

3. BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE SİBER GÜVENLİK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ: BALKAN ÜLKELERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Hande EREN¹

1. GİRİŞ

Küreselleşme ve dijitalleşme süreçlerinin hız kazanmasıyla birlikte toplumlar bilgi temelli bir yapıya dönüşmüş; bilgi üretimi, paylaşımı ve yönetimi ekonomik ve sosyal sistemlerin temel unsurlarından biri haline gelmiştir. Günümüzde bilgi yalnızca bir üretim faktörü değil, aynı zamanda rekabet gücünü belirleyen stratejik bir varlık olarak değerlendirilmektedir. Bu çerçevede bilginin etkin biçimde üretilmesi, işlenmesi, depolanması ve korunması, kamu ve özel sektör politikalarının merkezinde yer almaktadır.

Bilginin dijital ortamlarda yoğun biçimde dolaşıma girmesi ise güvenlik boyutunu ön plana çıkarmıştır. Bu bağlamda siber güvenlik, dijital ortamlarda yer alan bilgi varlıklarının yetkisiz erişim, değiştirme, yok etme veya kötüye kullanma girişimlerine karşı korunmasını amaçlayan çok boyutlu bir güvenlik yaklaşımıdır (Aldemir ve Kaya, 2020). Siber güvenlik yalnızca teknik önlemler bütünü olmayıp; bireyleri, kurumları ve devletleri kapsayan stratejik bir risk yönetimi alanıdır.

Bilgisayar sistemleri, ağ altyapıları ve yazılımlar günümüzde siber saldırıların temel hedeflerini oluşturmaktadır. Bu saldırılar genellikle hassas verilere erişim sağlama, mevcut bilgileri manipüle etme veya yok etme, fidye yazılımları aracılığıyla maddi kazanç elde etme ya da kurumsal faaliyetleri sekteye uğratma amacı taşımaktadır (Erondur ve Erondur, 2023). Özellikle

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kapadokya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Teknolojileri Fakültesi, Bilgi Güvenliği Teknolojisi Bölümü, ORCID: 0000-0002-9166-5037

finansal ve finansal olmayan kurumsal verilerin bulut sistemlerinde ve ağ ortamlarında depolanmasının yaygınlaşması, siber risklerin ölçeğini genişletmiştir.

Veri ihlallerindeki artış, işletmeleri siber risk yönetimi, iç kontrol mekanizmaları ve güvenlik raporlaması alanlarında daha fazla yatırım yapmaya yönlendirmektedir. Güvenlik ihlallerinin şirketler üzerinde ciddi ekonomik sonuçlar doğurduğu; gelir kaybı, müşteri kaybı ve itibar zedelenmesi gibi etkiler yarattığı belirtilmektedir. Yapılan araştırmalara göre, siber güvenlik ihlali yaşayan firmaların önemli bir kısmı ciddi finansal kayıplarla karşılaşmakta ve toplam maliyetler milyonlarca dolar seviyesine ulaşabilmektedir (Rosati vd., 2020). Bu durum, güvenli dijital altyapıların ekonomik sürdürülebilirlik açısından kritik bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır.

Balkan ülkeleri, jeopolitik konumları, Avrupa Birliği ile entegrasyon süreçleri ve gelişmekte olan dijital altyapıları nedeniyle siber güvenlik açısından dikkat çekici bir bölgeyi oluşturmaktadır. Bölge ülkeleri arasında dijitalleşme düzeyi, kurumsal kapasite ve teknolojiye uyum bakımından farklılıklar bulunmakta; bu durum siber güvenlik performanslarının karşılaştırmalı olarak incelenmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle yenilik temelli kalkınma politikalarının etkin biçimde uygulanabilmesi için güvenli ve sürdürülebilir dijital ekosistemlerin oluşturulması ön koşul niteliğindedir. Bu bağlamda siber güvenlik performansı; teknik altyapının yanı sıra yasal düzenlemeler, organizasyonel yapı, kapasite gelişimi ve uluslararası iş birliği gibi çok boyutlu bileşenleri içeren stratejik bir gösterge olarak değerlendirilmektedir.

Bu tür çok boyutlu performans değerlendirmelerinde, birden fazla kriterin eş zamanlı olarak analiz edilmesini sağlayan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri önemli bir rol oynamaktadır (Mandic vd., 2015). Günümüzde performans ölçümü, sürdürülebilirlik analizi, risk değerlendirmesi ve stratejik planlama gibi alanlarda nicel karar yöntemleri yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu yöntemler, kriterlerin sistematik olarak ağırlıklandırılmasına ve alternatiflerin nesnel biçimde sıralanmasına imkân tanıyarak karar vericilere analitik bir çerçeve sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Balkan ülkelerinin siber güvenlik performanslarını ÇKKV yöntemlerinden Entropi ve ARAS (Additive Ratio

Assessment) yaklaşımları aracılığıyla değerlendirmektir. Entropi yöntemi, kriter ağırlıklarını nesnel olarak belirleyen ve veri dağılımındaki farklılaşmayı esas alan bilgi temelli bir ağırlıklandırma tekniğidir (Chodha vd., 2022). ARAS yöntemi ise alternatiflerin performanslarını ideal alternatife göre oransal benzerlik temelinde değerlendirmekte ve göreceli fayda derecelerini ortaya koymaktadır (Zavadskas vd., 2010). Bu bütünlük yaklaşım, siber güvenlik performansının çok boyutlu yapısını analitik bir çerçevede değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

Literatür incelendiğinde, Balkan ülkelerinin siber güvenlik performansının Entropi ve ARAS yöntemleri birlikte kullanılarak analiz edildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle araştırmanın, hem yöntemsel hem de bölgesel düzeyde literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde konu ile ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak ülkelerin siber güvenlik performansı açısından değerlendirildiği bazı çalışmalara yer verilmiştir. Ardından Entropi ve ARAS yöntemleri ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir.

Tablo 1. Literatür Taraması

Ülkelerin Siber Güvenlik Performanslarının Belirlenmesi ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar	
Yazar(lar)	Uygulama Alanı
Altıntaş (2022)	Bu çalışmada, G7 ülkelerinin siber güvenlik performansları 2020 yılı Küresel Siber Güvenlik Endeksi (GCSI) bileşenleri temel alınarak analiz edilmiştir. Performans değerlendirmesinde Entropi tabanlı MABAC yöntemi kullanılmış ve GCSI göstergelerinin söz konusu yöntemle açıklanabilirliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ülkeler siber güvenlik performansı açısından sırasıyla ABD, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, Kanada, Japonya ve İtalya şeklinde sıralanmıştır. Bu çalışmada G10 ülkeleri ve BRICS ülkelerinin siber güvenlik performanslarını ele alarak karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında siber güvenlik performansları MEREC tabanlı TODIM çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmiştir. BRICS ülkeleri Rusya; Çin, Brezilya, Hindistan, Güney Afrika, G10
Bedirhanoglu vd. (2025)	

	ülkeleri ise ABD, Fransa, Almanya, Belçika, İtalya, Hollanda, İngiltere, Japonya, Kanada, İsveç ve sonradan G10 ülkelerine üye olan İsviçre'dir. Çalışmanın bulgularına göre, G10 ülkelerinin siber güvenlik performanslarına göre; ABD, Kanada, Japonya, Almanya, Birleşik Krallık, Hollanda, İsveç, Fransa, İtalya, Belçika ve İsviçre olarak sıralanmaktadır. BRICS ülkelerinin ise Brezilya, Çin, Hindistan, Rusya ve Güney Afrika olarak sıralandığı görülmüştür. Araştırmada ABD, Kanada ve Brezilya'nın siber güvenlik performansları diğer ülkelere göre daha yüksek değerler olduğundan farklılık yaratmıştır. Bu bağlamda, ülkelerin siber güvenlik konusunda daha uyumlu iş birliği sürdürebilmeleri için siber güvenlik performanslarını artırmaları gerektiği kanısına varılmıştır. Bu araştırmada BRICS ülkelerinin siber güvenlik performansları, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği tarafından yayımlanan Küresel Siber Güvenlik Endeksi verileri temel alınarak değerlendirilmiştir. Analiz sürecinde kriter ağırlıklandırma için LOPCOW yöntemi, alternatiflerin sıralanması için ise MARCOS yöntemi kullanılmıştır. Bulgular, performans değerlendirmesinde en belirleyici unsurun "iş birliği ölçümleri" olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca Birleşik Arap Emirlikleri, Endonezya ve Mısır'ın en yüksek performans değerlerine sahip ülkeler arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Çalışmada Avrupa Birliği'ne aday ülkelerin siber güvenlik performansları pandemi öncesi ve sonrası olmak üzere iki dönem kapsamında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Değerlendirme sürecinde Ulusal Siber Güvenlik Endeksi'nde yer alan on iki performans göstergesi Centroidous yöntemiyle nesnel olarak ağırlıklandırılmış, ardından RAPS yöntemi kullanılarak ülkelerin sıralaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma, siber güvenlik performansının nicel ve objektif göstergeler aracılığıyla ölçülmesine yönelik alternatif bir metodolojik yaklaşım sunarak politika yapıcılara analitik bir karar destek çerçevesi sağlamaktadır.
Öztaş vd. (2025)	
Öztaş (2026)	
Entropi ve ARAS Yöntemleri ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar	

Yazar(lar)	Uygulama Alanı
Sanjaya ve Mahendra (2021)	Çalışma kapsamında Endonezya’da e-ticaret platformu seçimi için ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmıştır. Analiz sürecinde 8 değerlendirme kriteri ve 6 alternatif dikkate alınmıştır. Kriterler SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi ile ağırlıklandırılmış olup alternatiflerin sıralanmasında ise ARAS yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre Lazada (X4) 0,9193 değeriyle Endonezya’da en çok tercih edilen e-ticaret platformu olarak belirlenmiş, bunu sırasıyla Tokopedia (0,9155) ve Shopee (0,9045) izlemiştir. JD.ID ise 0,8753 değeriyle son sırada yer almıştır. Araştırmada, Endonezya’da pazar eğilimlerini belirlemek amacıyla en popüler mobil oyunlar oyun kriterlerine göre değerlendirilmiştir. İncelenen oyunlar arasında Garena Free Fire, Mobile Legends: Bang Bang, PUBG Mobile, Higgs Domino Island, Ragnarok X: Next Generation, Rise of Kingdoms: Lost Crusade, Roblox, State of Survival, Genshin Impact, Coin Master, Minecraft, Clash Royale, Clash of Clans, Ragnarok M: Eternal Love ve State of Survival: The Walking Dead Collaboration yer almaktadır. Bu kapsamda çalışmada ARAS yöntemi kullanılmıştır. ARAS yöntemi ile elde edilen sonuçlar duyarlılık testi ile desteklenmiştir. Duyarlılık analizi, değerlendirme kriterleri arasında en belirleyici unsurun “şiddet içermeme” kriteri olduğunu ortaya koymuştur.
Meidelfi (2022)	Bu çalışmada, dizüstü bilgisayar seçim sürecinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodolojisini geliştirmek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Entropi yöntemine dayalı nesnel ağırlıklandırmayı birleştiren bütünlük bir yaklaşım önerilmektedir. Araştırma kapsamında söz konusu yöntem, COVID-19 koşullarında bireysel kullanıcıların ve küçük ölçekli eğitim kurumlarının ihtiyaçlarını yansıtan bir simülasyon senaryosu üzerinden uygulanmıştır. Analiz süreci, dört büyük kişisel bilgisayar üreticisine ait 12 alternatif ve 11 değerlendirme kriterinden oluşan gerçek bir veri kümesine dayanmaktadır.
Petrov (2022)	Bu çalışmanın temel amacı, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinde mevcut karayolu

	taşımacılığı sistemlerinin sürdürülebilir gelişimini değerlendirmek ve karşılaştırmaktır. Çalışmada karayolu taşımacılığı sistemlerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmek amacıyla Entropi ve CoCoSo yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda sürdürülebilirlik performansı en yüksek üç ülke Japonya, Almanya ve Fransa olarak tespit edilmiştir.
Arshad vd. (2024)	Bu çalışmanın amacı, optimal depo yerlerinin potansiyelini değerlendirmek için Entropi ve ARAS yöntemlerini uygulamak ve böylece karar vericilere şirketin operasyonel ve stratejik ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun depo yerini seçme konusunda açık ve yapılandırılmış bir rehberlik sağlamaktır. Bu kapsamda en iyi depo yerini belirlemek için Entropi ve ARAS yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda AB Konumu 0,9781 değeriyle birinci, DD Konumu 0,8362 değeriyle ikinci ve IP Konumu 0,8143 değeriyle üçüncü sırada yer almıştır.
Masca ve Genç (2024)	Bu çalışma, Entropi tabanlı COPRAS Yöntemi ile 2018, 2019 ve 2020 yılları için Avrupa Birliği ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma performansını incelemeyi amaçlamaktadır. Kriter ağırlıklarının Entropi yöntemiyle hesaplandığı çalışmada ülkelerin performansları COPRAS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Entropi yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre en önemli kriter, <i>Net Sera Gazı Emisyonları</i> olarak tespit edilmiştir. İsveç, incelenen tüm yıllarda COPRAS Yöntemi'ne göre en iyi sürdürülebilir kalkınma performansına sahip ülke konumundadır. ARAS yönteminden elde edilen sonuçlara göre Hırvatistan 2018 ve 2019 yıllarında en düşük performansa sahip ülke olurken, 2020 yılında en düşük performans gösteren ülke Malta olarak tespit edilmiştir.

3. METODOLOJİ

Bu bölümde, Entropi ve ARAS yöntemlerinin teorik yapısı açıklandıktan sonra Balkan ülkeleri üzerine gerçekleştirilen örnek uygulama sunulmaktadır.

3.1. Entropi Yöntemi

Entropi kavramı, ilk kez 1865 yılında Rudolph Clausius (1865) tarafından bir sistemdeki belirsizlik ve düzenliğin bir ölçütü olarak tanımlanmıştır (Zhang vd., 2011). 1948 yılında ise Shannon tarafından mevcut verinin içerdiği faydalı bilgi miktarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir (Wu vd., 2011). Entropi değerinin yüksek olması, ilgili kriterin karar verme sürecinde daha ayırt edici ve belirleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir. Yöntemin temel üstünlüğü ise kriter ağırlıklarının öznel yargılara dayandırmadan, doğrudan veri dağılımına bağlı olarak nesnel biçimde belirleyebilmesidir (Chen vd., 2015). Entropi yöntemi temel olarak aşağıdaki adımlardan meydana gelmektedir (Wang ve Lee, 2009):

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi $X = [x_{ij}]_{m \times n}$ Eşitlik (1)'de gösterildiği gibi oluşturulmaktadır.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{21} & \cdots & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

x_{ij} , i . alternatifin, j . kriterdeki değerini ifade etmektedir.

Adım 2: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Karar matrisinin normalize edilmiş değerleri Eşitlik (2) yardımı ile hesaplanmaktadır.

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

Eşitlik (2)'de yer alan R_{ij} değerleri, j . kritere göre i . alternatifin aldığı normalize değerleri ifade etmektedir.

Adım 3: Kriterlere İlişkin Entropi Değerlerinin Hesaplanması

Yöntemin üçüncü adımında her bir kritere ait Entropi değerleri Eşitlik (3)'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m R_{ij} \ln(R_{ij}), j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Buradaki k değeri $k = \frac{1}{\ln(m)}$ olarak tanımlanan sabit bir katsayıdır ve $0 \leq e_j \leq 1$ olacak şekilde değer almaktadır. e_j değeri Entropi değeri olarak ifade edilmektedir.

Adım 4: Farklılaşma Derecelerinin Hesaplanması

Bu adımda, önceki adımda hesaplanan Entropi değerleri kullanılarak, her bir kriter için farklılaşma derecelerini temsil eden d_j değerleri, Eşitlik (4) ile hesaplanmaktadır.

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

Adım 5: Kriter Ağırlıklarının Elde Edilmesi

Entropi yönteminde kriterlerin ağırlık değerleri Eşitlik (5)'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

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

3.2. ARAS Yöntemi

Turskis ve Zavadskas tarafından 2010 yılında ileri sürülen ARAS yöntemi ÇKKV problemlerinin çözümünde etkili ve kolay uygulanabilir bir yaklaşım olarak bilinmektedir.

ARAS yöntemi, alternatiflerin sıralanması için optimallik derecesi kavramını kullanmaktadır (Dahooie, 2018). Yöntemde başlangıç karar matrisine optimal alternatifte ait fayda fonksiyon değeri eklenir ve eklenen bu değer ile alternatif fayda fonksiyon değerleri karşılaştırılır (Sliogeriene vd., 2013). Bu da yöntemin klasik ÇKKV yöntemlerinden farkını ortaya koymaktadır.

ARAS yöntemi 4 adımdan meydana gelmektedir (Zavadskas ve Turskis, 2010):

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisinde araştırmacı tarafından eklenen ve her bir kritere ait optimal değerler içeren ayrı bir satır yer almaktadır.

Kriterin maksimum ya minimum özellik göstermesine bağlı olarak optimal değer, eşitlik (6) ve Eşitlik (7) yardımı ile hesaplanır.

Maximizasyon durumu:

$$x_{0j} = \max_i x_{ij} \quad (6)$$

Minimizasyon durumu:

$$x_{0j} = \min_i x_{ij} \quad (7)$$

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

ARAS yönteminde $\bar{X}$ normalize karar matrisi $\bar{x}_{ij}$ değerlerinden meydana gelmektedir. $\bar{x}_{ij}$ değerleri kriterin maksimum veya minimum özelliği göstermesine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Kriter değerlerinin maksimum olması daha iyi kabul ediliyorsa, normalize değerler Eşitlik (8) yardımı ile hesaplanır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (8)$$

Kriter performans değerlerinin minimum olması daha iyi kabul ediliyorsa, normalizasyon işlemi Eşitlik (9) ve Eşitlik (10) ile hesaplanır.

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}}; \quad (9)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*} \quad (10)$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize karar matrisi elde edildikten sonra hesaplanan w_j ağırlıkları yardımıyla $\hat{X}$ ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi hesaplanmış olur. Kriterlere ait ağırlık değerleri $0 < w_j < 1$ şartını sağlamaktadır ve ağırlıklar toplamı Eşitlik (11)'de ifade edildiği gibidir.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (11)$$

$\hat{x}_{ij}$ ağırlıklandırılmış normalize değerleri Eşitlik (12) ile elde edilmektedir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_{ij} \quad (12)$$

Adım 4: Optimal Değerlerin Hesaplanması

Son olarak Eşitlik (13) ile her bir alternatif için optimal değerler hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (13)$$

S_i - i. alternatifin optimal fonksiyon değeri

K_i fayda dereceleri Eşitlik (14) ile hesaplanır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (14)$$

[0,1] aralığında değer alan K_i oranları ile alternatiflerin fayda fonksiyonu değerleri hesaplanabilmektedir. Yöntemin son aşmasında ise hesaplanan değerler sıralanarak alternatifler değerlendirilir.

4. BULGULAR

Çalışmada, Balkan ülkeleri, ÇKKV yöntemlerinden Entropi ve ARAS yöntemi kullanılarak siber güvenlik performansları açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan kriterler ve kriterlere ait değerler, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union - ITU) tarafından geliştirilen ve 2024 yılında yayınlanan Küresel Siber Güvenlik Endeksi (Global Cyber Security Index – GCSI)’nden elde edilmiştir (International Telecommunication Union [ITU], 2024). Tüm kriterler fayda yönlü olarak belirlenmiş ve *yasal ölçümler*, *teknik ölçümler*, *organizasyonel ölçümler*, *kapasite gelişimi ölçümleri* ve *işbirliği ölçümler* olmak üzere toplam 5 kriter ilk olarak Entropi yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Balkan ülkeleri ise ARAS yöntemi kullanılarak siber güvenlik performansları açısından sıralanmış ve değerlendirilmiştir. Bu bölümde ilk olarak, Entropi yöntemi, akabinde ise ARAS yönteminin uygulama adımlarına yer verilecektir.

4.1. Entropi Yönteminin Uygulanması

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Küresel Siber Güvenlik Endeksi Raporu'ndan elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan, 5 kriter ve 11 alternatiften meydana gelen karar matrisi Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Karar Matrisi

	Yasal Ölçümler	Teknik Ölçümler	Organizasyonel Ölçümler	Kapasite Gelişimi Ölçümleri	İş birliği Ölçümleri
Arnavutluk	20	18.38	19.47	12.08	16.58
Bosna- Hersek	12.08	2.72	5.95	4.41	8.6
Bulgaristan	20	14.49	17.24	11.7	11.13
Hırvatistan	20	17.39	19.34	16.74	14.28
Karadağ	18.94	15.3	17.61	5.28	17.7
Kuzey Makedonya	19.21	8.89	19.47	9.04	9.28
Romanya	20	14.89	17.3	19.43	20
Sırbistan	20	18.38	19.22	19.22	20
Slovenya	20	19.22	18.16	19.1	20
Türkiye	20	20	20	20	20
Yunanistan	20	20	19.22	17.89	20

Adım 2: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Karar matrisi Eşitlik (2) kullanılarak normalize edilmiştir. Normalize edilmiş karar matrisi ise Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	Yasal Ölçümler	Teknik Ölçümler	Organizasyonel Ölçümler	Kapasite Gelişimi Ölçümleri	İş birliği Ölçümleri
Arnavutluk	0.0951	0.1083	0.1009	0.0780	0.0934
Bosna- Hersek	0.0575	0.0160	0.0308	0.0285	0.0484
Bulgaristan	0.0951	0.0854	0.0893	0.0755	0.0627
Hırvatistan	0.0951	0.1025	0.1002	0.1081	0.0804
Karadağ	0.0901	0.0902	0.0913	0.0341	0.0997

Kuzey					
Makedonya	0.0914	0.0524	0.1009	0.0584	0.0523
Romanya	0.0951	0.0878	0.0896	0.1254	0.1126
Sırbistan	0.0951	0.1083	0.0996	0.1241	0.1126
Slovenya	0.0951	0.1133	0.0941	0.1233	0.1126
Türkiye	0.0951	0.1179	0.1036	0.1291	0.1126
Yunanistan	0.0951	0.1179	0.0996	0.1155	0.1126

Adım 3: Kriterlere İlişkin Entropi Değerlerinin Hesaplanması

Yöntemin üçüncü adımında her bir kritere ait Entropi değerleri Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır. Buradaki k değeri ise karar alternatifi sayısının logaritması alınarak hesaplanmaktadır. $k = \frac{1}{\ln(11)}$ formülüyle hesaplanan k değeri 0.4170 olarak ortaya çıkmıştır.

Elde edilen Entropi değerleri Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Entropi Değerlerinin Elde Edilmesi

	Yasal Ölçümler	Teknik Ölçümler	Organizasyonel Ölçümler	Kapasite Gelişimi Ölçümleri	İş birliği Ölçümleri
Arnavutluk	-0.2238	-0.2408	-0.2314	-0.1990	-0.2214
Bosna- Hersek	-0.1641	-0.0663	-0.1073	-0.1013	-0.1466
Bulgaristan	-0.2238	-0.2101	-0.2158	-0.1951	-0.1736
Hırvatistan	-0.2238	-0.2335	-0.2305	-0.2405	-0.2027
Karadağ	-0.2168	-0.2170	-0.2185	-0.1152	-0.2298
Kuzey Makedonya	-0.2186	-0.1545	-0.2314	-0.1658	-0.1542
Romanya	-0.2238	-0.2135	-0.2162	-0.2604	-0.2459
Sırbistan	-0.2238	-0.2408	-0.2297	-0.2589	-0.2459
Slovenya	-0.2238	-0.2467	-0.2224	-0.2581	-0.2459
Türkiye	-0.2238	-0.2520	-0.2349	-0.2643	-0.2459
Yunanistan	-0.2238	-0.2520	-0.2297	-0.2493	-0.2459
e_j	0.9967	0.9705	0.9875	0.9625	0.9834

Adım 4: Farklılaşma Derecelerinin Hesaplanması

Her bir kriter için farklılaşma derecelerini temsil eden d_j değerleri, Eşitlik (4) ile hesaplanmıştır.

Adım 5: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Entropi yönteminin son adımında kriter ağırlıkları Eşitlik (5) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan d_j ve w_j değerleri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Farklılaşma Derecelerinin ve Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

	Yasal Ölçümler	Teknik Ölçümler	Organizasyonel Ölçümler	Kapasite Gelişimi Ölçümleri	İş birliği Ölçümleri
d_j	0.0033	0.0295	0.0125	0.0375	0.0166
w_j	0.0330	0.2966	0.1259	0.3776	0.1669

Entropi yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre en yüksek önem derecesine sahip kriter *kapasite gelişimi ölçümleri* olurken, bu kriteri sırasıyla *yasal ölçümler*, *teknik ölçümler* ve *iş birliği ölçümleri* kriterleri takip etmiştir.

4.2. ARAS Yönteminin Uygulanması

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Çalışma kapsamında karar matrisi Tablo 2'de sunulmuş olduğundan, tekrarına yer vermemek amacıyla bu bölümde ayrıca gösterilmemiştir.

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Tüm kriterler fayda yönlü olduğundan Eşitlik (8) kullanılarak karar matrisinin normalize işlemi gerçekleştirilmiştir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 6'da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. Normalize Karar Matrisi

	Yasal Ölçümler	Teknik Ölçümler	Organizasyonel Ölçümler	Kapasite Gelişimi Ölçümleri	İşbirliği Ölçümleri
Optimal Değer	0.0869	0.1055	0.0939	0.1144	0.1012
Arnavutluk	0.0869	0.0969	0.0914	0.0691	0.0839

Bosna- Hersek	0.0525	0.0143	0.0279	0.0252	0.0435
Bulgaristan	0.0869	0.0764	0.0809	0.0669	0.0563
Hırvatistan	0.0869	0.0917	0.0908	0.0957	0.0723
Karadağ	0.0823	0.0807	0.0827	0.0302	0.0896
Kuzey Makedonya	0.0834	0.0469	0.0914	0.0517	0.0470
Romanya	0.0869	0.0785	0.0812	0.1111	0.1012
Sırbistan	0.0869	0.0969	0.0902	0.1099	0.1012
Slovenya	0.0869	0.1013	0.0853	0.1092	0.1012
Türkiye	0.0869	0.1055	0.0939	0.1144	0.1012
Yunanistan	0.0869	0.1055	0.0902	0.1023	0.1012

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Eşitlik (12) ile her bir alternatife ait kriter değeri Entropi yöntemi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılmıştır. Hesaplanan ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Tablo 7’de gösterildiği gibidir.

Tablo 7. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	Yasal Ölçümler	Teknik Ölçümler	Organizasyonel Ölçümler	Kapasite Gelişimi Ölçümleri	İşbirliği Ölçümleri
Optimal Değer	0.0029	0.0313	0.0118	0.0432	0.0169
Arnavutluk	0.0029	0.0287	0.0115	0.0261	0.0140
Bosna- Hersek	0.0017	0.0043	0.0035	0.0095	0.0073
Bulgaristan	0.0029	0.0227	0.0102	0.0253	0.0094
Hırvatistan	0.0029	0.0272	0.0114	0.0361	0.0121
Karadağ	0.0027	0.0239	0.0104	0.0114	0.0149
Kuzey Makedonya	0.0028	0.0139	0.0115	0.0195	0.0078
Romanya	0.0029	0.0233	0.0102	0.0420	0.0169
Sırbistan	0.0029	0.0287	0.0114	0.0415	0.0169
Slovenya	0.0029	0.0301	0.0107	0.0412	0.0169
Türkiye	0.0029	0.0313	0.0118	0.0432	0.0169
Yunanistan	0.0029	0.0313	0.0114	0.0386	0.0169

Adım 4: Optimallik Fonksiyon Değerinin Hesaplanması

Aras yönteminin 4. adımında optimallik fonksiyon değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda Eşitlik (13) kullanılarak S_i , Eşitlik (14) ile de K_i değerleri elde edilmiştir. ARAS yönteminin son aşamasında K_i fonksiyonundan elde edilen değerler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Optimallik fonksiyon değerleri ve alternatiflere ait sıralamalar Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Optimallik Fonksiyon Değerleri ve Alternatiflerin Sıralanması

	S_i	K_i	Sıralama
Optimal Değer	0.1060		
Arnavutluk	0.0832	0.7846	7
Bosna-Hersek	0.0263	0.2479	11
Bulgaristan	0.0704	0.6637	8
Hırvatistan	0.0897	0.8459	6
Karadağ	0.0634	0.5979	9
Kuzey Makedonya	0.0555	0.5236	10
Romanya	0.0952	0.8980	5
Sırbistan	0.1014	0.9559	3
Slovenya	0.1018	0.9599	2
Türkiye	0.1060	1.0000	1

ARAS yönteminden elde edilen sonuçlara göre, siber güvenlik performansı açısından en iyi ülke Türkiye olarak belirlenirken, Bosna-Hersek ise son sırada yer almıştır.

TARTIŞMA

Bu çalışmada Balkan ülkelerinin siber güvenlik performansları Entropi ve ARAS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve ülkeler arasında belirgin performans farklılıkları olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, literatürde yer alan diğer ÇKKV temelli çalışmalarla hem yönetsel hem de sonuçlar açısından karşılaştırıldığında önemli benzerlikler ve farklılıklar ortaya koymaktadır.

Altıntaş (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, G7 ülkelerinin siber güvenlik performansları Entropi tabanlı MABAC yöntemiyle değerlendirilmiş ve ABD'nin üst sıralarda yer aldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Bedirhanoglu vd. (2025) çalışmasında G10 ülkeleri arasında ABD ve Kanada'nın yüksek performans gösterdiği görülmüştür. Bu bulgular, gelişmiş ekonomilere sahip ülkelerin siber güvenlik altyapısı, teknik kapasite ve kurumsal olgunluk açısından daha ileri düzeyde olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmada ise Balkan ülkeleri özelinde Türkiye'nin ilk sırada yer alması, bölgesel ölçekte görece kapasite üstünlüğüne işaret etmektedir. Bu durum, siber güvenlik performansının küresel düzeyde gelişmiş ülkeler lehine yoğunlaşmakla birlikte, bölgesel analizlerde ülkeler arası farklılaşmaların daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.

Öztaş vd. (2025) çalışmasında BRICS ülkelerinin performans analizinde en önemli kriterin “iş birliği ölçümleri” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşılık mevcut çalışmada Entropi yöntemi ile en yüksek ağırlığa sahip kriterin *kapasite gelişimi ölçümleri* olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık, kullanılan ülke grubu ve veri dağılımındaki varyasyondan kaynaklanabilir. Entropi yöntemi, kriter ağırlıklarını veri dağılımındaki farklılaşma derecesine göre belirlediğinden, Balkan ülkeleri arasında kapasite gelişimi göstergelerinin daha ayırtıcı bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bölgesel bağlam, hangi kriterin daha belirleyici olduğunu etkileyebilmektedir.

Öztaş (2026) tarafından Avrupa Birliği'ne aday ülkeler üzerinde gerçekleştirilen çalışmada da siber güvenlik performansının dönemsel olarak değişebildiği ve nesnel ağırlıklandırma tekniklerinin politika analizlerinde güçlü sonuçlar üretebildiği ortaya konmuştur. Bu durum, mevcut çalışmanın metodolojik yaklaşımını destekler niteliktedir. Entropi yöntemiyle kriter ağırlıklarının nesnel olarak belirlenmesi ve ARAS yöntemiyle ülkelerin ideal alternatife göre oransal benzerliklerinin hesaplanması, performans değerlendirmesine sistematik bir yapı kazandırmıştır.

Literatürdeki çalışmalar genel olarak farklı ÇKKV yöntemlerinin siber güvenlik performans analizlerinde etkin biçimde kullanılabildiğini göstermektedir. Bu çalışmada ise Entropi ve ARAS yöntemlerinin birlikte kullanılması hem kriter ağırlıklandırma hem de alternatif sıralama sürecinde bütünsel bir yaklaşım sunmuştur.

Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, siber güvenlik performansının çok boyutlu yapısı nedeniyle ülkeler arası farklılıkların yalnızca teknik altyapıdan değil; kapasite gelişimi, kurumsal yapı ve uluslararası iş birliği gibi faktörlerden de etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu sonuç, literatürdeki çalışmalarla uyumlu biçimde siber güvenliğin bütüncül bir politika alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

Mevcut çalışma, literatürde yer alan benzer ÇKKV uygulamalarıyla metodolojik açıdan paralellik göstermekte; ancak Balkan ülkeleri özelinde Entropi-ARAS bütünleşik modeli kullanması bakımından özgün bir katkı sunmaktadır.

SONUÇ

Bu bölümde Balkan ülkelerinin siber güvenlik performansı, Çok Kriterli Karar Verme çerçevesinde Entropi-ARAS bütünleşik yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma, karmaşık ve çok boyutlu bir politika alanını ölçülebilir göstergeler üzerinden ele almış; kriterlerin nesnel ağırlıklandırılması ve alternatiflerin oransal fayda yaklaşımıyla sıralanmasını aynı analitik zeminde birleştirerek veri temelli bir karar desteği sunmuştur.

Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve *kapasite gelişimi ölçümleri* kriteri en yüksek önem derecesine sahip kriter olarak tespit edilmiştir. *Kapasite gelişimi ölçümleri* kriterini sırasıyla *teknik ölçümler*, *iş birliği* ve *organizasyonel ölçümler* kriterleri izlerken, *yasal ölçümler* kriteri önem derecesi en düşük kriter olarak belirlenmiştir.

ARAS yöntemiyle yapılan sıralama sonucunda Türkiye, siber güvenlik performansı açısından ilk sırada yer almış; Slovenya ve Sırbistan üst sıraları takip etmiştir. Türkiye'nin üst sırada yer alması; teknik altyapı yatırımları, kurumsal yapılanma, kapasite geliştirme çalışmaları ve uluslararası iş birliği düzeyinin görece olarak daha gelişmiş olmasına bağlanabilir. Özellikle kapasite gelişimi kriterinin en yüksek ağırlığa sahip olduğu dikkate alındığında, insan kaynağına yapılan yatırımlar ve kurumsal olgunluk düzeyi sıralamayı doğrudan etkilemiş görünmektedir.

Bosna-Hersek ise en düşük performans değerine sahip ülke olarak belirlenmiştir. Bosna-Hersek'in son sırada yer alması ise teknik kapasite, organizasyonel yapı ve kapasite gelişimi alanlarında görece düşük performans değerlerine sahip olmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu sonuç, siber güvenlik

alanında yalnızca yasal düzenlemelerin yeterli olmadığını; sürdürülebilir performans için kurumsal koordinasyon, teknik altyapı yatırımları ve nitelikli insan kaynağı geliştirilmesinin kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, Balkan ülkeleri arasında siber güvenliğin alt boyutlarında belirgin farklılaşmalar bulunduğunu; özellikle kapasite gelişimi ve teknik/kurumsal bileşenlerdeki düzey farklarının performans sıralamasına doğrudan yansıdığını göstermektedir. Bu çerçevede, düşük performans gösteren ülkelerin öncelikle kapasite geliştirme politikalarına, teknik altyapı yatırımlarına ve uluslararası iş birliği mekanizmalarına ağırlık vermeleri önerilmektedir. Ayrıca bölgesel düzeyde bilgi paylaşım ağlarının güçlendirilmesi ve ortak siber güvenlik stratejilerinin geliştirilmesi, performans farklılıklarının azaltılmasına katkı sağlayabilir.

Balkan ülkeleri odağında siber güvenlik performansının Entropi-ARAS bütünleşik yaklaşımıyla değerlendirilmesi, bölgesel ölçekte karşılaştırmalı bir nicel çerçeve sunmaktadır. Endeks temelli göstergeler üzerinden yürütülen bu tür analizler, karar vericilere hangi boyutların önceliklendirilmesi gerektiğine dair ölçülebilir ve tekrarlanabilir bir değerlendirme altyapısı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Aldemir, C. ve Kaya, M. (2020). Bilgi toplumu, siber güvenlik ve Türkiye uygulamaları. *Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi*, 1(1), 6-27. <https://izlik.org/JA94XR89XU>
- Altıntaş, F. F. (2022). G7 Ülkelerinin Siber Güvenlik Performanslarının Analizi: Entropi Tabanlı MABAC Yöntemi ile Bir Uygulama. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 263-286. <https://doi.org/10.28956/gbd.1109776>
- Arshad, M. W., Setiawansyah, S. ve Mesran, M. (2024). Implementation of Entropy and additive ratio assessment methods in determining the best warehouse location. *Bulletin of Computer Science Research*, 4(4), 318-326. <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v4i4.360>
- Bedirhanoglu, Ş. B., Kara, F., Piral, E. ve Birlik, C. (2025). G10 ve BRICS Ülkelerinin Siber Güvenlik Performanslarının Analizi: Merce Tabanlı Todım Yöntemi ile Uygulama. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 8(4), 1005-1024. <https://doi.org/10.33712/mana.1823436>
- Chen, W., Feng, D. ve Chu, X. (2015). Study of poverty alleviation effects for Chinese fourteen contiguous destitute areas based on entropy method. *International Journal of Economics and Finance*, 7(4), 89-98. DOI:10.5539/ijef.v7n4p89
- Chodha, V., Dubey, R., Kumar, R., Singh, S. ve Kaur, S. (2022). Selection of industrial arc welding robot with TOPSIS and Entropy MCDM techniques. *Materials Today: Proceedings*, 50, 709-715. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.487>
- Dahooie, H., J., Kazimieras Zavadskas, E., Abolhasani, M., Vanaki, A. ve Turskis, Z. (2018). A novel approach for evaluation of projects using an interval-valued fuzzy additive ratio assessment (ARAS) method: a case study of oil and gas well drilling projects. *Symmetry*, 10(2), 45. <https://doi.org/10.3390/sym10020045>
- Erondu, C. I., ve Erondu, U. I. (2023). The role of cyber security in a digitalizing economy: a development perspective. *International journal of research and innovation in social science*, 7(11). DOI: 10.47772/IJRISS
- International Telecommunication Union. (2024). *Global cybersecurity index 2024*. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Pages/global-cybersecurity-index.aspx>
- Mandic, K., Bobar, V. ve Delibašić, B. (2015, May). Modeling interactions among criteria in MCDM methods: a review. In *International Conference on Decision Support System Technology* (pp. 98-109). Cham: Springer International Publishing.
- Masca, M. ve Genç, T. (2024). Sustainable development performance analysis by entropy-based copras method: An application in the European Union Countries. *Review of Management and Economic Engineering*, 23(2), 122-130. <https://doi.org/10.71235/rmee.12>
- Meidelfi, D., Idmayanti, R., Maulidani, F., Ilham, M. ve Muhlis, F. A. (2022). Additive ratio assessment (ARAS) method in the selection of popular mobile games. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 4(1), 56-66. <https://doi.org/10.62527/ijasce.4.1.81>

- Öztaş, G. Z. (2026). Avrupa Birliği'ne Aday Ülkelerin Pandemi Öncesi ve Sonrası Siber Güvenlik Performansı: Centroidous ve RAPS Yöntemleri ile Bir Değerlendirme. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 9(1), 415-432. DOI: 10.34248/bsengineering.1834925
- Öztaş, T. LOPCOW-MARCOS yaklaşımıyla BRICS ülkelerinde siber güvenlik değerlendirmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (Advanced Online Publication), 21-37. <https://doi.org/10.33707/akuibfd.1670493>
- Petrov, I. (2022, February). MCDM selection of laptops in TOPSIS: criteria weighting with combined AHP and Entropy. In *2022 Interdisciplinary Research in Technology and Management (IRTM)* (pp. 1-6). IEEE. DOI: [10.1109/IRTM54583.2022.9791583](https://doi.org/10.1109/IRTM54583.2022.9791583)
- Rosati, P., Gogolin, F. ve Lynn, T. (2020). Cyber-security incidents and audit quality. *European Accounting Review*, 1-28. <https://doi.org/10.1080/09638180.2020.1856162>
- Sliogeriene, J., Turskis, Z., & Streimikiene, D. (2013). Analysis and choice of energy generation technologies: The multiple criteria assessment on the case study of Lithuania. *Energy Procedia*, 32, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.003>
- Sanjaya, K. O. ve Mahendra, G. S. (2021, September). Determination of Favorite E-Commerce in Indonesia in a Decision Support System Using the SWARA-ARAS Method. In *PROCEEDING BOOK OF 7th ICIIS Virtual International Conference of Interreligious and Intercultural Studies Living the New Normal: Achieving Resilience & Ensuring Sustainable Future* (Vol. 69).
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert systems with applications*, 36(5), 8980-8985. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.035>
- Wang, C. N., Le, T. Q., Chang, K. H. ve Dang, T. T. (2022). Measuring road transport sustainability using MCDM-based entropy objective weighting method. *Symmetry*, 14(5), 1033. <https://doi.org/10.3390/sym14051033>
- Wu, J., Sun, J., Liang, L. ve Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5162-5165. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.046>
- Zavadskas, E., & Turskis, Z. (2010). A New Additive Ratio Assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16 (2), 159-172.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of civil and mechanical engineering*, 10(3), 123-141. [https://doi.org/10.1016/S1644-9665\(12\)60141-1](https://doi.org/10.1016/S1644-9665(12)60141-1)
- Zhang, H., Gu, C. L., Gu, L. W. ve Zhang, Y. (2011). The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy—A case in the Yangtze River Delta of China. *Tourism management*, 32(2), 443-451. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.02.007>