to gain competitive advantage. This study aims to evaluate the digital transformation of the European Union countries using DESI with the Entropy-based TOPSIS method. As a result of the study, it was seen that the integration of digital technology is the most important element among the four basic DESI dimension. The EU countries with the highest DESI performance are Finland, Denmark, and Sweden, while the countries with the lowest performance are Greece, Bulgaria, and Romania.

Keywords: Digital Transformation, DESI, Entropy based TOPSIS, EU

GİRİŞ

Dijitalleşme, bilgiyi, sesi, görüntüyü veya diğer çeşitli bilgi biçimlerini dijital formatlara dönüştürme sürecidir (Khan vd., 2015). Bu süreç, malların, hizmetlerin, sermayenin, bilginin, fikirlerin, insanların ve sosyal sermayenin hareketini hızlandırmıştır. Aynı zamanda insanların öğrenme, etkileşim kurma, yeniden yaratma ve geçim kaynaklarını değiştirmelerini sağlayan yeni endüstriler ve altyapılar yaratmıştır (Kahin, 2016).

Dijitalleşme, ekonomik faaliyetleri artırmanın bir yolu olarak kabul edilir ve üretkenliği artırmak için dijital teknolojileri kullanır (Yuan vd., 2021). Dijital teknolojilerin kitlesel olarak benimsenmesi, ekonomik büyümeyi hızlandırarak yeni iş olanakları yaratmakta ve mevcut işgücünün verimliliğini artırmaktadır. Bu teknolojilerin yaygın kullanımı, farklı sektörlerde istihdamın artmasına ve işgücü piyasasının genişlemesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, dijitalleşme, yaşam kalitesini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla, dijital teknolojilerin yaygın olarak kullanılması, ekonomik, sosyal ve toplumsal açıdan çeşitli faydalar sağlayabilir (Kahin, 2016; Khan vd., 2015).

Günümüzde mal ve hizmetlerin üretiminde, dağıtımında ve tüketiminde dijital teknolojilerin rolü yadsınamaz. Dijital dönüşüm, tüketici alışkanlıklarını değiştirir, geleneksel endüstrileri dönüştürerek verimliliği artırır, yeni iş modelleri ve fırsatlar yaratır. Aynı zamanda büyük veri, bulut bilişim, yapay zekâ ve blok zincir gibi dijital teknolojilerin reel ekonomi sektörlerinde yaygın olarak uygulanmasını sağlar (Sun vd. 2024). Sadece internet, mobil iletişim ve BİT ile ilişkili olmakla kalmaz; aynı zamanda iş etkileşimini değiştirir, araçlar zincirini azaltır, çeşitli işlemlerin (krediler, kiralamalar, satışlar, vergiler, uzlaşmalar vb.) ilerlemesini hızlandırır ve pazara erişimi kolaylaştırır. Bu durum, firmalara rekabet avantajları sağlar, ölçek etkisi yaratır ve maliyetleri düşürerek olumlu yayılma etkilerinin ortaya çıkmasına yol açar (Stavitsky vd., 2019).

Ülkelerin, dijital dönüşümün sunduğu fırsatları ve beraberinde getirdiği potansiyel tehditleri değerlendirebilmesi, rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olabilir. Dolayısıyla, ülkelerin dijital dönüşümü ne ölçüde benimseyip uyguladıklarının belirlenmesi, rekabet gücünü belirlemede önemli bir faktördür. Bu amaçla, çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan analizler ve değerlendirmeler, ülkelerin dijital dönüşüm sürecindeki ilerlemelerini ölçmek ve karşılaştırmak için önemli bir araçtır (Tuş vd., 2023). Bu araçlardan birisi de Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa Birliği üye ülkelerinin dijital ekonomi ve toplum alanındaki performanslarını değerlendirmek için kullanılan bir ölçüt olan Dijital Ekonomi ve Toplum Endeksi (DESI)'dir. Bu bağlamda, bu çalışmada DESI boyutlarına göre her bir Avrupa Birliği ülkesinin Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi, Entropi yöntemi ile kriter önem ağırlıklarının belirlenmesi ve TOPSIS yöntemi ile ülkelerin sıralamasının yapılması amaçlanmaktadır. Çalışmanın geri kalan bölümlerine ilişkin planı şu şekildedir: Çalışmanın birinci bölümünde DESI'nın 4 ana boyutu (beşeri sermaye, bağlantı, dijital teknolojinin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijital dönüşümü) hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde dijital dönüşümün ölçülmesinde kullanılan DESI açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ilgili literatür özeti sunulmuştur. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntem açıklanarak analiz sonucunda elde edilen bulgular ortaya konulmuştur. Son bölümde çalışmanın sonucuna yer verilmiştir.

I. TEORİK ÇERÇEVE

Dijital dönüşüm, yeni teknolojilerin ortaya çıkması ve bunun sosyal ve ekonomik sonuçları nedeniyle kuruluşların geçirdiği büyük bir değişim süreci olarak ifade edilir (Boudekis ve Kardaras, 2020; Satı, 2024). Dijital dönüşüm, birbirine bağlı üç temel süreçten oluşur. İlk aşama, analog bilgilerin sayısallaştırılmasını, bu bilgilerin bilgisayarlar tarafından saklanması, işlenmesini ve iletilmesini sağlayan kodlamayı içerir. İkinci aşama, dijital teknolojilerin kullanımı aracılığıyla insan etkileşimlerinin ve iş modellerinin dijitalleştirilmesidir. Son aşama, kuruluşların dijital dönüşümünde, yeni dijital teknolojilerin uygulanmasına dayalı olarak gerçekleşen kapsamlı organizasyonel değişiklikleri ifade eder (Satı, 2024). Dijital dönüşüm, geniş kapsamlı

bir süreçtir ve bu sürecin başarılı olabilmesi, ülkelerin dijitalleşme düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. DESI, bu dijitalleşme sürecinin ne kadar başarılı olduğunu ölçmek için kullanılan bir araçtır. DESI, Avrupa Komisyonu tarafından her yıl yayımlanan ve Avrupa Birliği ülkelerinin dijital gelişmişlik düzeyini ölçmeyi amaçlayan ve dört boyuttan oluşan bir endekstir. Bu boyutlar, dijital altyapıların gelişim seviyesini, dijital teknolojilerin toplumda nasıl uygulandığını ve kamu hizmetlerinin dijitalleşme düzeyini ölçer. Bu başlık altında çalışmanın uygulama kısmında dikkate alınan DESI'nın dört ana boyutunu oluşturan beşeri sermaye, bağlantı, dijital teknolojinin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijital dönüşümüne ilişkin bilgi verilecektir.

i. Beşeri Sermaye Boyutu: Beşeri sermaye, verimlilik artışının ve ekonomik büyümenin sağlanmasında önemli bir faktördür. Eğitim yoluyla gelişmiş beşeri sermayenin yeniliği artıracak ve dolayısıyla dijital altyapıyı tamamlayabileceği kabul edilmektedir. Buna göre eğitilmiş insanlar yeniliğe hızla uyum sağlayabildiğinden eğitim teknolojik yayılma sürecini hızlandırabilmektedir. Beşeri sermaye düzeyi ne kadar yüksekse, bireylerin bilgiye erişimi, bilgi edinme ve yenilikleri geliştirme kapasiteleri o kadar yüksek olacaktır (Osei, 2024). DESI'nın beşeri sermaye boyutu özellikle beceriler, istihdama ve işgücü piyasasındaki ve eğitimdeki eğilimlere odaklanmaktadır. Beşeri sermaye boyutu, dijitalin sunduğu olanaklardan yararlanmak için gereken becerileri ölçmektedir. Beşeri sermaye boyutu temel beceriler ve internet kullanımı ile ileri beceriler ve gelişim olmak üzere iki alt boyutu içermektedir. Her iki alt boyut da genel olarak vatandaşların ve işgücünün dijital becerilerini ölçmektedir. *Temel beceriler ve internet kullanımı alt boyutu*, vatandaşların dijital ürün ve hizmetleri kullanma becerisini ifade eder. Özellikle vatandaşların interneti kullanıp kullanmadıklarını ve düzenli ve sık bir şekilde kullanıp kullanmadıklarını günlük internet kullanıcıları ve sık internet kullanıcıları göstergeleri ile değerlendirmektedir. *İleri beceriler ve gelişim alt boyutu*, işgücünü ve dijital ekonomiyi sürdürme ve büyüme potansiyelini ifade eder (Sezen ve Briukhanova, 2021). Bu alt boyut, BİT uzmanlarının, bu alanlardan mezun olanların ve bu alanda çalışanların gelişimine yatırım yapan firmaların sayısı ile ilgili bilgileri içermektedir (EC, 2021).

ii. Bağlantı Boyutu: Bağlantı boyutu, geniş bant altyapısının dağıtımını ve kalitesini ölçmektedir. Bağlantı boyutunda başarılı olan ülkeler, dijital dönüşümde de daha rekabetçi bir konumda bulunmaktadır. DESI'nın bağlantı boyutu, sabit ve mobil geniş bantın hem talep (kullanım) hem de arz (kapsam) yönünü ele almaktadır. *Sabit geniş bant kapsamı ve altyapısı bileşeni*, internetin ülke genelindeki dağılımını, bağlantı hızlarını ve fiber optik ağların yaygınlık derecesini incelemektedir. Hızlı ve güvenilir genişbant altyapısı, dijital hizmetlerin etkili bir şekilde sunulması ve kullanılabilmesi için önem arz etmektedir. *Mobil geniş bant erişimi bileşeni*, mobil cihazlar aracılığıyla internete erişim imkânlarını ve mobil genişbant hizmetlerinin kalitesini değerlendirmektedir. 4G ve 5G şebekelerinin yaygınlığı, bu bağlamda kritik bir göstergedir. Mobil genişbant erişimi, özellikle gelişmekte olan bölgelerde dijital kapsayıcılığı artırmada önemli bir rol oynamaktadır (EC, 2022a).

iii. Dijital Teknolojinin Entegrasyonu Boyutu: Dijital teknolojiler, bilgi işlem, iletişim, içerik ve insan ağlarını bir araya getirerek büyük ölçekli dijital dönüşümü mümkün kılmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zekâ (AI) ve blockchain gibi dijital teknolojilerin ortaya çıkışı, iş modeli inovasyon hızını önemli ölçüde artırmıştır. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ'ler), verimliliklerini artırmak ve rekabet avantajı elde etmek için dijital teknolojileri üretim ve tedarik zinciri yönetimi süreçlerine dahil etmenin yollarını araştırmaktadır (Zheng vd. 2024). Bu DESI boyutu, işletmelerin ve e-ticaretin dijitalleşme düzeyini ölçer; özellikle de işletmelerin dijital teknolojileri nasıl benimsediğini değerlendirir. Dijital teknolojiyi benimseyen KOBİ'ler, değer yaratma, değer önerme, değer sağlama ve değer yakalama konularındaki yenilikler yoluyla ürün ve hizmetlerini geliştirmelerine ve pazarlarını genişletmelerine imkân tanıyarak rekabet gücünü güçlendirmektedir (Skare vd, 2023). İşletmeler veriye dayalı kararlar alarak israfı azaltabilir, veri analitiği ve inovasyona yatırım yaparak verimliliklerini artırabilir ve müşteri davranışları ile tercihlerindeki değişikliklere daha etkili bir şekilde yanıt verebilirler. Bu stratejiler, genel performanslarını önemli ölçüde iyileştirebilir. Ayrıca, blockchain teknolojisi güvenli ve

şeffaf işlemlerin önünü açarak aracılar olan ihtiyacı en aza indirmiştir (Zheng vd. 2024).

iv. Kamu Hizmetlerinin Dijital Dönüşümü Boyutu: Dijital dönüşüm, devlet hizmetlerinin değişen kullanıcı ihtiyaçlarına uygun olarak kapsamlı bir şekilde yeniden tasarlanmasına ve yapılandırılmasına yön vermektedir. Dijital kamu hizmetleri, yapay zekâ, IoT, blockchain, akıllı şehirler, 5G, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, robotik ve 3D gibi BİT tabanlı teknolojileri içermekte ve kamu kurumları ve paydaşlar arasındaki etkileşimi artırmaktadır (Weerakkody vd. 2016). Kamu sektöründe bir çok farklı departman, kendi özel gereksinimlerine ve iş süreçlerine göre çeşitli bilgi sistemleri ve veri saklama yöntemleri geliştirebilmektedir (Bousdekis ve Kardaras, 2020). Bu bağlamda, e-devlet kavramı, kamu sektöründe dijital teknolojilerin entegrasyonuna yönelik stratejileri kapsayan bir şemsiye terim olarak kullanılmaktadır. E-devlet gelişimi, hükümetlerin stratejik planlarına dayanarak, kamu hizmetlerinin maliyetlerini ve zamanını minimize etmeyi, vatandaş merkezli bir kamu yönetimi oluşturmayı, kamu kurumlarının şeffaflığını ve hesap verebilirliğini artırmayı hedeflemektedir. E-devlet uygulamaları, teknolojinin kamu sektöründeki rolünü ve bu teknolojilerin kamu hizmetleri üzerindeki etkilerini değerlendiren bir çerçeve sunmaktadır (Anthopoulos vd., 2007).

II. DİJİTAL EKONOMİ VE TOPLUM ENDEKSİ (DESI)

Dijital dönüşüm sürecindeki ilerlemeleri ölçmek ve karşılaştırmak için çeşitli bileşik endeksler kullanılmaktadır. Bilinen temel endeksler şunlardır: Teknoloji Başarı Endeksi (TAI), Ağa Hazırlık Endeksi (NRI), Dijital Erişim Dizini (DAI), Bilgi Durumu Endeksi (Bilgi Durumu), BİT-Fırsat Endeksi (ICTOI), Dijital Fırsat Endeksi (DOI), BİT Yayılma Endeksi (ICTDI), BİT Gelişim Endeksi (IDI) ve Dijital Ekonomi ve Toplum Endeksi (DESI). Bu bağlamda bu başlık altında söz konusu endeksler içinde yer alan ve çalışmanın analiz kısmında kullanılan DESI hakkında bilgi verilecektir.

DESI, Avrupa Komisyonu tarafından 2014 yılında geliştirilmiş bir endeks olup bu endeks çerçevesinde her yıl yeni rapor yayınlanmaktadır. DESI, Avrupa'nın dijital performansına ilişkin ilgili göstergeleri özetleyen ve AB üye ülkelerinin dört ana boyuttaki (beşeri sermaye, bağlantı, dijital teknolojinin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetleri) gelişimini izleyen bileşik bir endekstir. DESI, çeşitli göstergeleri kullanarak ülkelerin dijital dönüşümünü analiz etmekte, karşılaştırmakta ve politika yapıcıların stratejik kararlar almasına yardımcı olmaktadır. DESI, Avrupa Birliği'nde dijital pazarın oluşturulması için öncelikli yatırım alanlarının belirlenmesi ve AB ülkelerinin dijital ekonomiyi geliştirmelerine yardımcı olmak amacıyla tasarlanmıştır (EC, 2022a). DESI, dijital ekonomiye geçiş performansına göre ülke gelişiminin analiz edilmesine, öncelikli alanların gerekçelendirilmesine ve göstergelere göre devletlerin kümelenmesine olanak tanımaktadır (Bruno, 2023).

2021 yılında önerilen "Dijital On Yıla Giden Yol" politika programı ile AB Kurumları ve üye ülkeler arasında ortak hedeflere ulaşmalarının sağlanması amacıyla yıllık bir iş birliği raporu hazırlanmıştır. Böylece, "Dijital On Yıl" hedeflerinin gerçekleşme düzeyi DESI ile izlenebilecektir. DESI (2022)'de, Avrupa'nın dijital dönüşümü için 2030 yılına kadar dört ana noktada somut hedefler belirlenmiş ve bu hedefler Dijital On Yıl Pusulası'nı yansıttak şekilde uyarlanmıştır. Böylece DESI göstergeleri Dijital On Yıl Pusulası'nın 4 ana noktası etrafında yapılandırılmıştır. Bunlar; dijital beceriler, dijital altyapılar, işletmelerin dijital dönüşümü ve kamu hizmetleridir. DESI (2022)'ye göre DESI'nın yapısı Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1'den de görüldüğü üzere DESI, dijital becerilerin geliştirilmesinden, altyapının güçlendirilmesine; işletmelerin dijitalleştirilmesinden, kamu hizmetlerinin dijitalleştirilmesine kadar geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir. DESI ile ortaya konulan çerçevede yer alan büyük ölçekli dijital projeler belirleme ve uygulama hedefi, AB'nin küresel ölçekte rekabet gücünü artırmasını ve Avrupa'nın küresel bir dijital lider olma hedefini desteklemektedir.

TABLO 1 | DESI (2022)'nin Yapısı

DESI Boyutları	DESI Alt Boyutu	Dijital On Yıla Giden Yol önerisine ilişkin göstergeler	AB 2030 Dijital Pusula Hedefleri
Beşeri Sermaye	İnternet kullanıcı becerileri ve ileri dijital beceriler	-Temel dijital beceriler -BİT uzmanları -Kadın BİT uzmanları	-AB vatandaşlarının en az %80'inin temel dijital becerilere sahip olması -AB'deki BİT uzmanlarının sayısının en az 20 milyon olması
Bağlantı	Sabit geniş bant kullanımı, sabit geniş bant kapsama alanı, mobil geniş bant ve geniş bant fiyatları	-Herkes için Gigabit (Sabit çok yüksek kapasiteli ağ kapsama alanı) -5G kapsama alanı	-Gigabayt ağlarının herkes tarafından erişilebilir olması -Nüfus yoğunluğu olan tüm alanlar için 5G kapsama alanına sahip olması
Dijital teknolojinin entegrasyonu	İşletmelerde dijitalleşme ve E-ticaret	-Temel düzeyde dijital yoğunluğa sahip KOBİ'ler -Yapay zekâ -Bulut -Büyük veri	-AB'deki küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ'ler) en az %90'ının dijital teknolojileri kurumsal düzeyde kullanması -Firmaların en az %75'inin yapay zekâ, bulut ve büyük veri teknolojileri gibi dijital teknolojileri kullanması
Dijital kamu hizmetleri	E-Devlet	-Vatandaşlara yönelik dijital kamu hizmetleri -İşletmeler için dijital kamu hizmetleri	-Vatandaşlar ve işletmeler için tüm önemli kamu hizmetlerinin %100 çevrimiçi olması -Vatandaşların tıbbi kayıtlara %100'ünün erişiminin sağlanması -Vatandaşların %80'inin dijital kimlik kullanması

Kaynak: EC, 2022a.

III. LİTERATÜR ÖZETİ

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) analizi, en doğru karar verme yöntemlerinden biridir. Karar verme problemlerini yapılandırmaya ve alternatiflerden tercihler oluşturmaya yardımcı olabilecek bir çerçeve sağlamak amacıyla ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. ÇKKV, birbirinden farklı yönlerde farklılık gösteren farklı yöntemleri içerir. Bu yöntemler arasındaki temel farklar, algoritmaların karmaşıklık düzeyi, kriterler için ağırlıklandırma yöntemleri, tercih değerlendirme kriterlerini temsil etme şekli, belirsiz veri olasılığı ve son olarak veri toplama türü ile ilgilidir (Taherdoost ve Madanchian, 2023). Bu çalışmanın analiz kısmında ilgili göstergelerin ağırlıklandırılması ve incelenen ülkelerin bu göstergelerin ağırlıkları dikkate alınarak sıralanmasını sağlayan ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan entropi tabanlı TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Entropi yöntemi, en temsili nesnel ağırlıklandırma aracıdır. Bu yöntem, kriterlerin göreceli önemini ve bunların değerlendirme veya nihai sonuçla nasıl ilişkili olduğunu belirler (Arce vd., 2015). TOPSIS yöntemi ise, pozitif ideal çözüme en kısa mesafedeki ve negatif ideal çözüme en uzak mesafedeki karar seçeneğinin belirlenmesi hedeflenir. Pozitif ideal çözüm, maliyet ölçütünü minimum yapan ve fayda ölçütünü maksimum yapan çözümdür. Negatif ideal çözüm ise, maliyet ölçütünü maksimum yapan ve fayda ölçütünü minimum yapan çözüm olarak değerlendirilir. TOPSIS yöntemi, pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklıkları ortaya koyarak, ideal ve ideal olmayan çözümleri de ortaya çıkarır. Entropi temelli TOPSIS yöntemi, kullanım kolaylığı ve sonuçların kolay anlaşılıp, yorumlanması gibi nedenlerden dolayı bu çalışmada tercih edilmiştir (Ecer, 2020). Bu bağlamda uygulamalı literatürde dijital dönüşüm ile ilgili çok kriterli karar verme yöntemini dikkate alan çalışmaların kısa bir özetine yer verilmiştir.

Zhao vd. (2023), Çin'de 2015-2020 dönemi verileriyle 31 il düzeyindeki bölgenin dijital ekonomi gelişimini değerlendirmek için karma bir ÇKKV modeli kullanmıştır. Bulanık Delphi yöntemiyle (FDM) 17 alt kriter belirlenmiştir. Anti-entropi ağırlığı (AEW) yaklaşımı ve en iyi-kötü yöntemi (BWM) ile kriterlerin nesnel ve

özel ağırlıkları ortaya konulmuştur. Son olarak Çin'deki çeşitli bölgelerin dijital ekonomi gelişim derecesini değerlendirmek için MARCOS modeli uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ilgili dönemde dijital ekonomi gelişiminde Guangdong, Jiangsu, Zhejiang ve Pekin bölgelerinin ilk dörtte yer aldığı ve Çin'in güneybatı ve kuzeybatı bölgelerinin ise diğerlerinin gerisinde kaldığı görülmüştür.

Doru vd. (2023), postmodern dönemde AB ülkelerinin dijital yönetim performanslarını entropi ve MABAC yöntemlerini kullanarak 2022 DESI Raporunda yer alan Dijital Kamu Hizmeti (DPS) kriterinin 5 alt kriteri çerçevesinde incelemiştir. Analiz sonucunda en yüksek öneme sahip alt kriterin 'işletmelere yönelik dijital kamu hizmetleri', en az öneme sahip alt kriterin ise 'önceden doldurulmuş formlar' olduğu belirlenmiştir. DPS kriterine göre en güçlü performansa sahip AB ülkelerinin sırasıyla Estonya, Hollanda ve Finlandiya olduğu görülmüştür.

Tuş vd. (2023), Türkiye'nin dijital dönüşüm endeksinin hesaplanması için alternatif bir yaklaşım önermiştir. Bu çalışmada kullanılan 4 ana ve 10 alt kriterin ağırlıkları, ÇKKV yöntemlerinden biri olan Bayesian en iyi-en kötü yöntemi (BBWM) ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlara göre alternatif bir endeks değeri hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular, dijital dönüşüm çerçevesinde yapılacak yatırımların yoğunluklu olarak hangi alanlara yapılması gerektiğini göstermektedir. Türkiye'nin dijital dönüşüm performansını etkileyen kriterler önem düzeyine göre yeterlilik, dijital ekosistemler, kullanım ve dönüşüm şeklinde sıralanmaktadır.

Çınaroğlu (2022), Avrupa Komisyonu'nun DESI (2021) Raporu'na dayanarak AB ülkelerinin dijital dönüşüm performanslarını entropi tabanlı MABAC yöntemiyle ölçmüştür. Çalışma sonucuna göre dijital dönüşüm performansı en yüksek olan AB ülkeleri Danimarka, Finlandiya ve İsveç, en düşük performansla sahip olan ülkeler ise Yunanistan, Bulgaristan ve Romanya'dır.

Zerhoui ve Özari (2022), 2015-2018 döneminde dijital ekonominin gelişimini Uluslararası Dijital Ekonomi ve Toplum Endeksi'ne (I-DESI) göre 45 ülke ile 24 kriter çerçevesinde incelemiştir. I-DESI verilerine Entropi ve TOPSIS yöntemleri ayrı ayrı ve birlikte uygulanmıştır. Böylece I-DESI başlangıç modelinin yanı sıra üç yöntemle göre (Entropi, TOPSIS ve Entropi tabanlı TOPSIS) sıralama yapılmıştır. Sonuçlar, hesaplanan entropi ağırlıklarının I-DESI başlangıç değerlerinden önemli ölçüde farklılaştığını göstermektedir. Entropi yönteminde "dijital teknoloji ve işletmenin entegrasyonu" önemli bir boyut olarak öne çıkarken, I-DESI puanlama modelinde bunun yerine "beşeri sermaye" seçilmiştir. Dört sıralama yönteminin karşılaştırılması neticesinde I-DESI başlangıç modeli ile TOPSIS ve Entropi yöntemleri arasında çok güçlü bir pozitif ilişki ve Entropi tabanlı TOPSIS ile ise orta derecede pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür.

Małkowska vd. (2021), dijital dönüşümün AB üzerindeki etkisini kümeleme analizi ve TOPSIS yöntemleriyle hesaplamış ve değerlendirmiştir. Çalışma sonuçları, yüksek, orta ve düşük performansa sahip ülkeler gibi benzer gelişmişlik düzeyine göre gruplandırılan AB ülkelerinde teknolojik dönüşümün ekonomi ve toplum üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, her ülke grubu tarafından teknolojik gelişimde sağlanan uyumun gösterilmesine ve AB ülkeleri arasındaki dijital uçurumun belirlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Arsic ve Gajic (2021), AB'nin eski üye ülkeleri ile yeni üye ülkeleri için gelişmiş dijital teknoloji düzeylerini entropi tabanlı TOPSIS yöntemi ile ölçmüştür. Sonuçlar, AB'nin eski üye ülkelerinde en iyi sıralamaya sahip ülkenin Finlandiya, yeni üye ülkelerinde ise Malta olduğunu göstermektedir. En kötü sıralamaya sahip olan ülkeler AB'ye eski üye ülkelerde Yunanistan ve yeni üye ülkelerde Romanya'dır. Bu sonuçlar DESI endeksine göre en iyi sıralamaya sahip ülkelerle uyumludur.

Altıntaş (2021), G20'de yer alan 19 ülkenin, dijital hazırlık performansını 2019 yılı için CISCO Dijital Hazırlık Endeksi (CDRI) bileşenlerine ait değerler üzerinden Entropi tabanlı VIKOR yöntemi ile incelemiştir. Çalışma sonucuna göre, ülkelerin ortalama dijital hazırlık performans değerinden daha iyi değerlere sahip olan ülkelerin Güney Kore, ABD, Almanya, İngiltere, Avustralya, Japonya, Kanada ve Fransa olduğu görülmüştür.

Koca (2021), 28 AB ülkesinde dijital dönüşümün göreceli performans etkinliğini ÇKKV yöntemlerinden biri olan ARAS yöntemi ile 7 kriter

kullanarak değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda hem 2017 hem de 2018 yılları için dijital dönüşüm performanslarında ilk 3 sırada yer alan AB ülkesinin, Finlandiya, Danimarka ve İsveç olduğu, son sırada ise Romanya olduğu tespit edilmiştir.

Bousdekis ve Kardaras (2020), Yunanistan'da yerel yönetimlerin dijital dönüşümünü Ocak 2020 verileri ile DESI ve EGSI (E-Devlet Kalkınma Endeksi) kullanarak incelemiştir. FDM ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci(FAHP)yöntemleriyle yerel yönetimler için dijital dönüşümün öncelikleri/kritik başarı faktörleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ilgili kriterler; vatandaş odaklı hizmetler, stratejik dijital kültür, birlikte çalışabilirlik, çalışanların dijital becerileri, teknoloji tedarigi şeklinde sıralanmıştır.

Saçak vd. (2020), 'Dijital Türkiye Yol Haritası' raporunda yer alan kısa, orta ve uzun vadeli hedefleri gerçekleştirmek amacıyla belirlenen 7 kriter çerçevesinde 18 stratejiyi, TOPSIS yöntemi kullanılarak önceliklendirmiştir. Çalışma sonucunda en önemli stratejinin 'eğitimcilerle dijital yetkinliklerin kazandırılması' olduğu bulunmuştur.

Önerilen çalışma, dijital dönüşümün Dijital Ekonomi ve Toplum Endeksi (DESI) verileri aracılığıyla ölçülmesi, Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi ve Avrupa Birliği ülkelerinin dijitalleşme süreçlerinin derinlemesine analiz edilmesi yönleriyle literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Çalışma, dijitalleşme düzeylerinin nesnel kriterlere dayalı olarak karşılaştırılması ve ülkeler arası dijital gelişmişlik farklarının belirlenmesine yönelik özgün bir yöntem önermekte olup, dijital dönüşüm literatüründe mevcut analiz yöntemlerine metodolojik bir yenilik kazandırmaktadır.

IV.YÖNTEM

IV.A. Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi ile kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Entropi belirsizliğin bir ölçüsüdür. Bir kriterin entropisi ne kadar fazla ise bu durum düzensizliğin daha çok ve kriter ağırlığının büyük olması anlamına gelecektir. Aşağıda entropi yönteminin adımları verilmiştir (Ecer,2020).

1.Aşama: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

m tane karar alternatifi ve n tane değerlendirme kriterine sahip olan çok kriterli karar problemi için aşağıdaki şekilde bir başlangıç karar matrisi oluşturulur.

$$X_{m \times n} = \begin{matrix} & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1j} \\ & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2j} \\ & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \cdots & X_{ij} \end{matrix}$$

2.Aşama: Başlangıç Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Normalizasyon işleminde kriterlerin fayda (1) ya da maliyet (2) yönlü olmasına göre aşağıdaki formüller uygulanır:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^{\min}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$P_{ij} = \frac{X_j^{\max} - X_{ij}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (2)$$

Başlangıç matrisi normalize edildikten sonra $R=[r_{ij}]_{m \times n}$ matrisinde gösterilerek eşitlik (3)'ten faydalanılmaktadır.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (3)$$

3.Aşama: Entropi Değerinin Hesaplanması

Entropi değeri (E_j), aşağıdaki eşitlik (4) yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (4)$$

Burada k değeri, $k = (\ln(m))^{-1}$ formülü ile hesaplanmaktadır.

4.Aşama: Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması

Entropi değerinin farklılaşma derecesi (d_j), eşitlik (5) yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$d_j = 1 - E_j; \forall_j \quad (5)$$

5.Aşama: Entropi Ağırlığının Hesaplanması

Her bir kriterin nesnel ağırlığı (W_j), eşitlik (6)'ya göre tanımlanmaktadır:

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

IV.B. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yoon ve Hwang tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanır ve 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır (Ecer,2020).

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması: Karar Matrisi (A) Oluşturulması sürecinde, matrisin satırları, belirlenen karar alternatiflerini içerirken, sütunları ise karar verme sürecinde kullanılacak değerlendirme faktörlerini temsil eder. A matrisi, karar verici tarafından başlangıç değerleriyle oluşturulan bir matrisi simgeler. Karar matrisi, karar noktaları ile değerlendirme faktörlerini içeren düzenli bir yapıda gösterilir.

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

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması: Standart Karar Matrisi (R) karar matrisinin elemanlarından oluşur. Aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (7)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

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

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması: Her bir kriter için ağırlık değeri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). w_i değeri ile R matrisindeki her bir sütun değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

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

Adım 4: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması: TOPSIS yönteminde ideal değerlere karar verilirken V matrisinin her sütundaki en yüksek değer pozitif ideal eşitlik (8), en düşük değer ise negatif ideal eşitlik (9) değeridir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J') \right\} \quad (8)$$

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J') \right\} \quad (9)$$

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: TOPSIS yönteminde, her bir alternatifin pozitif ve negatif İdeal Çözüm Setleri ile olan sapmalarını bulmak için Euclidean Uzaklık Yaklaşımı kullanılır. Bu yaklaşımdan elde edilen sapma değerleri Pozitif ideal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması eşitlik (10)'da, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise eşitlik (11)'de gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (11)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması: Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması eşitlik (12)'de gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (12)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^*=1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^*=0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir. Tüm alternatiflerin göreli yakınlığı hesaplandıktan sonra en büyük C_i^* değerine sahip olan alternatif en iyi seçim olarak değerlendirilir.

V. UYGULAMA

Bu çalışmada, 27 AB ülkesi, Avrupa Komisyonu'nun DESI (2022) Raporu'ndan elde edilen veriler kullanılarak Bağlantı (BA), Dijital Kamu Hizmetleri (DKH), Beşeri Sermaye (BS) ve Dijital Teknolojinin Entegrasyonu (DTE) boyutlarına göre değerlendirilmiştir (EC, 2022b). İlk olarak DESI 2022 verileri kullanılarak Entropi yöntemi ile 4 ölçüt için ağırlık değerleri belirlenmiş sonrasında bu değerler TOPSIS yöntemi için kullanılarak 27Avrupa Birliği ülkesi için sıralama yapılmıştır.Karar modeli yapısı aşağıda sunulmuştur.Bu çalışmada, kriterlerin göreli önem derecelerini objektif olarak belirlemek amacıyla Entropi yöntemi kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları, beş adımlık bir süreç izlenerek Entropi yöntemiyle hesaplanmıştır. İşlem adımları aşağıda detaylandırılmıştır.

İlk adım olarak 27 Avrupa ülkesi ile 4 tane değerlendirme kriterinden oluşan karar matrisi DESI verileri kullanılarak oluşturulmuş ve Tablo 2'de verilmiştir.

TABLO 2 | Karar Matrisi

	BA	DKH	BS	DTE
<i>Avusturya</i>	56,465	72,118	50,952	39,167
<i>Belçika</i>	39,827	64,753	48,691	47,959
<i>Bulgaristan</i>	50,703	51,896	32,590	15,530
<i>Kıbrıs</i>	58,776	57,520	41,765	35,348
<i>Çekya</i>	52,690	64,456	45,590	33,838
<i>Almanya</i>	67,321	63,409	44,967	35,835
<i>Danimarka</i>	77,089	83,068	59,187	57,991
<i>Estonya</i>	44,450	91,179	53,948	36,472
<i>Yunanistan</i>	49,579	39,386	40,134	26,627
<i>İspanya</i>	69,710	83,521	51,322	38,536
<i>Finlandiya</i>	60,548	87,365	71,391	59,087
<i>Fransa</i>	64,186	67,351	49,870	31,909
<i>Hrvatistan</i>	48,057	53,569	51,829	36,730
<i>Macaristan</i>	57,604	57,401	38,448	21,585
<i>İrlanda</i>	61,538	83,450	62,642	43,323
<i>İtalya</i>	61,227	58,480	36,568	40,740
<i>Litvanya</i>	49,353	81,799	42,459	37,246
<i>Lüksemburg</i>	59,304	83,372	57,773	34,957
<i>Letonya</i>	50,075	78,808	44,135	25,826
<i>Malta</i>	53,000	85,807	56,595	48,128
<i>Hollanda</i>	70,100	84,186	63,127	52,065
<i>Polonya</i>	46,516	55,763	37,031	22,881
<i>Portekiz</i>	51,587	67,907	45,941	37,591
<i>Romanya</i>	55,226	21,043	30,918	15,153
<i>İsveç</i>	60,255	82,421	61,977	56,239
<i>Slovenya</i>	59,898	69,495	44,252	39,837
<i>Slovakya</i>	49,823	51,998	44,129	27,833

TABLO 3 | Normalize Karar Matrisi

	BA	DKH	BS	DTE
<i>Avusturya</i>	0,035629	0,03778	0,037631	0,037861
<i>Belçika</i>	0,02513	0,033922	0,035961	0,046359
<i>Bulgaristan</i>	0,031993	0,027187	0,02407	0,015012
<i>Kıbrıs</i>	0,037087	0,030133	0,030846	0,034169
<i>Çekya</i>	0,033246	0,033767	0,033671	0,03271
<i>Almanya</i>	0,042478	0,033218	0,033211	0,03464
<i>Danimarka</i>	0,048642	0,043517	0,043713	0,056057
<i>Estonya</i>	0,028047	0,047766	0,039844	0,035255
<i>Yunanistan</i>	0,031283	0,020633	0,029641	0,025738
<i>İspanya</i>	0,043986	0,043754	0,037905	0,037251
<i>Finlandiya</i>	0,038204	0,045768	0,052727	0,057116
<i>Fransa</i>	0,0405	0,035283	0,036832	0,030845
<i>Hrvatistan</i>	0,030323	0,028063	0,038279	0,035505
<i>Macaristan</i>	0,036347	0,030071	0,028396	0,020865
<i>İrlanda</i>	0,038829	0,043717	0,046265	0,041878
<i>İtalya</i>	0,038633	0,030636	0,027008	0,039381
<i>Litvanya</i>	0,031141	0,042852	0,031359	0,036004
<i>Lüksemburg</i>	0,03742	0,043676	0,042669	0,033791
<i>Letonya</i>	0,031596	0,041285	0,032597	0,024964
<i>Malta</i>	0,033442	0,044952	0,041799	0,046522
<i>Hollanda</i>	0,044232	0,044102	0,046623	0,050329
<i>Polonya</i>	0,029351	0,029212	0,02735	0,022117
<i>Portekiz</i>	0,03255	0,035575	0,03393	0,036337
<i>Romanya</i>	0,034846	0,011024	0,022835	0,014647
<i>İsveç</i>	0,03802	0,043178	0,045774	0,054363
<i>Slovenya</i>	0,037794	0,036406	0,032683	0,038508
<i>Slovakya</i>	0,031437	0,02724	0,032592	0,026904

2. adım başlangıç karar matrisinin normalize edilmesidir. Eşitlik (3) kullanılarak karar matrisi elemanlarının normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen normalize karar matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

3. adım entropi değerinin hesaplanmasıdır. Eşitlik (4) kullanılarak her bir kriter için entropi değerleri hesaplanmış ve Tablo 4'te sunulmuştur. 4. adım farklılaşma derecesinin hesaplanmasıdır. Eşitlik (5) kullanılarak farklılaşma derecesi hesaplanmış ve Tablo 4'te verilmiştir. Son olarak eşitlik (5) kullanılarak her bir kriter için ağırlık katsayısı hesaplanmış ve Tablo 4'te verilmiştir.

TABLO 4 | Entropi ve Ağırlık Değeri

	BA	DKH	BS	DTE
<i>Ej</i>	0,996777	0,990679	0,994037	0,985446
<i>dj</i>	0,003223	0,009321	0,005963	0,014554
<i>wj</i>	0,0975	0,281941	0,180362	0,44021

Tablo 4'teyer alan sonuçlara göre kriter ağırlıklarını sıralarsak en önemli kriter DTE, ikinci öneme sahip kriter DKH, üçüncü öneme sahip kriter BS ve son olarak diğer kriterlere göre en az öneme sahip kriter olarak BA belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar TOPSIS yöntemi için veri olarak kullanılarak TOPSIS adımları gerçekleştirilmiştir. Aşağıda sıra ile TOPSIS adımları verilmiştir.

İlk adım karar matrisinin oluşturulmasıdır. DESI (2022) verilerinden oluşan karar matrisi Tablo 2'de verilmiştir.

2.adım standart karar matrisinin oluşturulmasıdır. Eşitlik (7) kullanılarak standart karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 5'te verilmiştir.

TABLO 5 | Standart Karar Matrisi

	BA	DKH	BS	DTE
<i>Avusturya</i>	0,187	0,195	0,195	0,192
<i>Belçika</i>	0,132	0,175	0,187	0,235
<i>Bulgaristan</i>	0,167	0,140	0,125	0,076
<i>Kıbrıs</i>	0,194	0,155	0,160	0,173
<i>Çekya</i>	0,174	0,174	0,175	0,166
<i>Almanya</i>	0,222	0,171	0,172	0,175
<i>Danimarka</i>	0,255	0,224	0,227	0,284
<i>Estonya</i>	0,147	0,246	0,207	0,178
<i>Yunanistan</i>	0,164	0,106	0,154	0,130
<i>İspanya</i>	0,230	0,225	0,197	0,188
<i>Finlandiya</i>	0,200	0,236	0,274	0,289
<i>Fransa</i>	0,212	0,182	0,191	0,156
<i>Hrvatistan</i>	0,159	0,145	0,199	0,180
<i>Macaristan</i>	0,190	0,155	0,147	0,106
<i>İrlanda</i>	0,203	0,225	0,24	0,212
<i>İtalya</i>	0,202	0,158	0,140	0,199
<i>Litvanya</i>	0,163	0,221	0,163	0,182
<i>Lüksemburg</i>	0,196	0,225	0,221	0,171
<i>Letonya</i>	0,165	0,213	0,169	0,126
<i>Malta</i>	0,175	0,232	0,217	0,235
<i>Hollanda</i>	0,232	0,227	0,242	0,255
<i>Polonya</i>	0,154	0,150	0,142	0,112
<i>Portekiz</i>	0,170	0,183	0,176	0,184
<i>Romanya</i>	0,182	0,057	0,118	0,074
<i>İsveç</i>	0,199	0,222	0,238	0,275
<i>Slovenya</i>	0,198	0,188	0,170	0,195
<i>Slovakya</i>	0,165	0,140	0,169	0,136

3.adım ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulmasıdır. Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlık değerleri standart karar matrisindeki her bir değer ile çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulmuştur ve Tablo 6'da verilmiştir.

TABLO 6 | Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

	BA	DKH	BS	DTE
Avusturya	0,018	0,055	0,035	0,084
Belçika	0,013	0,049	0,034	0,103
Bulgaristan	0,016	0,039	0,023	0,033
Kıbrıs	0,019	0,044	0,029	0,076
Çekya	0,017	0,049	0,032	0,073
Almanya	0,022	0,048	0,031	0,077
Danimarka	0,025	0,063	0,041	0,125
Estonya	0,014	0,069	0,037	0,079
Yunanistan	0,016	0,030	0,028	0,057
İspanya	0,022	0,064	0,035	0,083
Finlandiya	0,020	0,066	0,049	0,127
Fransa	0,021	0,051	0,034	0,069
Hırvatistan	0,015	0,041	0,036	0,079
Macaristan	0,019	0,044	0,027	0,046
İrlanda	0,020	0,063	0,043	0,093
İtalya	0,020	0,044	0,025	0,088
Litvanya	0,016	0,062	0,029	0,080
Lüksemburg	0,019	0,063	0,04	0,075
Letonya	0,016	0,06	0,031	0,056
Malta	0,017	0,065	0,039	0,104
Hollanda	0,023	0,064	0,044	0,112
Polonya	0,015	0,042	0,026	0,049
Portekiz	0,017	0,052	0,032	0,081
Romanya	0,018	0,016	0,021	0,033
İsveç	0,019	0,063	0,043	0,121
Slovenya	0,019	0,053	0,031	0,086
Slovakya	0,016	0,04	0,031	0,060

4.adım ayırım ölçümlerinin hesaplanmasıdır. Her bir ülkenin DESI sıralaması yapmak için pozitif ve negatif ideal çözümden sapmalarını hesaplamak için Euclidean mesafesi kullanılmıştır. Eşitlik (10) ve eşitlik (11)'deki hesaplamalar yapılarak Tablo 7'deki değerler elde edilmiştir.

TABLO 7 | Ayırım Ölçüleri

	Co	DPS	HC	IDT
S*	0,025	0,069	0,049	0,127
S-	0,013	0,016	0,021	0,033

Son adım ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasıdır. Eşitlik (12) kullanılarak her bir ülke için göreli yakınlık değeri hesaplanarak Tablo 8'de verilmiştir. Göreli yakınlık değeri en yüksek olan değer en iyi değerdir.

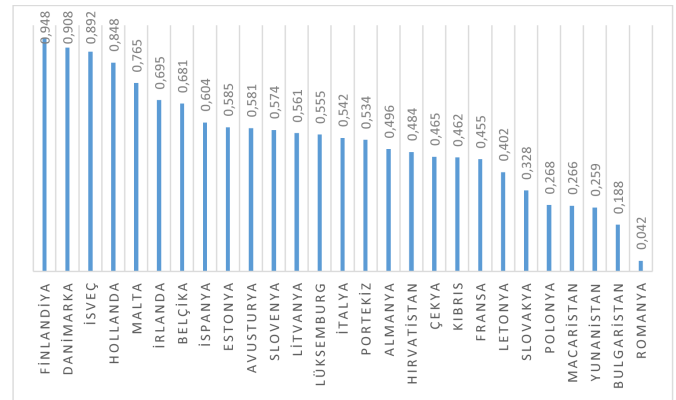
TABLO 8 | Ülkelerin Sıralaması

	Sj*	Si-	Ci*
Finlandiya	0,006	0,111	0,948
Danimarka	0,011	0,106	0,908
İsveç	0,012	0,103	0,892
Hollanda	0,017	0,096	0,848
Malta	0,027	0,088	0,765
İrlanda	0,035	0,080	0,695
Belçika	0,037	0,079	0,681

TABLO 8 (Devamı) | Ülkelerin Sıralaması

İspanya	0,047	0,071	0,604
Estonya	0,051	0,072	0,585
Avusturya	0,048	0,066	0,581
Slovenya	0,049	0,066	0,574
Litvanya	0,052	0,067	0,561
Lüksemburg	0,053	0,067	0,555
İtalya	0,053	0,063	0,542
Portekiz	0,053	0,061	0,534
Almanya	0,057	0,057	0,496
Hırvatistan	0,058	0,055	0,484
Çekya	0,061	0,053	0,465
Kıbrıs	0,061	0,052	0,462
Fransa	0,063	0,053	0,455
Letonya	0,075	0,051	0,402
Slovakya	0,076	0,037	0,328
Polonya	0,086	0,032	0,268
Macaristan	0,088	0,032	0,266
Yunanistan	0,084	0,029	0,259
Bulgaristan	0,102	0,024	0,188
Romanya	0,112	0,005	0,042

Tablo 8'deki ideal çözüme yakınlık değeri en büyük olan değer en iyi DESI değerini göstermektedir. Büyükten küçüğe göre sıralama yapılmış ve sıralama sonuçları Tablo 8 ve Şekil 1'de verilmiştir.

ŞEKİL 1 | DESI Sıralaması

Şekil 1'den de görüldüğü üzere DESI sıralamasındaki ilk üç ülke Finlandiya, Danimarka ve İsveç olurken sıralamadaki en son ülke ise Romanya olarak belirlenmiştir.

SONUÇ

Hızlı bir şekilde gelişen Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin sunduğu yenilikler, sosyal ve ekonomik kalkınmayı yönlendiren dinamik bir süreç oluşturmaktadır. Dijital teknolojiler, firmaların mevcut iş yapma biçimlerini ve iş modellerini yeniden şekillendirmektedir. Yeni dijital teknolojilerin benimsenmesi, yenilikçi faaliyetleri desteklerken, aynı zamanda gerekli beceri, yeterlilik ve bilgi gelişimini teşvik etmektedir. Dijital dönüşüm, firmaların rekabet gücünü önemli ölçüde artırmakta, yeni dağıtım kanalları oluşturmakta, değer yaratma ve sunma yöntemlerini geliştirmekte ve bu sayede iş modellerinin yenilikçiliğine önemli katkılarda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, AB ülkelerinin dijital dönüşüm performanslarının DESI'nın 4 ana boyutuna göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Birden fazla kriter ve alternatif olduğu için değerlendirme ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır. Analiz süreci, entropi tabanlı TOPSIS yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Kriter ağırlıkları entropi yöntemi ile

belirlenmiş ve ülkelerin sıralamaları TOPSIS yöntemi ile elde edilmiştir. Dijital teknolojinin entegrasyonu, değerlendirme kriterleri arasında en önemli boyut olarak belirlenmiştir. DESI performansı en yüksek olan AB ülkeleri Finlandiya, Danimarka ve İsveç'tir. En düşük performansa sahip olan ülkeler ise Yunanistan, Bulgaristan ve Romanya'dır. Elde edilen bu sonuç, AB ülkeleri arasında dijital dönüşüm açısından bir eşitsizlik olduğunu göstermektedir. Performans düzeyi düşük olan ülkelerde performansın yükseltilmesine yönelik hedeflerin belirlenmesi ve bu hedefler çerçevesinde dijital teknolojilerin entegrasyonuna yönelik alt yapıların geliştirilmesi, işletmelerin hükümetler tarafından desteklenmesi ve dijital dönüşüm farkındalığını artırmak için eğitim programlarına öncelik verilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, politika yapıcılar, ülkelerinin dijital dönüşüm süreçlerini geliştirmek ve dijital dönüşümü daha etkin bir şekilde yönetmek için bu bulguları dikkate alabilir

Bu çalışma, dijital dönüşümün DESI verileriyle ölçülmesi, Entropi tabanlı TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi ve Avrupa Birliği ülkelerinin dijitalleşme süreçlerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi açısından literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, DESI'yi kullanarak AB ülkeleri üzerine analiz yapan ve entropi tabanlı MABAC yöntemini kullanan Çınaroğlu (2022) ve ARAS yöntemini kullanan Koca (2021)'in sonuçlarıyla uyumlu olmasının yanı sıra DESI analizinde ÇKKV yöntemlerinin güvenli bir şekilde uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır. Gelecekteki çalışmalarda dijital dönüşüme ilişkin farklı bileşik endeksler ve farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak farklı ülkelerin dijital dönüşüm performansları karşılaştırmalı analizler ile incelenerek uygun politika ve öneriler geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Altıntaş, F. F. (2021). G20 Ülkelerinin Dijital Hazırlık Performanslarının Analizi: Entropi Tabanlı VİKOR Yöntemi İle Bir Uygulama. *Akademik Hassasiyetler*, 8(17), 401-427.
- [2] Anthopoulos, L. G., Siozos, P., & Tsoukalas, I. A. (2007). Applying participatory design and collaboration in digital public services for discovering and re-designing e-Government services. *Government Information Quarterly*, 24(2), 353-376.
- [3] Arce, M. E., Saavedra, Á., Míguez, J. L., & Granada, E. (2015). The use of grey-based methods in multi-criteria decision analysis for the evaluation of sustainable energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 924-932.
- [4] Arsić, S., & Gajić, M. (2021). Industry 4.0: Assessing the Level of Advanced Digital Technologies in the EU Countries Using Integrated Entropy-Topsis Methods. In *International Scientific Conference UNITECH* (Vol. 2, p. 133).
- [5] Bousdekis, A., & Kardaras, D. (2020). Digital transformation of local government: A case study from Greece. In *2020 IEEE 22nd Conference on Business Informatics (CBI)* (Vol. 1, pp. 131-140). IEEE.
- [6] Bruno, G., Diglio, A., Piccolo, C., & Picipelli, E. (2023). A reduced Composite Indicator for Digital Divide measurement at the regional level: An application to the Digital Economy and Society Index (DESI). *Technological Forecasting and Social Change*, 190, 122461.
- [7] Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., & Gwebu, K. L. (2011). A Critical Analysis of Current Indexes for Digital Divide Measurement. *The Information Society*, 27(1), 16-28.
- [8] Çınaroğlu, E. (2022). Entropi destekli MABAC yöntemi ile AB ülkeleri dijital dönüşüm performansı analizi. *Neşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, Dijitalleşme Özel Sayısı*, 18-34.
- [9] Desai, M., Fukuda-Parr, S., Johansson, C., & Sagasti, F. (2002). Measuring the technology achievement of nations and the capacity to participate in the network age. *Journal of Human Development*, 3(1), 95-122.
- [10] Doru, Ö. Ü. S., Yıldırım, B., & Yazar, A. (2023). Analysing the Relationship Between Postmodernism and Digital Age Governance with Entropy and Mabac Methods: The Case of the 2022 EU Digital Economy and Society Index (DESI) Report. *Ege Academic Review*, 23(1), 107-126.
- [11] Dutta, S., & Lanvin, B. (2019). The network readiness index 2019. Washington: Portulans Institute.
- [12] Ecer, F. (2020). Çok Kriterli Karar Verme Geçmişten Günümüze Kapsamlı Bir Yaklaşım, Seçkin Yayıncılık.
- [13] European Commission, EC, (2020), International Digital Economy and Society Index, Final Report.
- [14] European Commission, EC, (2021) Digital Economy and Society Index (DESI) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- [15] European Commission, EC, (2022a) Digital Economy and Society Index (DESI) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- [16] European Commission, EC, (2022b) Digital Economy and Society Index (DESI)-Methodological note, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022>
- [17] ITU (2003), Measuring the information society. Annual report of International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland https://www.itu.int/net/wsis/tunis/newsroom/stats/WorldTelecomDevelopmentReport-2003_E.pdf (2003)
- [18] ITU (2007a) Measuring the information society, Annual report of International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland.
- [19] ITU (2007b), Digital Opportunity Index 2007, International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland.
- [20] Kahin, B. Digitization and the Digital Economy. Available at SSRN 2782906 (2016).
- [21] Khan, S., Khan, S., & Aftab, M. (2015). Digitization and its impact on economy. *International Journal of Digital Library Services*, 5(2), 138-149.
- [22] Koca, G. (2021). AB Ülkelerinin Dijital Dönüşüm Performanslarının ARAS Yöntemi ile İncelenmesi. *Dijital Dönüşüm ve İşletmecilik, Efe Akademi Yayınları*, 7-24.
- [23] Malkowska, A., Urbaniec, M., & Kosała, M. (2021). The impact of digital transformation on European countries: Insights from a comparative analysis. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 16(2), 325-355.
- [24] ORBICOM, I. (2005). From the digital divide to digital opportunities: Measuring info states for development. Montreal: Claude-Yves Charron.
- [25] Osei, D. B. (2024). Digital infrastructure and innovation in Africa: Does human capital mediate the effect?. *Telematics and Informatics*, 89, 102111.
- [26] Saçak, R., Gür, Ş., & Eren, T. (2020). Türkiye'nin Dijital Dönüşüm Yol Haritasında Yer Alan Stratejilerin TOPSIS Yöntemi İle Sıralanması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 21(2), 335-346.
- [27] Satı, Z. E. (2024). Comparison of the criteria affecting the digital innovation performance of the European Union (EU) member and candidate countries with the entropy weight-TOPSIS method and investigation of its importance for SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123094.
- [28] Sezen, H.K., & Briukhanova, N. (2021). Human capital dimension of digitalization: A comparative study on Turkey and Russia. *Bursa Uludağ Journal of Economy and Society*, 40(1), 1-14.
- [29] Skare, M., de Obesso, M. D. L. M., & Ribeiro-Navarrete, S. (2023). Digital transformation and European small and medium enterprises (SMEs): A comparative study using digital economy and society index data. *International Journal of Information Management*, 68, 102594.
- [30] Stavitskiy, A., Kharlamova, G., & Stoica, E. A. (2019). The analysis of the digital economy and society index in the EU. *TalTech Journal of European Studies*, 9(3), 245-261.
- [31] Sun, G., Yin, D., Kong, T., & Yin, L. (2024). The impact of the integration of the digital economy and the real economy on the risk of stock price collapse. *Pacific-Basin Finance Journal*, 102373.
- [32] Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77-87.
- [33] Tuş, A., Öztaş, G. Z., Öztaş, T., Özçil, A., & Adalı, E. A. (2023). Türkiye'nin dijital dönüşüm endeksinin hesaplanması için alternatif bir yaklaşım: Bayesian BWM. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(8), 842-854.
- [34] UNCTAD (2006), The Digital Divide Report: ICT Diffusion Index United Nations New York and Geneva, https://unctad.org/system/files/official-document/iteip20065_en.pdf (2006)
- [35] Weerakkody, V., Omar, A., El-Haddadeh, R., & Al-Busaidy, M. (2016). Digitally-enabled service transformation in the public sector: The lure of institutional pressure and strategic response towards change. *Government Information Quarterly*, 33(4), 658-668.
- [36] Yuan, S., Musibau, H. O., Genç, S. Y., Shaheen, R., Ameen, A., & Tan, Z. (2021). Digitalization of economy is the key factor behind fourth industrial revolution: How G7 countries are overcoming with the financing issues?. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120533.
- [37] Zerhouni, M. N., & Özari, Ç. (2022). Assessment of international digital economy and society index using entropy based TOPSIS methods. *Int. J. Recent Res. Commerce Econ. Manag.*, 9(2), 70-77.
- [38] Zhao, H., Wang, Y., & Guo, S. (2023). A hybrid MCDM model combining Fuzzy-Delphi, AEW, BWM, and MARCOS for digital economy development comprehensive evaluation of 31 provincial level regions in China. *Plos one*, 18(4), e0283655.
- [39] Zheng, L. J., Zhang, J. Z., Lee, L. Y. S., Jasimuddin, S. M., & Kamal, M. M. (2024). Digital technology integration in business model innovation for carbon neutrality: An evolutionary process model for SMEs. *Journal of Environmental Management*, 359, 120978.

EXTENDED ABSTRACT

Today, the role of digital technologies in the production, distribution, and consumption of goods and services is undeniable. Innovations offered by rapidly developing Information and Communication Technologies constitute a dynamic process that directs social and economic development. Digital transformation is defined as a major change process that organizations undergo due to the emergence of new technologies and their social and economic consequences. Digital transformation consists of three basic, interconnected processes. The first stage involves coding, which enables the digitization of analog information and storage, processing, and transmitting information by computers. The second phase is the digitalization of human interactions

and business models through the use of digital technologies. The final stage refers to the comprehensive organizational changes that occur in the digital transformation of organizations based on the implementation of new digital technologies.

The adoption of new digital technologies supports innovative activities while also encouraging the development of necessary skills, competencies, and knowledge. Digital transformation enables the widespread application of digital technologies such as big data, cloud computing, artificial intelligence, and blockchain in real economy sectors. Not only is it associated with the Internet, mobile communications, and ICT, but it also changes business interaction, reduces the chain of intermediaries, accelerates the progress of various transactions (loans, leases, sales, taxes, reconciliations, etc.), and facilitates access to the market. Digital transformation significantly increases the competitiveness of companies, creates new distribution channels, improves value creation and delivery methods, and thus makes significant contributions to the innovation of business models.

The ability of countries to effectively evaluate the opportunities and potential threats offered by digital transformation enables them to gain a competitive advantage. For this purpose, analyses and evaluations made by various national and international organizations are important tool to measure and compare the progress of countries in the digital transformation process. One of these tools is the Digital Economy and Society Index (DESI), a measure used by the European Commission to evaluate the performance of European Union member states in the field of digital economy and society. DESI has four main dimensions: human capital, connectivity, integration of digital technology and digital transformation of public services. The human capital dimension aims to measure the skills required to benefit from the opportunities offered by digital. Connectivity size measures the distribution and quality of broadband infrastructure. The integration of digital technology dimension measures the level of digitalization of businesses and e-commerce, specifically assessing how businesses adopt digital technologies. The digital transformation dimension of public services relates to the comprehensive redesign and restructuring of government services in line with changing user needs. DESI is an index developed by the European Commission in 2014 and a new report is published every year within the framework of this index. DESI is a composite index that summarises relevant indicators of Europe's digital performance and tracks the development of EU Member States in four main dimensions. DESI analyzes and compares countries' digital transformation using various indicators and helps policymakers make strategic decisions. DESI is designed to identify priority investment areas for the creation of a digital market in the European Union and to help EU countries develop a digital economy. DESI enables the analysis of country development according to the performance of the transition to the digital economy, the justification of priority areas and enables the clustering of states according to indicators. This study aims to evaluate the digital transformation performance of EU countries according to the 4 main dimensions of DESI. Since there are multiple criteria and alternatives, the evaluation is considered as a Multi Criteria Decision Making (MCDM) problem. MCDM analysis is one of the most accurate decision making methods. MCDM methods are used to provide a framework that can help structure decision-making problems and generate preferences from alternatives. MCDM includes different methods that differ from each other in different aspects. The main differences between these methods concern the level of complexity of the algorithms, the weighting methods for the criteria, the way of representing the preference evaluation criteria, the possibility of uncertain data and finally the type of data collection. In this context, in this study, the digital transformation of each EU country according to DESI dimensions was evaluated using the entropy-based TOPSIS method, which is one of the MCDM methods, the criteria importance weights were determined with the entropy method and the countries were ranked with the TOPSIS method.

As a result of the study, it was found that the integration of digital technology is the most important element among the four basic DESI dimensions. The EU countries with the highest DESI performance are Finland, Denmark and Sweden, while the countries with the lowest performance are Greece, Bulgaria and Romania. This performance

shows that there is an inequality among EU countries in terms of digital transformation. In countries with low performance levels, targets should be determined to increase performance and infrastructures for the integration of digital technologies should be developed within the framework of these targets, businesses should be supported by governments and training programs should be prioritized to increase digital transformation awareness.

The results obtained in the study are consistent with the results of Çınaroğlu (2022) used the entropy-based MABAC method and Koca (2021) who used the ARAS method, who analyzed EU countries using DESI and and also reveal the safe applicability of MCDM methods in DESI analysis. In future studies, appropriate policies and recommendations can be developed by examining the digital transformation performances of different countries through comparative analyses using different composite indices and different MCDM methods regarding digital transformation.