



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
OSTİM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ**

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİ İLE SİBER GÜVENLİK
BİLİŞİM PERSONELİ ALIM**

MEZUNİYET PROJESİ

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ

AHMET KEMAL GÖKMEN

200103008

ANKARA 2025

ÖN SÖZ

Günümüzde Bilgi Güvenliği, Siber Güvenlik kavramları bireylerin, şirketlerin hatta ülkelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için büyük önem arz etmektedir. Bilgi teknolojileri ve iletişim alanındaki sürekli ve hızlı gelişen atılımlar; vatandaşlara, iş ve ticaret sektörüne ve en nihayetinde devletlere yeni kolaylıklar ve fırsatlar sağlamaktadır. Bugün Türkiye’de iş ve ticaret dünyası ile toplumun büyük bir kesimi vatandaşlık hizmetleri, bankacılık, elektrik, su, doğalgaz ve benzeri kritik altyapılar dahil pek çok hizmetten, başta bilgi ve iletişim teknolojilerinin sağladığı imkanlarla yararlanmaktadır. Bu açıdan; bilgi ve iletişim altyapılarının sürekli ve güvenli çalışması gerekmektedir. Zira bu altyapılarda hizmeti kesintiye uğratabilecek bir saldırı veya bir teknik sorun ortaya çıktığında bu durum, büyük maddi ve geri dönüşü olmayan itibar kayıplarına sebebiyet verebilir. Bu sebeple bilgi teknolojileri ile hizmet veren kurumların veya işletmelerin güvenliğini sağlayacak, herhangi bir saldırı anında müdahale edebilecek siber güvenlik uzmanlarının özenle seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bir devlet kurumunun siber güvenlik bilişim personeli işe alım süreci incelenmiş, Pozisyon için başvuran adayların nitelikleri, Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile değerlendirilmiş ve işe alım sürecinde siber güvenlik uzmanlarının yetkinliklerinin değerlendirilmesi açısından yöneticiler için farklı bakış açıları kazandırılmaya çalışılmıştır.

Haziran 2024

Ahmet Kemal GÖKMEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa Numarası

ÖN SÖZ	2
İÇİNDEKİLER.....	1
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR	2
2.1 ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ.....	2
2.1.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi.....	3
2.1.2 MOORA Yöntemi	6
2.1.2.1 Oran Metodu Yaklaşımı	7
2.1.2.2 Referans Noktası Yaklaşımı	8
2.1.2.3 Önem Katsayısı Yaklaşımı	9
2.1.2.4 Tam Çarpım Yaklaşımı	9
2.1.2.5 MULTİ-MOORA Yaklaşımı.....	10
2.1.3 TOPSIS Yöntemi.....	10
2.1.5 PROMETHEE Yöntemi	13
3. YÖNTEM	15
4. UYGULAMA VE BULGULAR.....	17
4.1 PROBLEMİN TANIMLANMASI	17
4.2 KRİTERLERİN BELİRLENMESİ	17
4.3 ALTERNATİFLERİN BELİRLENMESİ	18
4.4 KRİTERLERİN AHP İLE AĞIRLIKLANDIRILMASI	19
4.4.1 İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması.....	19
4.4.2 Değerlerin Normalizasyon İşlemi.....	20
4.4.3 Ana Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Bulunması	21
4.4.4 Ana Kriterlerin Tutarlılık Oranının Hesaplanması	21
4.4.5 Alt Kriterlerin Önem Ağırlıklarının ve Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması.....	24
4.4.6 Alt Kriterlerin Nihai Ağırlıklarının Bulunması	27

4.5 ADAYLARIN TOPSIS YÖNTEMİ İLE SIRALANMASI	28
4.5.1 İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması.....	28
4.5.2 Normalizasyon İşlemi.....	28
4.5.3 Ağırlıklı Normalize Matrisin Oluşturulması	29
4.5.4 Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Hesaplanması	29
4.5.5 Alternatiflerin Pozitif, Negatif İdeallere Uzaklığının ve Göreli Yakınlık Derecelerinin Belirlenmesi	29
4.5.6 Alternatiflerin Sıralanması	30
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	31
KAYNAKÇA.....	33
EKLER	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızlı gelişimi ve internetin yaygınlaşması ile birlikte geçtiğimiz son çeyrek asır içinde siber saldırıların başlangıçtaki küçük bireysel hedeflerinin çok ötesine geçerek ülkelerin ekonomilerini, stratejik altyapılarını hatta askeri güçlerini hedef almasının birçok örneği yaşandı. Bu nedenle devletler, kurumlar ve şirketler siber güvenlik alanında sürekli olarak yatırım yaparak yeteneklerini artırmak için çaba göstermektedir. Modern rekabet koşulları, çıkarlarını koruma, ekonomik avantaj sağlama ve rekabet gücünü artırma amacı güden bireylerin, kurumların ve hatta ülkelerin siber güvenliğe büyük önem vermesini gerektirmektedir. (Sağıroğlu vd., 2018). 2018 yılında, yaklaşık 100 milyon siber veri ihlali gerçekleşmiştir. Bu tehdidin bilincinde olan kuruluşlar, siber saldırılara karşı savunma yapmak, tehlikeleri erken tespit etmek ve olası tehditlere karşı önlemler almak için sürekli kendini geliştirmektedir. Siber güvenlik elemanlarının bulunması ve yetiştirilmesi, stratejik önemi yüksek ve zorlu bir süreçtir. Şirketler, devletler ve kurumlar bu nedenle personel seçiminden, eğitimine ve kariyer gelişimine kadar tüm süreçleri titizlikle yönetmek zorundadır. Bu, yalnızca güvenlik açısından değil, aynı zamanda uzun vadeli rekabet avantajı sağlama açısından da kritik bir öneme sahiptir. (Furnell, Fischer, & Finch, 2017). Doğru personelin seçilmesi, siber tehditlere karşı güçlü bir savunma hattı oluşturarak kuruma ve devlete gelebilecek ciddi zararların önüne geçmesini sağlamaktadır. Bu zararlar arasında veri ihlalleri, mali kayıplar, operasyonel aksaklıklar ve itibarın zedelenmesi gibi riskleri bulundurmaktadır. Ancak, yöneticilerin işe alımda yetersiz teknik bilgiye sahip olması veya geleneksel standart olmayan değerlendirme kriterleri kullanılması, uzun ve karmaşık süreçler, sosyal becerilere yeterince dikkat edilmemesi ve iç kaynakların göz ardı edilmesi gibi hatalar sonucunda söz konusu riskler gerçekleşerek kuruma, maddi ve manevi zarar vermektedir. Söz konusu işe alım süreci Bilgi Güvenliği gibi kritik bir departman ile alakalı olması sebebiyle, işe alım sürecinin güvenilir ve geçerli ölçüm araçları ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu noktada çalışmamızda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri incelenmiş, uygun tekniğin belirlenmesinin ardından yöntem uygulanarak personel alım sürecinde adayların nitelikleri doğrultusunda pozisyona uygunluklarının belirlenmesi ve en optimal adayın seçilmesi için bir karar vericiye fikir önerilmiştir.

2. LİTERATÜR

2.1 ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Karar vericiler karar alma aşamasında, alternatifleri arasındaki en doğru seçimi yapması için tüm kaynakları kullanması, alternatifleri değerlendirirken sayısal yöntemlerden yararlanması gerekir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri, birden fazla kriterin değerlendirilmesi gereken karar süreçlerinde kullanılan analitik yöntemlerdir. Bu yöntemler, karar vericinin çeşitli alternatifleri belirli kriterler doğrultusunda karşılaştırarak en uygun seçeneği belirlemesine olanak tanır. Temel amacı, karmaşık karar problemlerinde rasyonel ve tutarlı seçimler yapmaktır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, özellikle işletme, mühendislik, sağlık, ekonomi ve kamu yönetimi gibi alanlarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu yöntemler, projelerin değerlendirilmesi, stratejik planlama, performans ölçümü ve kaynak tahsisi gibi çeşitli karar verme süreçlerinde yaygın olarak kullanılır. ÇKKV Yöntemlerinde adımlar genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Problemin Belirlenmesi
- Kriterlerin Oluşturulması
- Alternatiflerin Belirlenmesi
- Kriterlerin önem derecelerinin hesaplanması
- Her bir alternatifin tüm kriterlerin önem derecesine göre sıralanması

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ilk olarak, 1950'lerde ve 1960'larda operasyon araştırması ve yöneylem araştırması gibi disiplinlerde gelişmeye başlamıştır. Bu dönemde, çeşitli endüstriyel ve askeri uygulamalarda çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için matematiksel modeller ve analiz teknikleri geliştirilmiştir. Sonraki dönemlerde, 1970'lerden itibaren çevre yönetimi, ekonomi, mühendislik, sağlık ve diğer birçok alanın karşılaştığı karmaşık karar verme problemleri, çok kriterli karar verme yöntemlerinin daha geniş bir şekilde benimsenmesine yol açmıştır.

Alternatifler: Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemlerinde alternatifler, belirli bir hedefe ulaşmak için değerlendirilen seçeneklerdir. Bu seçenekler, çeşitli kriterlere göre analiz edilerek en uygun olanı seçilir. Alternatifler, problemin doğasına bağlı olarak birkaç veya çok sayıda olabilir. Amaç, en iyi çözümü bulmaktır. (Arslankaya ve Göraltay, 2019).

Kriterler: Kriterler, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sürecinde değerlendirme ve karar verme için kullanılan ölçütlerdir. Bu ölçütler, alternatiflerin performansını belirlemek ve karşılaştırmak için kullanılır. Kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması, karar verme sürecinde önemli bir adımdır çünkü doğru kriterlerin seçilmesi, en uygun alternatifin belirlenmesine yardımcı olur. Kriterlerin kullanılması, karar vericinin amacına ulaşması ve en iyi seçeneği seçmesi için bir rehber sağlar. (Arslankaya, Göraltay, 2019).

Karar matrisi: ÇKKV) sürecinde alternatiflerin ve kriterlerin bir araya getirilerek sistematik bir şekilde değerlendirildiği bir araçtır. Bu matris, karar vericilere farklı alternatiflerin farklı kriterler üzerindeki performanslarını görsel olarak karşılaştırma ve analiz etme imkanı sunar.

2.1.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

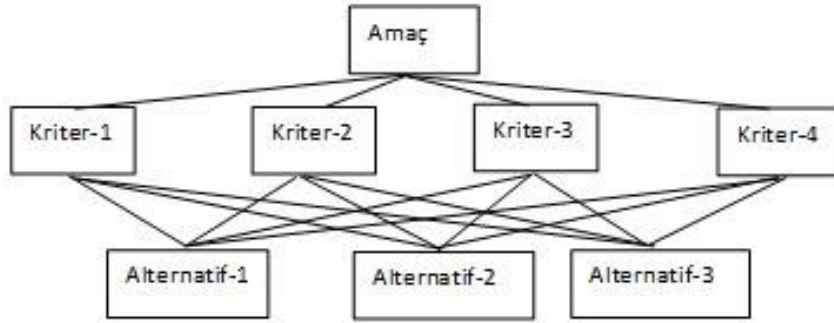
Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), karmaşık karar verme süreçlerinde kullanılan çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Literatürde yer alan öncü çalışmaları Myers ve Albert ve Saaty tarafından yapılmıştır. Bu yöntem, karar vericinin hedeflerini, kriterlerini ve alternatiflerini hiyerarşik bir yapı içinde düzenleyerek karşılaştırma yapmasını sağlar. Saaty tarafından geliştirilen AHP, karar vericilerin ikili karşılaştırmalar yaparak her kriterin ve alternatifin göreceli önemini belirlemesine olanak tanır. AHP'nin avantajları arasında, karar verme sürecine yapı ve tutarlılık kazandırması, karar vericilerin subjektif yargılarını sistematik bir şekilde değerlendirmesi ve kompleks karar problemlerini daha anlaşılır hale getirmesi sayılabilir. Ayrıca, AHP, karar sürecinde farklı kriterlerin ve alternatiflerin karşılaştırılmasını kolaylaştırarak daha bilinçli ve rasyonel kararlar alınmasını destekler. AHP yönteminin adımları aşağıdaki gibidir;

Adım 1: Problemin tanımlanması.

Adım 2: Problemi etkileyen ana kriterler ve alt kriterlerin tanımlanması.

Adım 3: Hiyerarşik yapı tasarlanır. Hiyerarşik yapı, karar verme sürecinde öncelikle en üstte yer alan temel hedef ile başlar. Bu temel hedefin altında ana kriterler ve bunların alt kriterleri

sıralanır. Hiyerarşinin en alt seviyesinde ise değerlendirilecek alternatifler bulunur. Hiyerarşinin aşamaları, problemin karmaşıklığına ve detay seviyesine göre değişir. Hiyerarşi oluşturulurken, aynı seviyede yer alan seçeneklerin birbirlerinden tamamen bağımsız oldukları varsayılır.



Şekil 2.1. AHP Hiyerarşisi

Adım 4: İkili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Belirlenen tüm kriterler, alt kriterler, alternatifler Tablo 2.1'de verilmiş olan karşılaştırma ölçeğine göre kendi aralarında önem derecelerine göre karşılaştırıldığı matrisler oluşturulur.

Tablo 2.1 : AHP’de Kullanılan İkili Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 2008, s. 86)

1	Eşit Önemde
3	Biraz daha önemli (Az üstünlük)
5	Oldukça önemli (Fazla üstünlük)
7	Çok önemli (Çok üstünlük)
9	Son derece önemli (Kesin üstünlük)
2,4,8	Ara değerler (Uzlaşma değerleri)

Adım 5: Normalize etme işlemi, her bir sütunun toplamının 1 olmasını sağlar, bu da her bir alternatifin diğerleriyle olan ilişkisini daha net bir şekilde gösterir. Bu şekilde, her kriterin göreceli önemi daha doğru bir şekilde anlaşılır ve karar verme süreci daha objektif hale gelir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} , \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

Formülü kullanılır.

Adım 6: Her bir sütun toplam adedine bölünür yani ortalaması alınarak öz vektör hesaplanır. Öz vektör kriterlerin önem ağırlığını ifade etmektedir.

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^n y_{1j}}{n} \quad (2.3)$$

Formülü kullanılır.

Adım 7: Tutarlılık testi yapılır. İkili karşılaştırma matrislerinin, kendi içerisindeki tutarlılığı test edilir. Sonuçların tutarsız çıkması, karar vericinin kriterleri puanlamasında bir tutarsızlık olduğu anlamına gelir. Bu durumda matrisler tekrar yapılmalıdır. n adet kriter için ikili karşılaştırmaların tutarlılığı aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$[t_i]_{nx1} = [x_{ij}]_{n \times n} \cdot [a_i]_{nx1} \quad (2.4)$$

Elde edilen öz değer sırasıyla öz vektör elemanlarına bölünür.

$$\frac{t_i}{a_i}, \quad \lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{a_i}}{n} \quad (2.5)$$

En büyük öz değer hesaplanmasının ardından uyum indeksi (CI) değeri hesaplanır. Tutarlılık indeksi (CI), en büyük özdeğerden kriter sayısını çıkardıktan sonra kriter sayısının bir eksiğine bölünmesi ile bulunur. CI aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.6)$$

Adım 8: Son olarak uyum indeksi (CI) ve rastgele indeks (RI) değerlerinin birbirine bölümü sonucunda tutarlılık oranı elde edilir. RI değeri Tablo 2.2'de belirtilen değerlere göre belirlenir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.7)$$

$CR < 0,1$ ise sonucun tutarlı olduğu kabul edilir. $CR > 0,1$ ise sonuç tutarsızdır, bu durumda karar vericinin puanlandırmasını tekrar yapması gerekir ve matris tekrardan oluşturularak aynı adımlar izlenir.

Tablo 2.2: Rassallık göstergeleri (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Adım 9: Tüm kriterler ve alternatifler için gerekli öncelik vektörlerinin oluşturulmasının ardından, bu vektörler birleştirilerek karar matrisi oluşturulur. Bu matris, her bir kriterin alternatifler üzerindeki önem derecelerini içerir.

$$\begin{aligned}
 D &= [A_1 \ A_2 \ \dots \ A_n]_{m \times n} \\
 D &= \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \\
 W &= [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]_{1 \times n}
 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Adım 10: Son olarak nihai öncelik vektörleri hesaplanır. Bir önceki aşamada oluşturulmuş karar matrisindeki değerler ile kriter ağırlıkları çarpılır. Bu vektörler, alternatiflerin önem derecelerini belirtir. Önem derecelerini hesaplayan formül aşağıdaki gibidir.

$$A = D \cdot W \quad (2.9)$$

2.1.2 MOORA Yöntemi

MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) yöntemi, 2006 yılında Brauers ve Zavadskas tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, çeşitli endüstrilerde ve akademik çalışmalarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Örneğin, üretim süreçlerinin optimize edilmesi, tedarik zinciri yönetimi, proje yönetimi, enerji sektöründe yatırım kararları, sağlık

hizmetlerinin değerlendirilmesi ve şehir planlaması gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ersöz ve Atav, 2011). MOORA yöntemi, basitliği ve hesaplama kolaylığı nedeniyle diğer MCDM yöntemlerinden ayrılır. Ayrıca, kriterlerin normalize edilmesi ve oran analizine dayalı yaklaşımı sayesinde, farklı ölçeklerdeki kriterlerin birlikte değerlendirilmesini mümkün kılar, bu da karar verme sürecini daha objektif ve tutarlı hale getirir. MOORA yönteminin avantajları şu şekildedir :

- MOORA yöntemi hesaplama sürecinde oldukça hızlıdır ve büyük veri setleri için kullanılabilir. Bu özellik, zamanın kısıtlı olduğu durumlarda veya acil kararlar alınması gerektiğinde MOORA yönteminin tercih edilmesini sağlamaktadır.
- Matematik işlemlerinin az sayıda olması uygulanmasını kolay kılmaktadır.
- Alternatifler ve amaçlar arasındaki bir bütün olarak ele almaktadır.

Oran metodu, referans noktası yaklaşımı, önem katsayısı, tam çarpım formu ve multi-moora gibi çeşitleri vardır. (Ersöz ve Atav, 2011).

2.1.2.1 Oran Metodu Yaklaşımı

İlk aşamada satırlarında alternatifler sütunlarında kriterler olmak üzere karar matrisi hazırlanarak başlanır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

şeklinde.

İkinci aşamada normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Normalleştirme işlemi, her bir alternatifin belirlenen kriterlere göre girilen performans değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alınarak elde edilir. Bu yöntem, alternatiflerin performanslarını karşılaştırılabilir hale getirir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.11)$$

* x_{ij} , i. alternatifin j. kritere göre normalize edilmiş halini göstermektedir. Normalizasyon işleminden sonra maksimum performans değerlerinden minimum performans değerlerinin farkı alınır.

i alternatifinin tüm kriterlere göre normalleştirilmiş y_i 'nin formülü, $j = 1, 2, 3, \dots, g$ için en büyük değeri hedefleyen kriterler ve $j = g+1, g+2, \dots, n$ için ise en küçük değeri hedefleyen kriterler olmak üzere aşağıdaki gibidir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (2.12)$$

Daha sonra y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sıralama sonucunda birinci sırada yer alan alternatif en uygun sonucu göstermektedir.

2.1.2.2 Referans Noktası Yaklaşımı

Referans noktası yaklaşımında, MOORA-Oran metodu ile elde edilen normalize değerler temel alınır. Bu yöntemde, her bir kritere göre maksimizasyon durumunda en iyi değer, minimizasyon durumunda ise en düşük değer referans noktası (r_i) olarak belirlenir. Daha sonra, alternatiflerin her bir kriter için referans noktalarına olan uzaklıkları hesaplanır. Bu yaklaşım, karar verme sürecinde alternatiflerin referans noktalarına olan uzaklıklarını dikkate alarak değerlendirme yapmayı sağlar. (Özbek, 2015).

$$d_{ij} = |r_{ij} - x_{ij}^*| \quad (2.13)$$

Son olarak *Tchebycheff* Min-Max işlemi ile alternatiflerin en yüksek değeri hesaplanır.

$$\min_i \{ \max_j (|r_i - x_{ij}^*|) \} \quad (2.14)$$

Alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanır ve birinci sırada yer alan değer en iyi alternatif olarak değerlendirilir.

2.1.2.3 Önem Katsayısı Yaklaşımı

Önem Katsayısı Yaklaşımı, MOORA yönteminde kriterlerin farklı önem derecelerine sahip olabileceğini dikkate alarak, alternatiflerin değerlendirilmesini sağlar. Bu yaklaşımda kriterler önceki aşamalarda normalize edilmiş değerleri referans alınır, ardından önem ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış değerler elde edilir. Pozitif ve negatif kriterlerin ayrı ayrı ağırlıklandırılmış toplamları hesaplanır ve bu toplamlar kullanılarak her bir alternatifin toplam skoru belirlenir. Sonuç olarak, alternatifler bu skorlara göre sıralanır ve en uygun alternatif seçilir. Kriterler, pozitif (maksimize edilmesi gereken) ve negatif (minimize edilmesi gereken) kriterler olarak ayrılır. Pozitif kriterler için ağırlıklandırılmış toplam şu formülle hesaplanır:

$$y_j^* = \sum_{i=1}^g w_i x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} w_i x_{ij}^* \quad (2.15)$$

y_i^* değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. İlk sıradaki alternatif en iyi seçenek olarak seçilmelidir. Kriterlerin öncelikleri, referans noktası yaklaşımında da uygulanır. Bu bağlamda, kriter ağırlıklarının hesaba katıldığı bir sıralama elde etmek için eşitlik (2.16) kullanılır.

$$d_{ij} = w_i |r_{ij} - x_{ij}^*| \quad (2.16)$$

2.1.2.4 Tam Çarpım Yaklaşımı

Brauers ve Zavadskas, 2010 yılında MOORA yöntemini geliştirerek Tam Çarpım Yaklaşımını ortaya koymuşlardır. Bu yaklaşımda, her bir alternatifin maksimize edilmesi gereken kriterlerine ait değerlerin çarpımı, minimize edilmesi gereken kriterlerine ait değerlerin çarpımına bölünerek hesaplanır. Bu yöntem, alternatiflerin performanslarının daha dengeli bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu yaklaşım, eşitlik (2.17) ile ifade edilmiştir (Özbek, 2015).

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (2.17)$$

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (2.18)$$

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (2.19)$$

U_i skorları sıralandığında, en yüksek skora sahip alternatif en uygun seçenek olarak belirlenir.

2.1.2.5 MULTİ-MOORA Yaklaşımı

2010 yılının başlarında Brauers ve Zavadskas tarafından geliştirilen Multi-MOORA, MOORA yöntemlerinin yanı sıra çok amaçlı tam çarpan formlarının bir birleşimidir. Bu yöntem, alternatiflerin en yüksek önem değerine sahip olanlarını belirlemeyi ve karar vericiye en uygun alternatifi seçmesinde rehberlik etmeyi amaçlar (Şimşek ve diğerleri, 2015). Multi-MOORA, bağımsız bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) çözüm metodu olmayıp, diğer MOORA tekniklerinin değerlendirilmesi ve üstün sonuç veren yöntemlerin sıralanmasına dayanır.

2.1.3 TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) metodu, Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin temel ilkesi, alternatifler arasından pozitif ideal çözüme en yakın olanı seçerken, negatif ideal çözüme de en uzak olanı belirlemektir. Yani, karar alternatiflerinin en iyisiyle olan yakınlığını artırırken, en kötüden de uzaklaşmayı hedefler. Ancak, en iyi kriter her zaman

pozitif ideal çözüme en kısa mesafede yer almayabileceği gibi, negatif ideal çözüme de en uzak mesafede olmayabilir. Bu durumda, negatif ideal çözümler en düşük kriter değerlerine sahipken, ideal çözümler optimum kriter değerlerinden oluşur (Kocaoğlu ve Küçük, 2019). TOPSIS, çeşitli alanlarda kullanılabilen esnek ve etkili bir yöntemdir; özellikle mühendislik, ekonomi ve yönetim bilimlerinde yaygın olarak uygulanır. TOPSIS yöntemi, çeşitli sektörlerde, özellikle mühendislik, ekonomi ve yönetim bilimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntem, karar vericilere karmaşık ve çok boyutlu karar problemlerinde sistematik ve objektif bir değerlendirme imkanı sunar. Bu sayede farklı alternatiflerin güçlü ve zayıf yönleri daha net bir şekilde görülebilir. Karar sürecinde en ideal alternatif bulunmaya çalışılır ve en riskli seçenek veya karardan kaçınılmaya özen gösterilir. Bu nedenle genel yaklaşım, işe alım süreçleri ile paralellik göstermektedir; zira bir pozisyon için en uygun aday belirlenirken, aynı zamanda bu pozisyona uygun olmayan aday da tespit edilmelidir (Aslan ve diğerleri, 2023). TOPSIS'in esnek yapısı, farklı kriterler ve ağırlıkların kolayca dahil edilmesine olanak sağlar, bu yüzden çeşitli durumlarda uygulanabilirliği yüksektir. Bu süreçte, Öklid mesafe yaklaşımını kullanılmaktadır. Metot, karar vericilerin bilgi ve deneyimlerini sürece katarak, daha dengeli ve bilinçli kararlar almasına yardımcı olur. TOPSIS yönteminin adımları sırasıyla aşağıdaki gibidir;

Adım 1: Problemin tanımlanmasından sonra problemin çözümüne dair alternatifler ve kriterler belirlenir.

Adım 2: Belirlenen alternatif ve kriterler, satırlarında alternatifler ve sütunlarda kriterler olacak şekilde bir ikili karar matrisi haline getirilir.

Adım 3: Karar matrisi oluşturulduktan sonra matris normalize edilir. $i=1,2,...,m$ ve $j=1,2,...,n$ olmak üzere normalize edilmiş karar matrisi aşağıda gösterilmiştir. Normalizasyon işlemi (2.20)'de yer alan formül ile hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (2.20)$$

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

Adım 4: Normalize matris oluşturulduktan sonra kriterlerin nihai ağırlık dereceleri (W_i) hesaplanır. Bu adım normalize edilmiş değerlerle, kriterlerin hesaplanmış ağırlık derecelerinin çarpımıyla bulunur. (Dumanoglu, 2010).

$$V_{ij} = W_j * r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.21)$$

Adım 5: Normalize edilmiş değerlerin arasında maksimum değer alınarak pozitif ideal çözüm (A^+) ve minimum değer alınarak negatif ideal çözüm (A^-) belirlenir.

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (2.22)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (2.23)$$

Adım 6: Bu aşamada alternatifler arasında uzaklık hesaplanır. Alternatifler arasındaki uzaklık hesaplanırken öklid uzaklık metodu uygulanmaktadır. Her bir alternatifin pozitif ideal çözüme uzaklığı (S_i^+) ve negatif ideal çözüme mesafesi (S_i^-) olmak üzere uzaklıklar aşağıdaki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (2.24)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (2.25)$$

Adım 7: Son aşama pozitif ideal çözüme olan yakınlığın hesaplanması aşamasıdır. Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (2.26)$$

C_i^+ değeri i. alternatifin sıralamadaki puanını göstermek, $\max C_i^+$ değerine sahip alternatif ideal çözüme en yakın alternatif olarak tercih edilmektedir (Dumanoglu, 2010). Bu şekilde alternatifler sıralanır.

2.1.5 PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi, Profesör Jean-Pierre Brans ve ekip arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Brans, 1982'de bu çok kriterli karar verme yöntemini tanıtmıştır. PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), karar verme sürecinde birden çok kriterin dikkate alındığı ve farklı seçeneklerin karşılaştırıldığı durumlarda kullanılan bir yöntemdir (Tuzkaya ve diğerleri, 2010). PROMETHEE yönteminin temel avantajları arasında, basitlik, esneklik ve açıklık bulunmaktadır. PROMETHEE çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Endüstriyel yönetimde, tedarikçi seçimi, üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve pazarlama stratejilerinin belirlenmesi gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca, finansal yönetimde, yatırım portföylerinin optimize edilmesi ve risk yönetimi gibi kararlar almak için kullanılmıştır. Çevre yönetimi, sağlık sektörü, enerji yönetimi, ulaşım planlaması ve pazar araştırması gibi çeşitli alanlarda da başarıyla uygulanmıştır. PROMETHEE'nin uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Her bir alternatifin, belirlenen kriterler altında nasıl performans gösterdiğini gösteren karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

Adım 2: Karşılaştırma matrisindeki verilere dayanarak tercih fonksiyonlarının tanımlanması. Bu fonksiyonlar, karşılaştırma matrisindeki farkları temel alarak alternatifleri sıralamak için kullanılır.

Adım 3: Bu adımda, her bir kriter için ortak bir tercih fonksiyonu belirlenir. Bu fonksiyonlar, kriterlerin önem derecelerini ve tercih edilen yönlendirmelerini yansıtır.

Adım 4: Her bir alternatif çifti için tercih indeksleri hesaplanır. Yani, her bir alternatifin diğer alternatiflere göre nasıl performans gösterdiğini gösteren tercih indeksleri belirlenir.

Adım 5: Alternatifler arasındaki performans farklarının belirlendiği ve pozitif ile negatif üstünlüklerin hesaplandığı adımdır.

Adım 6: PROMETHEE I, alternatifler arasında doğrudan bir sıralama sağlayan bir metoddur. Bu adımda, pozitif ve negatif üstünlükler kullanılarak PROMETHEE I indeksi hesaplanır ve bu indekslere göre en iyi alternatifler belirlenir.

Adım 7: PROMETHEE II, alternatiflerin tam önceliklerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu adımda, PROMETHEE I indeksi kullanılarak tam öncelikler hesaplanır.

3. YÖNTEM

Çalışmamızda Türkiye Cumhuriyeti'ne ait bir kamu kurumunun Bilgi Güvenliği departmanının işe alım sürecinde siber güvenlik bilişim personeli adaylarının değerlendirilmesi ve pozisyona en uygun adayın seçilmesi problemi ele alınmıştır.

Kurumun İnsan Kaynakları Departmanı ve Bilgi Güvenliği Departmanı yöneticisi ile adayların seçim kriterleri belirlenmiş olup kriterler Şekil 3.1'de verilmiştir. Bununla birlikte pozisyona başvuran 5 aday değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1

Çalışmada kriterler arasında nicel ve nitel veriler vardır. Nitel verilerin matematiksel işlemlerde problem çıkarmaması için nicel ifadeye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu nitel değerleri nicel değerlere dönüştürmek için belirtilen kriterlerin AHP yöntemi ile hesaplanmış ağırlıkları 10 ile çarpılmış ve her biri için 1-10 arasında değerler elde edilmiştir.

Çalışmamızın literatür araştırmasında AHP, MOORA, TOPSIS, PROMETHEE yöntemleri incelenmiş olup, Kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi, alternatiflerin (adayların) seçimi ise TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. AHP yönteminin Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılmasında en çok kullanılan yöntem olduğu tespit edilmiştir. AHP, karmaşık karar problemlerinde kriterlerin göreceli önemini belirlemek için güçlü bir yapı sunar. Kriterlerin hiyerarşik olarak modellenmesi ve uzman görüşleriyle ağırlıkların belirlenmesi, daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanır.

TOPSIS yöntemi ise, alternatiflerin ideal ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklarına göre sıralanmasını sağlar. Bu yöntemin kullanımı, alternatiflerin performansını doğrudan ve kolay anlaşılır bir şekilde kıyaslamamıza olanak tanır. Dolayısıyla, AHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması ve TOPSIS ile alternatiflerin sıralanması, çalışmamızın tutarlılığını artırırken, karar verme sürecinin daha şeffaf ve anlaşılır olmasını sağlamıştır. AHP yönteminin adımları Tablo 3.1'deki gibidir.

Tablo 3.1

Adım Numarası	Açıklama
Adım 1	Karar vericinin hedefini, bu hedefe etki eden kriterleri ve alternatifleri belirleyerek, aralarındaki ilişkileri hiyerarşik bir yapı içinde düzenlemeyi kapsar.
Adım 2	Uzmanlar, tüm kriterleri ve alternatifleri ikili olarak önem derecelerine göre karşılaştırır. Bu karşılaştırma, Saaty tarafından geliştirilen 1-9 önem skalası kullanılarak yapılır.
Adım 3	Oluşturulan karşılaştırma matrisi, her değerın sütun toplamına bölünmesiyle normalize edilir. Bu işlem sonucunda normalize edilmiş bir matris elde edilir.
Adım 4	Normalize matris oluşturulduktan sonra, kriterlerin öz vektörleri (önem ağırlıkları) hesaplanır.
Adım 5	Karar vericinin verdiği değerlerin tutarlılığını değerlendirmek için her ikili karşılaştırma matrisindeki yargıların tutarlılık oranı hesaplanmalıdır. Bu amaçla "Tutarlılık İndeksi (CI)" olarak adlandırılan bir gösterge kullanılır.
Adım 6	AHP skorlarının analizi aşamasında ise en yüksek değeri alan alternatif, en iyi seçenek olarak belirlenir.

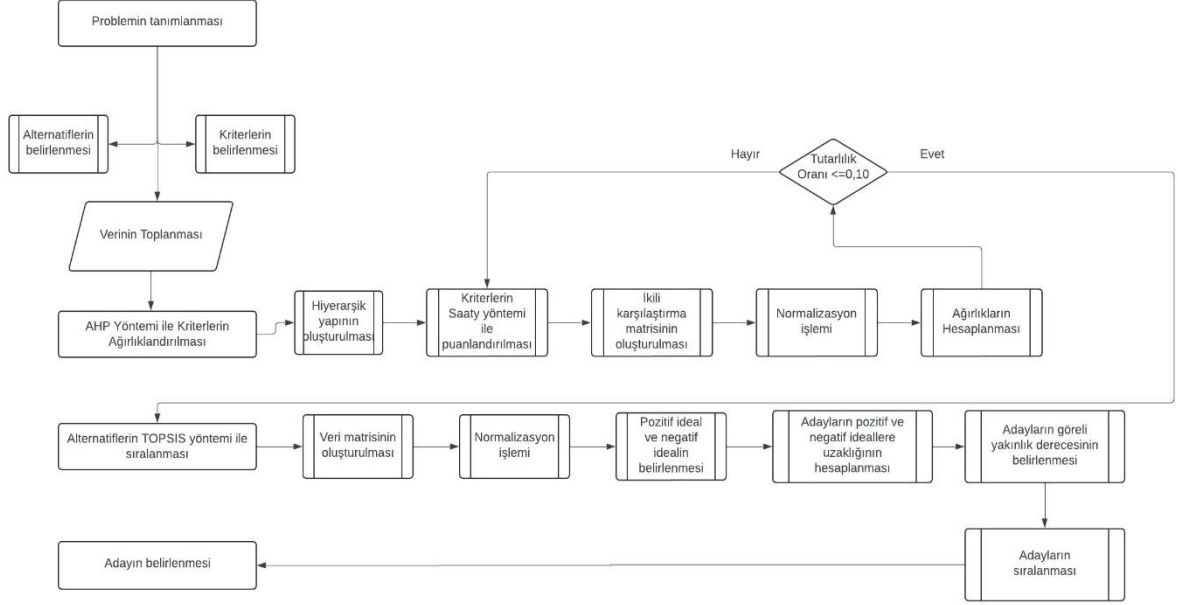
TOPSIS yönteminin uygulama adımları Tablo 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.2

Adım Numarası	Açıklama
Adım 1	Satırlarında kararın verileceği alternatiflerin, sütunlarında ise alternatiflerin değerlendirileceği kriterlerin bulunduğu bir başlangıç matrisi oluşturulur.
Adım 2	Karar matrisi oluşturulduktan sonra matris normalize edilir.
Adım 3	Normalize matris oluşturulduktan sonra kriterlerin nihai ağırlık dereceleri (W_i) hesaplanır. Bu adım normalize edilmiş değerlerle, kriterlerin hesaplanmış ağırlık derecelerinin çarpımıyla bulunur.
Adım 4	Normalize edilmiş değerlerin arasında maksimum değer alınarak pozitif ideal çözüm (A^+) ve minimum değer alınarak negatif ideal çözüm (A^-) belirlenir.
Adım 5	Her bir alternatifin pozitif ideal çözüme uzaklığı hesaplanır.
Adım 6	Son olarak her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığı hesaplanır. Bu aşamadan sonra en büyük değerden en küçük değere doğru sıralama yapılabilir.

4. UYGULAMA VE BULGULAR

Uygulamamızın akış şeması Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1

4.1 PROBLEMİN TANIMLANMASI

Türkiye Cumhuriyeti'ne ait bir kamu kurumunun siber güvenlik uzmanı işe alım süreci ele alınmaktadır. Söz konusu personel istihdamında adayların arasından pozisyon için en uygun kişiyi seçmek adına ÇKKV yöntemlerinin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu süreçte, ilk olarak uzman seçiminde kurumun aradığı kriterler belirlenmelidir.

4.2 KRİTERLERİN BELİRLENMESİ

İstihdam edilecek departmanın Bilgi Güvenliği gibi özel bir departmanda olması sebebiyle Siber güvenlik uzmanı seçimi yapılırken değerlendirilecek kriterlerinin uygun bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Kurumun İnsan Kaynakları ve departman yöneticisinin görüşleri doğrultusunda kriterler belirlenmiş, ayrıca özel sektör ve kamu kurumlarının iş ilanlarında belirtmiş olduğu kriterler dikkate alınmıştır. Kriterlerin kodları ile açıklamaları Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Açıklama
Sertifikalar (S1)	CompTIA Pentest + (S1.1) CEH (S1.2) CISSP (S1.3) OSCP (S1.4) ISO 27001 (S1.5)	Siber güvenlik kendi içerisinde oldukça dallanan bir alandır . Adayların bu alanlarda yetkinliklerini ispatlaması için bazı sertifikalara sahip olması gerekir. Siber güvenlik alanında uzmanlardan en çok beklenen sertifikalar belirlenmiştir
Programlama Bilgisi (P2)	JAVA (P2.1) C ++ (P2.2) Python (P2.3)	Siber güvenlik alanında yapılacak iş paketlerinde, yazılım sızma testlerinde, zararlı yazılım analizi gibi şlerde programlama bilgisi vazgeçilmez bir unsurdur. Tercih edilen 3 yazılım dili belirlenmiştir.
Kişilik Özellikleri (K3)	Disiplinli çalışma (K3.1) İletişime açık olma (K3.2) Analitik düşünebilme (K3.3) Stresle baş edebilme (K3.4)	Siber güvenlik uzmanları teknik anlamda donanıma sahip olması gerektiği kadar kişilik özellikleri açısından da donanımlı olmaları gerekmektedir . Bu sebeple sektörün zorlukları ve bu zorluklara karşı etkili olmayı gerektirecek 4 kriter belirlenmiştir.
Mezuniyet Bilgisi (M4)	Bilgisayar Mühendisliği (M4.1) Elektrik Mühendisliği (M4.2) Yazılım Mühendisliği (M4.3) Yönetim Bilişim Sistemleri (M4.4)	İstihdam eden kamu kurumu mezun olunan bölüm şartları aramaktadır.
Sınav Sonuçları (S5)	KPSS (S5.1) YDS (S5.2)	Devlet kurumlarına bilişim personeli veya memur alımı yapılırken sonuçlarının belirtilmesi istenilen iki sınav belirlenmiştir.

4.3 ALTERNATİFLERİN BELİRLENMESİ

Uygulamanın yapıldığı kamu kurumu, personel alım ilanında bilgisayar mühendisliği, yönetim bilişim sistemleri, yazılım mühendisliği, elektrik mühendisliği bölümlerinden mezun olma şartı ve 2 yıl siber güvenlik alanında deneyim sahibi olma şartı gerekmektedir. Pozisyon için başvurmuş 5 aday, problemin çözümündeki alternatifler olarak belirlenmiştir. İlane başvuran 5 aday için veri toplama aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, adayların özgeçmişleri ve referansları incelenmiştir. Sertifikalar, programlama bilgisi ve mezuniyet bilgisi özgeçmiş dosyalarından alınmış, kişilik özellikleri ise referans kişilerle iletişime geçerek elde edilmiştir. Verilerin toplanması sonucunda Tablo 4.2 oluşturulmuştur.

Tablo 4.2

	Aday 1	Aday 2	Aday 3	Aday 4	Aday 5
S11	YOK	VAR	VAR	YOK	YOK
S12	VAR	YOK	VAR	YOK	VAR
S13	VAR	YOK	YOK	YOK	YOK
S14	YOK	YOK	YOK	VAR	VAR
S15	YOK	VAR	VAR	YOK	YOK

P21	8	5	7	4	3
P22	6	3	8	6	6
P23	3	9	5	8	8
K31	9	6	8	4	7
K32	3	7	5	4	3
K33	6	7	3	6	4
K34	5	4	7	7	9
M41	YOK	YOK	VAR	YOK	YOK
M42	VAR	YOK	YOK	YOK	YOK
M43	YOK	YOK	YOK	VAR	YOK
M44	YOK	VAR	YOK	YOK	VAR
S51	85	90	90	95	95
S52	75	85	85	75	90

Tablo 4.2’de sunulan verilerin toplamaları aşaması tamamlandıktan sonra kriterlerin AHP yöntemi ile ağırlıklandırılması aşamasına geçilmiştir. Bu aşama Bölüm 4.4’te verilmiştir.

4.4 KRİTERLERİN AHP İLE AĞIRLIKLANDIRILMASI

4.4.1 İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Çalışmamızda AHP yöntemi sadece kriterlerin ağırlıklandırılması aşamalarında kullanılmıştır. Bu aşamada kriterlerin Saaty yöntemi ile puanlandırılması, Bilgi Güvenliği departmanındaki yönetici ve iki uzman ile beraber yapılmıştır. Uygulamanın ilk aşamasında ana kriterlerin ağırlıklandırma işlemleri yapılmıştır. Ana kriterlerin değerlendirilmiş olup, bu değerlendirmeden oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3

Ana Kriterler	Sertifika	Programlama bilgisi	Kişilik özellikleri	Mezuniyet bilgisi	Sınav sonuçları
Sertifika	1	3	7	4	0,142
Programlama bilgisi	0,333	1	5	4	0,166
Kişilik özellikleri	0,142	0,2	1	0,5	0,111
Mezuniyet bilgisi	0,25	0,25	2	1	0,2
Sınav sonuçları	7	6	9	5	1

4.4.2 Değerlerin Normalizasyon İşlemi

Bu aşamada Tablo 4.3'te bulunan her sütun toplanmasının ardından, sütun toplam değerinin o sütundaki her bir sütun değerine bölünmesiyle verilerin normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.4

Ana Kriterler	Sertifikalar	Programlama bilgisi	Kişilik özellikleri	Mezuniyet bilgisi	Sınav sonuçları
Sertifikalar	1	3	7	4	0,142
Programlama bilgisi	0,333	1	5	4	0,166
Kişilik özellikleri	0,142	0,2	1	0,5	0,111
Mezuniyet bilgisi	0,25	0,25	2	1	0,2
Sınav sonuçları	7	6	9	5	1
Sütun Toplamı	8,725	10,45	24	14,5	1,619

Örnek olması açısından 1. Sütunun normalizasyon işlemi Tablo 4.5'te belirtilmiştir

Tablo 4.5

	K1
K1	$1/8,72 = 0,115$
K2	$0,333/8,72 = 0,038$
K3	$0,142/8,72 = 0,0162$
K4	$0,25/8,72 = 0,028$
K5	$7/8,72 = 0,802$

Normalizasyon işleminin bitmiş hali Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Tablo 4.6

Ana Kriterler	Sertifikalar	Programlama bilgisi	Kişilik özellikleri	Mezuniyet bilgisi	Sınav sonuçları
Sertifikalar	0,115	0,287	0,291	0,275	0,087
Programlama bilgisi	0,038	0,095	0,208	0,275	0,102

Kişilik özellikleri	0,016	0,019	0,041	0,034	0,068
Mezuniyet bilgisi	0,028	0,024	0,083	0,068	0,123
Sınav sonuçları	0,802	0,574	0,375	0,344	0,617

Bu aşamadan sonraki adım kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması yani öz vektörün bulunmasıdır.

4.4.3 Ana Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Bulunması

Bu aşamada kriterlerin önem ağırlıklarının bulunması için her bir satırın ortalaması alınmıştır. Sonuçlar Tablo 4.7’de ki gibidir.

Tablo 4.7		
Ana Kriterler	Öz Vektör (Önem ağırlığı)	
Sertifikalar (S1)	0,21	%21
Programlama bilgisi (P2)	0,14	%14
Kişilik özellikleri (K3)	0,04	%4
Mezuniyet bilgisi (M4)	0,06	%6
Sınav Sonuçları (S5)	0,55	%55

4.4.4 Ana Kriterlerin Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Karar vericinin verdiği değerlerin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla, ikili karşılaştırma matrislerindeki yargıların tutarlılık oranını hesaplamak gereklidir. Bu amaçla, "Tutarlılık İndeksi (CI)" adı verilen bir ölçüt kullanılır. Bu indeks, kararların tutarlılığını gösteren bir göstergedir. Tutarlılık indeksinin bulunması için öncelikle karar matrisi (A) ile bir önceki aşamada bulduğumuz öz vektörlerin (w) çarpımı gerçekleştirilir ve bunun sonucunda öz değer elde edilir.

Ana Kriterler sonuçları	Sertifikalar	Programlama bilgisi	Kişilik özellikleri	Mezuniyet bilgisi	Sınav	Ana Kriterler	Öz Vektör (Önem ağırlığı)
Sertifikalar	1	3	7	4	0,142	Sertifikalar (K1)	0,21 %21
Programlama bilgisi	0,333	1	5	4	0,166	Programlama bilgisi (K2)	0,14 %14
Kişilik özellikleri	0,142	0,2	1	0,5	0,111	Kişilik özellikleri (K3)	0,04 %4
Mezuniyet bilgisi	0,25	0,25	2	1	0,2	Mezuniyet bilgisi (K4)	0,06 %6
Sınav sonuçları	7	6	9	5	1	Sınav Sonuçları (K5)	0,55 %55

	Öz Değer
	$(1*0,21)+(3*0,14)+(7*0,04)+(4*0,06)+(0,142*0,55)$
	$(0,333*0,21)+(1*0,14)+(5*0,04)+(4*0,06)+(0,166*0,55)$
	
	
	

Şekil 4.3

Şekil 4.2’de belirtildiği üzere elde edilen öz değerler Tablo 4.8’deki gibidir.

Tablo 4.8

Ana Kriterler	Öz Değer
Sertifikalar (K1)	1,22
Programlama bilgisi (K2)	0,73
Kişilik özellikleri (K3)	0,17
Mezuniyet bilgisi (K4)	0,33
Sınav sonuçları (K5)	3,52

Öz değerlerin bulunmasının ardından sonraki aşama olarak en büyük öz değer bulunması gerekmektedir. Karar matrisi ile öz vektör matrisi çarpılarak kriter sayısına bölünmüştür ve sonuç olarak en büyük öz değer elde edilmiştir. Yapılan işlem Şekil 4.4 üzerinde gösterilmiştir.

Ana Kriterler	Öz Değer
Sertifikalar (K1)	1,22
Programlama bilgisi (K2)	0,73
Kişilik özellikleri (K3)	0,17
Mezuniyet bilgisi (K4)	0,33
Sınav Sonuçları (K5)	3,52



Ana Kriterler	Öz Vektör (Önem ağırlığı)
Sertifikalar (K1)	0,21
Programlama bilgisi (K2)	0,14
Kişilik özellikleri (K3)	0,04
Mezuniyet bilgisi (K4)	0,06
Sınav Sonuçları (K5)	0,55



En Büyük Öz Değer
$\frac{(1,22/0,21) + (0,73/0,14) + (0,17/0,04) + (0,33/0,06) + (3,52/0,55)}{5}$
= 5,43

Şekil 4.4

En büyük öz değerin hesaplanmasının ardından tutarlılık indeksinin hesaplayabiliriz.

Tutarlılık indeksi (CI), en büyük özdeğerden kriter sayısını çıkardıktan sonra kriter sayısının bir eksiğine bölünmesi ile bulunur. İşlemin sonucu aşağıdaki gibidir.

$$\frac{5,43 - 5}{5 - 1} = 0,10 \quad (4.5)$$

Tutarlılık indeksi, kriter sayısına göre belirlenen rassallık göstergesine bölünür.

Tablo 4.9: Rassallık göstergeleri (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

5 adet kriter bulunduğu için tutarlılık indeksi 1,12 sayısına bölünmüştür.

$$\frac{0,10}{1,12} = 0,09 \quad (4.6)$$

Tutarlılık Oranı (CR) 0,09 çıkmış olup 0,10'den küçük olması ile beraber sonucun tutarlı olduğunu göstermektedir.

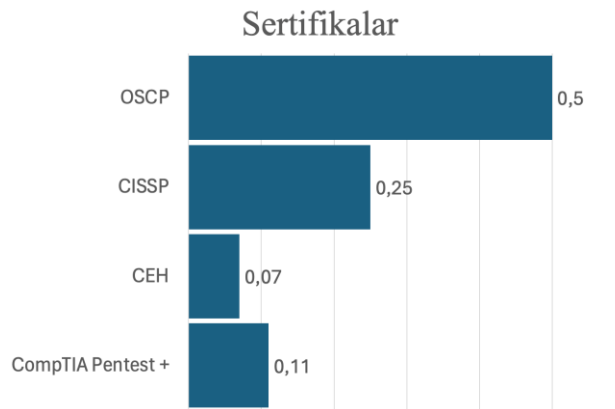
4.4.5 Alt Kriterlerin Önem Ağırlıklarının ve Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması

Şimdiye kadar ki aşamalarda ana kriterlerin ağırlıklandırılma süreci örnek teşkil etmesi için formül işlemleriyle beraber verilmiş olup, çalışmanın devamında alt kriterler de aynı işlemlere tabi tutularak sonuçları aktarılmıştır. Sırasıyla her ana kritere ait alt kriterlerinin ağırlıklandırma işlemleri aşağıda yer almaktadır. Sertifikalar ana kriterine ait alt kriterlin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10

Sertifikalar	CompTIA Pentest+	CEH	CISSP	OSCP	ISO 27001
CompTIA Pentest+	1	2	0,333	0,2	2
CEH	0,5	1	0,25	0,166	1
CISSP	3	4	1	0,333	4
OSCP	5	6	3	1	5
ISO 27001	0,5	1	0,25	0,2	1

Tablo 4.10’da verilen ikili karşılaştırma matrisi üzerine AHP adımları uygulanmış ve Şekil 4.7’de verilen sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçların Tutarlılık oranı 0,024’tür. Bu durumda sonucun tutarlı olduğu belirlenmiştir.



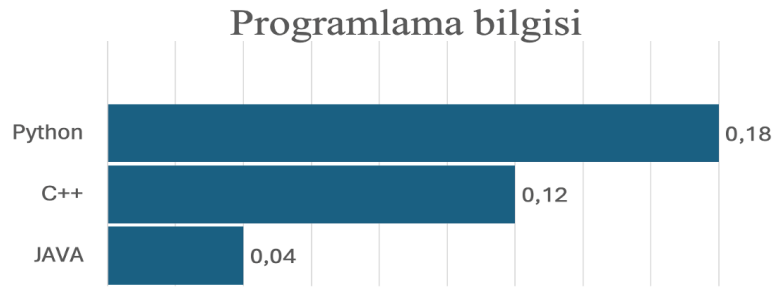
Şekil 4.7

İkinci ana kriter olarak programlama bilgisi ele alınmıştır. Oluşturulan ikili matris Tablo 4.11’de yer almaktadır.

Tablo 4.11

Programlama bilgisi	JAVA	C#	Python
JAVA	1	0,5	0,25
C++	2	1	0,33
Python	4	3	1

Tablo 4.11’te verilen ikili karşılaştırma matrisi üzerinde AHP adımları uygulanmış ve Şekil 4.8’de verilen sonuçlara elde edilmiştir. Tutarlılık oranı hesaplanmış ve 0.029 bulunmuştur. Sonucun tutarlı olduğu belirlenmiştir.

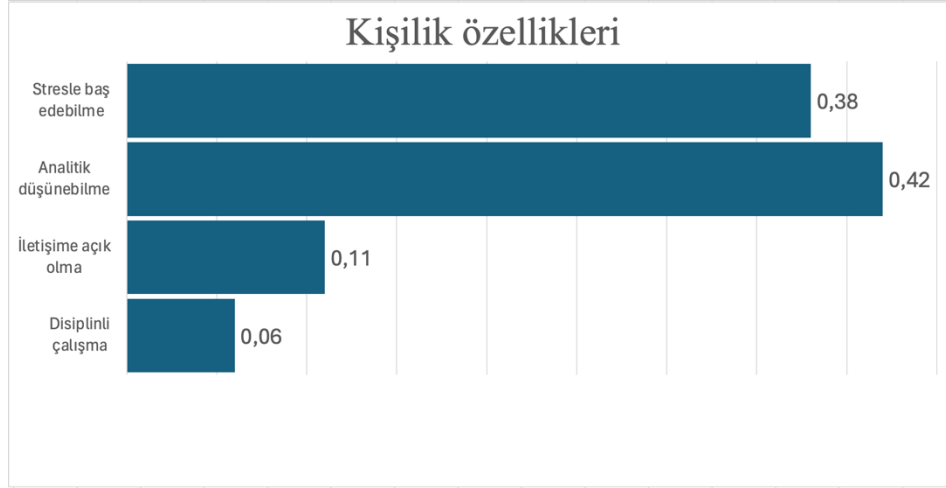
**Şekil 4.8**

Üçüncü ana kriter olarak Kişilik özellikleri ele alınmıştır. Kişilik özellikleri ana kriterine ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.12’de yer almaktadır.

Tablo 4.12

Kişilik özellikleri	Disiplinli çalışma	İletişime açık olma	Analitik düşünebilme	Stresle baş edebilme
Disiplinli çalışma	1	0,5	0,2	0,142
İletişime açık olma	2	1	0,333	0,2
Analitik düşünebilme	5	3	1	2
Stresle baş edebilme	7	5	0,5	1

Tablo 4.12’de verilen verilerin üzerine AHP adımları uygulandığında kriterlerin ağırlık oranları Şekil 4.9’daki gibi elde edilmiştir.



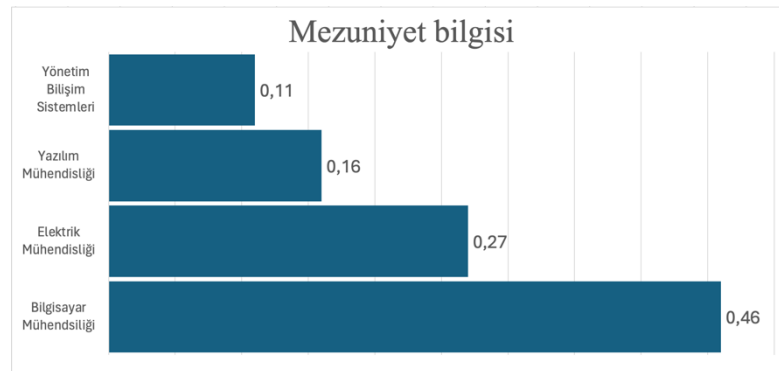
Şekil 4.9

Verilerin tutarlılık oranı 0,098 çıkmış olup sonucun tutarlı olduğu belirlenmiştir. Dördüncü ana kriterimiz olan Mezuniyet bilgisinin alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.13'de yer almaktadır.

Tablo 4.13

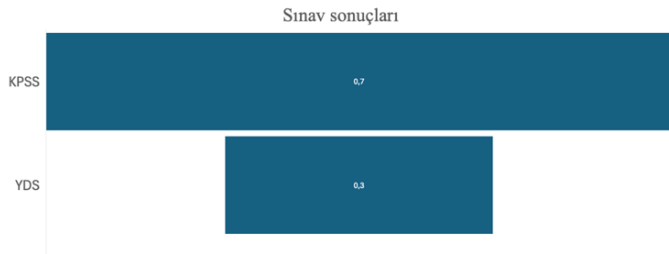
Mezuniyet Bilgisi	Bilgisayar Mühendisliği	Yazılım Mühendisliği	Elektrik Mühendisliği	Yönetim Bilişim Sistemleri
Bilgisayar Mühendisliği	1	2	3	4
Yazılım Mühendisliği	0,5	1	2	3
Elektrik Mühendisliği	0,333	0,5	1	2
Yönetim Bilişim Sistemleri	0,25	0,333	0,5	1

Tablo 4.13'de bulunan verilerin üzerine AHP adımları uygulandığında Şekil 4.10'daki sonuçlar elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0,0107 bulunmuş olup sonucun tutarlı olduğunu ispat etmektedir.



Şekil 4.10

Son olarak da sınav sonuçları ana kriterine ait KPSS ve YDS puanı kriterleri, Türkiye Cumhuriyeti'ndeki kamu kurumlarının memur alım ilanları incelendiğinde istenen bu iki sınav sonucunun ağırlığı Saaty ile puanlamaya gerek duyulmaksızın %70 KPSS, %30 YDS olarak ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıkların grafik üzerindeki görüntüsü şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11

4.4.6 Alt Kriterlerin Nihai Ağırlıklarının Bulunması

AHP'nin son adımı olarak ana kriter ağırlıkları ile alt kriter ağırlıklarının çarpılarak nihai alt kriter ağırlıklarının bulunmasıdır. Nihai alt kriter ağırlığının amacı, her bir alt kriterin karar verme sürecindeki göreceli önemini belirlemektir. Bu ağırlıklar, ana kriterlerin ve alt kriterlerin karar sürecindeki etkisini ölçmek için kullanılır. Nihai alt kriter ağırlıkları Tablo 4.14'de belirtilmiştir.

Tablo 4.14

Ana kriterler	Ağırlıklar	Alt kriterler	Ağırlıklar	Nihai ağırlık
Sertifika lar	0,21	CompTIA Pentest +	0,11	0,023
		CEH	0,07	0,014
		CISSP	0,25	0,052
		OSCP	0,5	0,105
		ISO 27001	0,07	0,014
Programlama bilgisi	0,14	JAVA	0,04	0,056
		C ++	0,119	0,016
		Python	0,181	0,025
Kişilik özellikleri	0,04	Disiplinli Çalışma	0,06	0,002
		İletişime açık olma	0,11	0,004
		Analitik düşünebilme	0,42	0,016
		Stresle baş edebilme	0,38	0,015
Mezuniyet bilgisi	0,06	Bilgisayar Mühendisliği	0,46	0,027
		Elektrik Mühendisliği	0,27	0,016
		Yazılım Mühendisliği	0,16	0,009
		Yönetim Bilişim Sistemleri	0,10	0,006
Sınav sonuçları	0,55	KPSS	0,70	0,38
		YDS	0,30	0,16

4.5 ADAYLARIN TOPSIS YÖNTEMİ İLE SIRALANMASI

AHP yöntemi ile ana kriterler ve bunlara ait alt kriterlerin ikili matrisleri oluşturulduktan sonra ağırlık oranları hesaplanmış ve karar vericinin kriterleri puanlamasındaki tutarlılık oranları kontrol edilmiştir. Ardından Alt kriterlere ait nihai ağırlık hesaplanmıştır. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra pozisyon için başvuran adayların verilere TOPSIS adımları uygulanmış ve ardından pozisyon için en uygun adayın belirlenmesi adına sıralamaya koyularak bir sonuç çıkarılmıştır. Adımların uygulanması Excel programı ile sağlanmıştır.

4.5.1 İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

TOPSIS yönteminin ilk aşamasında karar matrisi oluşturulmuştur. Alternatifler ve sağladıkları kriterlerin bulunduğu Tablo 4.14 aşağıda yer almaktadır.

Tablo 4.14

	S11	S12	S13	S14	S15	P21	P22	P23	K31	K32	K33	K34	M41	M42	M43	M44	S51	S52
Aday 1	0	0,7	2,5	0	0	8	6	3	9	3	6	5	0	2,7	0	0	85	75
Aday 2	1,1	0	0	0	0,7	5	3	9	6	7	7	4	0	0	0	0	90	85
Aday 3	1,1	0,7	0	0	0,7	7	8	5	8	5	3	7	4,6	0	0	0	82	65
Aday 4	0	0	0	5	0	4	6	8	4	4	6	7	0	0	1,6	0	95	75
Aday 5	0	0,7	0	0	0	3	6	4	7	3	4	9	0	0	0	1	95	90

4.5.2 Normalizasyon İşlemi

Karar matrisinin oluşturulmasının ardından matris normalize edilmiştir. Normalize edilmiş matris Tablo 4.15'de belirtilmiştir.

Tablo 4.15

	S11	S12	S13	S14	S15	P21	P22	P23	K31	K32	K33	K34	M41	M42	M43	M44	S51	S52
Aday 1	0	0,57	1	0	0	0,62	0,44	0,21	0,57	0,28	0,50	0,33	0	1	0	0	0,43	0,43
Aday 2	0,70	0	0	0	0,7	0,39	0,22	0,64	0,38	0,67	0,58	0,26	0	0	0	0,70	0,45	0,48
Aday 3	0,70	0,5	0	0	0,7	0,54	0,59	0,35	0,51	0,48	0,25	0,46	1	0	0	0	0,41	0,37
Aday 4	0	0	0	1	0	0,31	0,44	0,57	0,25	0,38	0,50	0,46	0	0	1	0	0,45	0,43
Aday 5	0	0,57	0	0	0	0,23	0,44	0,28	0,44	0,28	0,33	0,60	0	0	0	0,70	0,48	0,51

4.5.3 Ağırlıklı Normalize Matrisin Oluşturulması

Karar matrisinin normalizasyon işleminin yapılmasının ardından ağırlıklı normalize matrisin oluşturulması gerekmektedir. Tablo 4.15'deki her bir kriterin bulunduğu sütundaki değerler, ait olduğu kriterin Tablo 4.16'da belirtilen nihai ağırlığı ile çarpılarak Tablo 4.17 elde edilmiştir.

Tablo 4.16

	S11	S12	S13	S14	S15	P21	P22	P23	K31	K32	K33	K34	M41	M42	M43	M44	K51	K52
Nihai ağırlıklar	0,23	0,014	0,052	0,105	0,147	0,056	0,016	0,025	0,002	0,004	0,016	0,015	0,027	0,016	0,009	0,006	0,38	0,16

Tablo 4.17

	S11	S12	S13	S14	S15	P21	P22	P23	K31	K32	K33	K34	M41	M42	M43	M44	K51	K52
Aday 1	0	0,008	0,052	0	0	0,035	0,007	0,005	0,0011	0,0011	0,008	0,005	0	0,016	0	0	0,163	0,068
Aday 2	0,016	0	0	0	0,010	0,022	0,004	0,016	0,0007	0,0026	0,009	0,004	0	0	0	0,04	0,173	0,077
Aday 3	0,016	0,008	0	0	0,010	0,031	0,010	0,009	0,0010	0,0019	0,004	0,007	0,027	0	0	0	0,157	0,059
Aday 4	0	0	0	0,105	0	0,018	0,007	0,014	0,0005	0,0015	0,008	0,007	0	0	0,09	0	0,173	0,058
Aday 5	0	0,008	0	0	0	0,013	0,007	0,007	0,0008	0,0011	0,005	0,009	0	0	0	0,04	0,182	0,082

4.5.4 Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Hesaplanması

Ağırlıklı normalize matrisin oluşturulmasının ardından pozitif ideal çözüm (A+) ve negatif ideal çözüm (A-) hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 4.18'de belirtilmiştir.

Tablo 4.18

	S11	S12	S13	S14	S15	P21	P22	P23	K31	K32	K33	K34	M41	M42	M43	M44	S51	S52
A+	0,016	0,008	0,052	0,105	0,010	0,035	0,010	0,016	0,0011	0,0027	0,0093	0,0091	0,0270	0,016	0,009	0,004	0,182	0,082
A-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,004	0,005	0,0005	0,0012	0,0040	0,0040	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,157	0,059

4.5.5 Alternatiflerin Pozitif, Negatif İdeallere Uzaklığının ve Görelî Yakınlık Derecelerinin Belirlenmesi

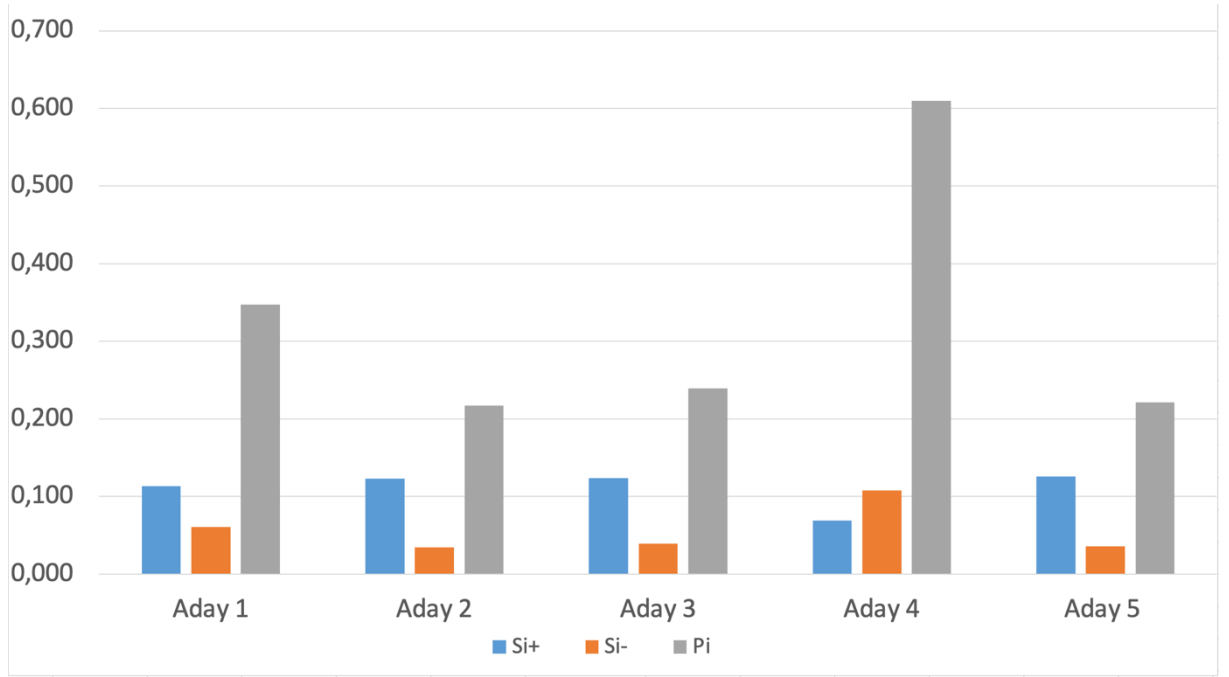
Alternatiflerin pozitif ve negatif ideallere olan uzaklığı hesaplanmış ve bu değerler ile görelî yakınlık derecesi hesaplanmıştır. Yapılan işlemler neticesinde adayların elde edilen Si+, Si-, Pi değerleri Tablo 4.19'da yer almaktadır.

Tablo 4.19

	Si+	Si-	Pi
Aday 1	0,114	0,060	0,347
Aday 2	0,123	0,034	0,217
Aday 3	0,124	0,039	0,240
Aday 4	0,069	0,108	0,610
Aday 5	0,125	0,036	0,221

4.5.6 Alternatiflerin Sıralanması

Tablo 4.19'daki verilen sonuçlar görselleştirilerek Şekil 4.12 elde edilmiştir.



Şekil 4.12

Şekil 4.12'ye bakılarak alternatiflerin sıralaması şu şekilde olmaktadır;

1. Aday 4
2. Aday 1
3. Aday 3
4. Aday 5
5. Aday 2

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmanın çıkış noktası siber güvenlik kavramıdır. Siber güvenlik, içinde bulunduğumuz çağın en önemli konularından biri olup, önemi her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerindeki gelişmiş ülkeler siber güvenlik alanına yatırım yapmaktadır. Bu alanda Türkiye Cumhuriyeti de yetişmiş insan gücüne ihtiyaç duymaktadır. Kamu ve özel sektör fark etmeksizin, siber güvenlik alanında faaliyet gösterecek kişilerin kendilerini sürekli geliştirmesi gerekmektedir. Siber güvenlik tehditlerinin çeşitlenmesi ve karmaşıklığının artması, bu alanda yetkin profesyonellerin önemini daha da artırmaktadır. Kurumlar, siber güvenlik elemanlarını dikkatle seçmeli ve bu alanda yetkin, deneyimli ve eğitilmiş kişileri istihdam etmelidir. Aksi takdirde, siber güvenlik açıkları ciddi sonuçlar doğurabilir. Uygun olmayan personel seçimi, kurumların hassas verilerinin çalınmasına, mali kayıplara ve itibar zedelenmesine yol açabilir. Bu nedenle, siber güvenlik elemanlarının doğru seçilmesi, hem kamu hem de özel sektör için kritik bir öneme sahiptir.

Bu bağlamda, siber güvenlik elemanlarının seçiminde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılması önerilmiştir. ÇKKV yöntemleri, karar vericilere çeşitli kriterleri dikkate alarak en uygun adayı seçme imkanı sağlamaktadır. Bu yöntemler, seçim ve sıralama gibi problemlerin çözülmesinde literatürde etkin rol oynamıştır. Bu yöntemlerin kullanımı, doğru adayların belirlenmesini sağlayarak kurumların siber güvenlik açıklarını minimize eder ve böylece kurumların veri güvenliğini ve operasyonel sürekliliğini sağlamalarına yardımcı olur. Dolayısıyla, siber güvenlik elemanlarının seçimi sürecinde ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, hem literatürdeki başarılı uygulamalarla desteklenen hem de pratikte etkin sonuçlar veren bir yaklaşımdır.

Bu çalışmada Türkiye Cumhuriyeti'nin bir kamu kurumundaki bir süreç ele alınmıştır. Kurum Bilgi Güvenliği departmanında istihdam etmek üzere siber güvenlik bilişim personeli almaktadır. Pozisyon için başvurmuş 5 aday belirlenmiştir. İnsan Kaynakları birimi, departman müdürü ve kıdemli uzmanlarla görüşülmüş ve internet üzerindeki kamu kurumlarının siber güvenlik bilişim personeli alım ilanları incelenerek bu pozisyon için kriterler ve bunların alt kriterleri belirlenmiştir. Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri araştırılmış ve nihayetinde AHP ve TOPSIS yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Kriterlerin ve alt kriterlerinin ağırlıklandırılması AHP yöntemi ile yapılmıştır. Ardından alternatifler (adaylar) TOPSIS yöntemiyle Excel programından yardım alınarak sıralanmıştır. Bu işlemlerin sonucunda Aday

4 pozisyon için en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Daha sonrasında sıralama sırasıyla Aday 1, Aday 3, Aday 5, Aday 2 şeklinde devam etmiştir. Aday 3, Aday 5 ve Aday 2 arasında çok belirgin bir fark bulunamamış olup Aday 1 bu saydıklarımızdan daha güçlü konumda olmakla beraber Aday 4 ile arasındaki fark bir hayli fazladır. Kurum bu verilerden yola çıkarak bir seçim yapabilir veya kriterler ve alternatiflerde değişiklikler yaparak modeli tekrar deneyebilir. Yapılan çalışmanın sonucu siber güvenlik bilişim personeli alımı sürecine doğrudan etkilememiştir. Çalışmanın amacı, siber güvenlik alanının özel ve önemli bir alan olması sebebiyle, sektördeki işe alımların daha sistematik ve objektif bir şekilde yapılmasına katkıda bulunmaktır. Bu çalışmanın bulguları, gelecekte siber güvenlik personeli alım süreçlerinde kullanılabilecek bir model sunmakta ve bu alandaki personel seçim süreçlerine rehberlik etmektedir. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler, kurumların daha bilinçli kararlar almasını sağlayarak, işe alım süreçlerinin verimliliğini artırabilir. Ayrıca, bu model farklı kurumlar ve sektörler için uyarlanarak genişletilebilir ve böylece siber güvenlik alanındaki personel seçimi süreçlerine önemli katkılar sağlayabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma, siber güvenlik personeli seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin etkinliğini ortaya koymuş ve bu alandaki literatüre önemli bir katkı sağlamıştır. İleride yapılacak çalışmalarda, bu modelin farklı kriterler ve yöntemlerle geliştirilmesi ve genişletilmesi mümkündür. Siber güvenlik gibi sürekli gelişen ve kritik öneme sahip bir alanda, personel seçiminde objektif ve sistematik yaklaşımların benimsenmesi, hem kurumların güvenliğini hem de genel olarak sektörün gelişimini olumlu yönde etkileyecektir.

KAYNAKÇA

- Arslankaya, S., Göraltay, K. (2019), Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar . İksad Yayınevi.
- Aslan, A., Hüseyinoğlu, M., ve Budak, C. (2023), "İşe alım süreçlerinde aşamalı olarak TOPSIS ve VIKOR yöntemleri uygulanarak iş gören seçimi yapılması", DÜMF MD, 14(1), 113-122.
- Dumanoğlu, S. (2015). İMKB'DE İŞLEM GÖREN ÇİMENTO ŞİRKETLERİNİN MALİ PERFORMANSININ TOPSIS YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ. Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 29(2), 323-339.
- Ersöz, F., & Atav, A. (2011). Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi. YAEM 2011 Yöneylem Araştırması Ve Endüstri Mühendisliği 31. Ulusal Kongresi , 79.
- Furnell, S., Fischer, P., ve Finch, A. (2017). Can't get the staff? The growing need for cyber-security skills. Computer Fraud & Security, 2017(2), 5-10. Elsevier.
- Kocaoğlu, B., ve Küçük, A. (2019). Evaluation Of The Performance Of Companies Operating In The Pharmaceutical Sector For Reverse Logistics Applications With TOPSIS and MOORA Methods. Journal of Transportation and Logistics, 4(1), 11-30.
- Özbek, A. (2015). Akademik Birim Yöneticilerinin MOORA Yöntemiyle Seçilmesi: Kırıkkale Üzerinde Bir Uygulama. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , 1(38), 9.
- Sağiroğlu, Ş., Alkan, M., Samet, R., Ulutaş, G., Yalman, Y., Şengül, G., Paşaoğlu, C., Bostan, A., Doğru, A., Dörterler, M., Efe, A., Vural, Y., Şenol, M., Terzi, D. S., Aslan, Ö., Erdem Erol, S., Sümer, Ç., & Urfalıoğlu, R. (2018). Siber Güvenlik ve Savunma. Grafiker Yayınevi.
- Şimşek, A., Çatır, O., ve Ömürbek, N. (2015). TOPSIS VE MOORA YÖNTEMLERİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ: TURİZM SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18(33), 133-161.
- Tuzkaya, G., Gülsün, B., Kahraman, C., & Özgen, D. (2010). An integrated fuzzy multi-criteria decision making methodology for material handling equipment selection problem and an application. Expert systems with applications, 37(4), 2853-2863. Elsevier.

