

# ÇOK NİTELİKLİ KARAR VERME

Bitirme Çalışması Danışmanı: Prof. Dr. Fatma TİRYAKI

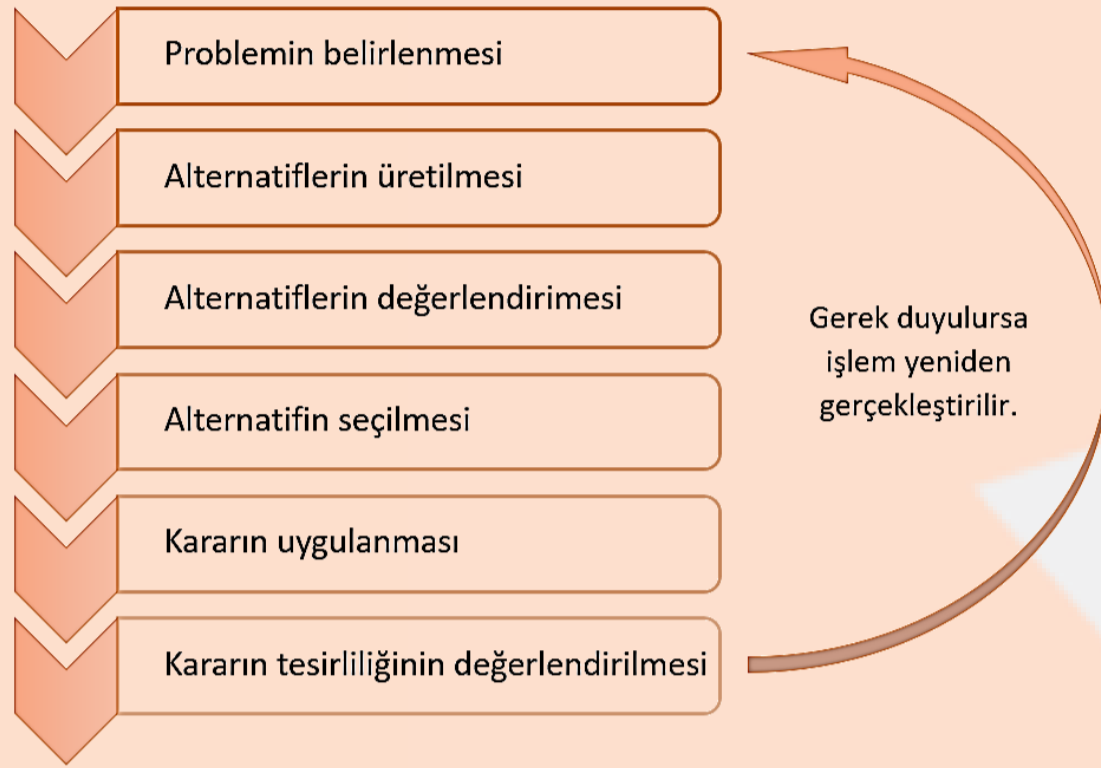
18025901 İnci ÇAĞLAYAN

## KARAR VERME

Karar kavramı bir amaca ulaşmak için belirli kısıtlar çerçevesinde varılan nihai sonucu ifade eder. Karar verme ise en basit şekilde, birden fazla olmak şartıyla, analiz edilen alternatifler arasında hedef doğrultusunda en uygun olanı seçme eylemidir.

Hayatın hemen her anında doğru bir karar verilmesine ihtiyaç duyulan olaylar meydana gelir. Satrançta sıradaki hamleyi yapma, yakıt tasarrufu en yüksek arabayı seçme ve eve dönerken gidilecek rotayı belirleme gibi faaliyetler birer karar verme örneğidir.

Karar vermenin önemli bir aşaması olan karar verme süreci belli başlı adımlardan oluşur. Bu sürecin planlı ve etkin bir şekilde uygulanabilmesi ve doğru kararların alınabilmesi için bu adımlar bilinmelidir. Şekil 1'de görülen aşamalar, karar verme sürecinin temel adımlarıdır.



Şekil 1 Karar Verme Süreci

Bir karar verme şekli olan karar analizi, bir kararın tüm yönlerini tanımlamayı ve değerlendirmeyi ve en uygun sonucu üreten karara dayalı olarak hareket geçmeyi içerir. Karar analizi teknikleri Tek Amaçlı Karar Verme, Karar Destek Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme olmak üzere üç kategoriye ayrılır.

## ÇOK NİTELİKLİ KARAR VERME

Çok Nitelikli Karar Verme çok sayıda farklı kriterin mevcut olduğu karar problemlerinde, sayısal değere sahip olmayan bir kriter var ise bir sayısal değer tahsis ederek, matematiksel hesaplamalar ile sonuca en uygun şekilde ulaşılmasını sağlar. Karar verici kriterleri ve alternatifleri belirleyebildiği sürece ÇNKV yöntemlerinin uygulanamayacağı problem yoktur.

ÇNKV yaklaşımı alternatifleri seçme, sıralama ve alternatifleri karşılaştırma gibi karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar, ağır matematik işlemleri gerektirmedikleri ve paket programlar kullanılmadan hızlı karar vermeye izin verdikleri için genellikle tercih edilen yöntemdir. ÇNKV yönteminin tek bir hedefi vardır ve bu hedef, bir karar problemi için maksimum kazanç ve minimum kayıp sağlayacak en iyi alternatifini belirlemektir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE gibi birçok yöntem birer ÇNKV yaklaşımıdır.

ÇNKV modelleri, niteliklere dayalı olarak mevcut  $m$  tane alternatif arasından en iyi ve en uygun alternatifini seçmek için uygulanan seçici modellerdir. ÇNKV genellikle bir karar matrisi kullanılarak formüle edilir. ÇNKV'de karar verici, bağımsız  $A_i$ ,  $i=1, \dots, m$  alternatifleri arasında  $C_j$ ,  $j=1, \dots, n$  niteliklerine göre en iyi alternatifini seçer. ÇNKV literatüründe yer alan temel tanımlar şunlardır:

- Karar verici:** Belirledikleri amaç, ölçüt ve hedeflere göre söz konusu kararı sonuçlandırmaya çalışan, yol gösteren ve süreci takip eden kişi veya topluluk.
- Alternatif:** ÇNKV'de her biri karar vericinin arzulan özelliklerinin bir ölçüsünü karşılayan sınırlı sayıda önceden belirlenmiş, bağımsız alternatif vardır.
- Kriter:** Kriterler, değerlendirmenin temeli, amaç ve nitelik olarak ikiye bölünmüş bir verimlilik ölçüsüdür.
- Amaç:** Amaç, nihai başarısına ulaşılan kadar takip edilir.
- Nitelik:** Bir alternatifte olması gereken özelliktir. Her alternatifte, karar vericinin görüşüne göre bir dizi ilgili nitelik atanır.
- Karar matrisi:** Genellikle aşağıda verilen D matrisi gibi  $m \times n$  ranklı bir matristir.  $A_i$ ,  $i=1, \dots, m$  alternatifleri,  $C_j$ ,  $j=1, \dots, n$  nitelikleri ve  $r_{ij}$ ,  $i=1, \dots, m$ ,  $j=1, \dots, n$  her bir nitelik için alternatiflerin değerini temsil eder.

$$D_{m \times n} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ A_2 & r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{matrix}$$

Çok Nitelikli Karar Verme yöntemleri finans, ekonomi, işletme, pazarlama, turizm, otomotiv, lojistik gibi daha birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır.

### 1. Tek Amaçlı Karar Verme (TAKV)

Karar vermenin klasik optimizasyon yöntemlerine göre, belirli bir amaç için bazı şartları yerine getirerek karar verici tarafından amaç denkleminin optimal hale getirilmesidir. TAKV'de amaç tektir ve karar verme işleminin sonunda amaç maksimize ve minimize edilir.

### 2. Karar Destek Sistemleri (KDS)

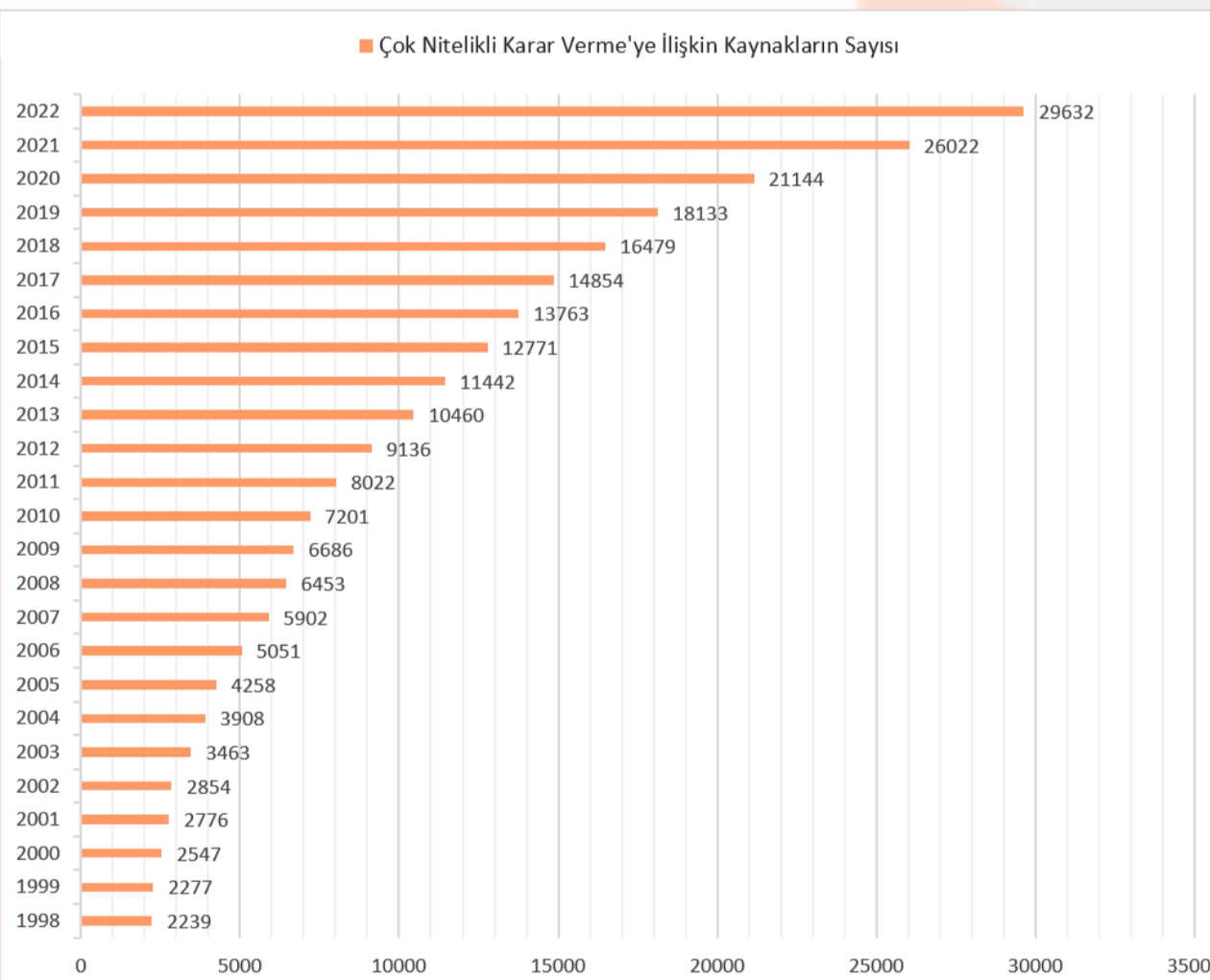
KDS, modelleri, veri tabanlarını ve diğer karar araçlarını entegre eden ve bunları karar vericiler tarafından kullanılmak üzere paketleyen birbirini etkileyen, esnek ve uyarlanabilir bir yazılım sistemini ifade eder. Karar destek sistemleri anlaşılması güç olan karar verme problemlerinin çözülmesini destekler.

### 3. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Yöneylem araştırmasının bir dalı olan ÇKKV, karar teorisi ve karar analizinin en tutulan yöntemlerinden biridir. ÇKKV yöntemleri, mümkün olan en iyi alternatifini belirlemek için sayısal veya sözlü kriterler kullanmak üzere tasarlanmıştır. ÇKKV, alternatiflerin güçlü ve zayıf yönlerini birden çok kritere göre değerlendiren analitik yöntemlerden ibarettir.

ÇKKV problemleri genel olarak Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Seçim/değerlendirme için ÇNKV, tasarım problemleri için ÇAKV kullanılır. Ayrıca ÇKKV metodları, problemin çözüm uzayına göre sürekli ve ayrık olarak ikiye ayrılmaktadır. Çok amaçlı karar verme yöntemleri sonsuz seçeneğe sahip olduğu için sürekli ÇKKV olarak da adlandırılır. Öte yandan, ayrık problemleri çözmek için ise ÇNKV yöntemleri kullanılır. Çok nitelikli karar verme yöntemleri sınırlı sayıda seçeneğe sahiptir ve ÇNKV yerine kesikli ÇKKV ismiyle de anılmaktadır.

ÇNKV yöntemleri karar problemlerinin çözümünde en çok tercih edilen yöntemlerdir. Uygulaması kolay olmaları ve karar vericiyi memnun eden sonuçlar vermeleri bu yargıyı desteklemektedir. Bu yöntemler ortaya atıldığından beri kullanımlarında yıldan yıla bir artış görülmüştür. Bu artış Şekil 2'de verilen grafikte net bir şekilde görülmektedir. Bu grafikte yer alan veriler 22 Aralık 2022 tarihinde ScienceDirect platformundan alınmıştır ve son 24 yıldaki ÇNKV'nin kullanım sıklığını göstermektedir.



Şekil 2 ÇNKV'nin son 24 yıldaki kullanımını gösteren grafik

Bu çalışmada ÇNKV yöntemleri arasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve VIKOR (Vise Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemleri üzerinde durulacaktır.

### AHP

Thomas L. Saaty, 1977 yılında çok kriterli ve karmaşık karar problemlerini çözmek için AHP yöntemini ileri sürmüştür. AHP yöntemindeki tüm karar problemleri hiyerarşik bir yapı olarak ele alınmaktadır. AHP, karar verme sürecini etkileyen fikirlerin ve duyguların nicelleştirildiği durumlar için tasarlanmıştır ve alternatiflere öncelik vermek için sayısal bir ölçek sağlar.

### TOPSIS

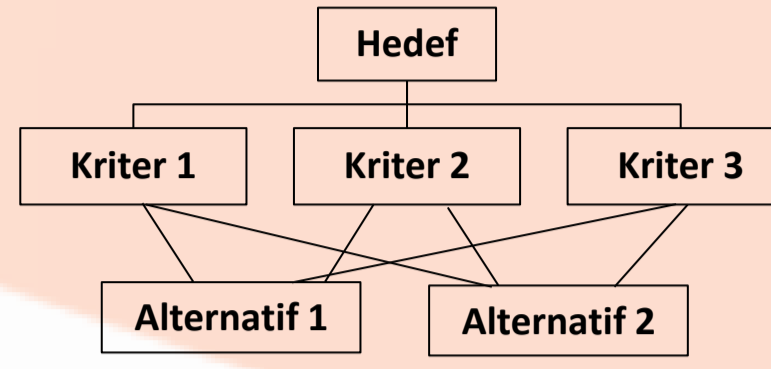
1981 yılında Ching-Lai Hwang ve Kwangsun Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS, anlaması ve uygulaması basit bir sıralama yöntemidir. Bu yöntem, pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve negatif ideal çözümden en uzak mesafeye sahip olan alternatifini seçmeye çalışır. Bu tekniğin uygulanabilmesi için nitelik değerlerinin sayısal, monoton bir şekilde artan veya azalan olması ve ölçülebilir birimlere sahip olması gerekir.

### VIKOR

VIKOR yöntemi, birbiriyle çelişen birden çok kritere sahip problemleri çözmek için karar vermeye yönelik çok nitelikli analitik bir yöntemdir. Bu yöntemde uzlaşık çözüme ulaşmaya çalışılır. Uzlaşık çözüm, ideal hedeflere yakın, yani optimal çözüme yakın uygulanabilir bir çözümdür. VIKOR, mevcut alternatifleri sıralayarak en iyi çözümü bulmak için ilk olarak 1998 yılında Serafim Opricović tarafından tanıtılmıştır.

### AHP

- 1. Adım:** Problem tanımlanır.
- 2. Adım:** Kriterler ve alternatifler belirlenir.
- 3. Adım:** Hiyerarşik yapı oluşturulur.



- 4. Adım:** Karar matrisi oluşturulur. matrisleri oluşturulur.

Kriterler	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	...	C <sub>n</sub>
C <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	...	a <sub>1n</sub>
C <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	...	a <sub>2n</sub>
C <sub>3</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	...	a <sub>3n</sub>
...	...	...	...	...	...
C <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>n3</sub>	...	a <sub>nn</sub>

Aşağıdaki ölçek sayesinde bu karşılaştırmalar sayısal olarak ifade edilebilir.

Önem Ölçeği	Tanım	Açıklama
1	Eği önemli	İki faaliyet amaca eği derece katkıda bulunur.
3	Orta derecede önemli	Tercübe ve muhakeme, bir faaliyeti diğlerine göre biraz daha avantajlı hale getirir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tercübe ve muhakeme, bir faaliyeti diğlerine göre kuvvetli bir şekilde tercih eder.
7	Çok güçlü derecede önemli	Bir aktivite diğlerine göre çok güçlü bir şekilde tercih edilir; hakimiyeti pratikte kanıtlanmıştır.
9	Ayrı derecede önemli	Bir aktiviteyi diğlerine tercih eden kanıtlar, mümkün olan en yüksek doğrulama mertebesine sahiptir.
2,4,6,8	Ara Değerler	Uzlaşma gerektirildiğinde kullanılmak üzere iki aralık yapı arasındaki değerlerdir.

Oluşturulan karşılaştırma matrisi (A),  $n \times n$  boyutlu bir karar matrisidir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ a_{13} & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} = \frac{1}{a_{1n}} & a_{n2} = \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

- 5. Adım:** İkili karşılaştırma matrisleri normalize edilir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

- 6. Adım:** Öncelik vektörleri hesaplanır.

Öncelik vektörü  $W = [w_i]_{n \times 1}$  olmak üzere, her  $w_i$  değerini bulmak için 5. adımda elde edilen matrisin her satırında bulunan elemanlar toplanarak aritmetik ortalamaları alınır.

- 7. Adım:** Öncelik vektörlerinin tutarlılıkları test edilir.

İlk olarak, karşılaştırma matrisi A ile öncelik vektörü W çarpılarak sütun vektörü D elde edilir.

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1}$$

Her bir kriter için temel değer (E), D ve W sütun vektörlerinin karşılıklı elemanlarının bölünmesiyle elde edilir. E değerlerinin aritmetik ortalaması, karşılaştırma için en büyük özdeğeri ( $\lambda_{max}$ ) sağlar.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i}, \quad \lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

$\lambda_{max}$  değeri hesaplandıktan sonra Tutarlılık İndeksi (CI) hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Tutarlılık oranı hesaplaması, karşılaştırmaya dahil edilen faktörlerin (n) sayısına dayalı olarak Rastgele Tutarlılık İndeksi (RI) kullanır.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Son adımda Tutarlılık Oranı (CR) bulunması için CI, belirlenen RI değerine bölünür.  $CR < 0.10$  ise öncelik vektörü tutarlıdır. Eğer  $CR > 0.10$  ise 4. adıma geri dönülerek işlem tekrar edilir.

- 8. Adım:** Tüm kriterler ve alternatifler için gerekli öncelik vektörleri oluşturulduktan sonra bu vektörler bir karar matrisinde birleştirilir.

$$K = [A_1 \ A_2 \ \dots \ A_n] = [k_{ij}]_{m \times n}$$

$$C = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_n]_{1 \times n}$$

- 9. Adım:** Karar matrisi ile kriter ağırlıkları çarpılarak nihai öncelik vektörü A elde edilir. En büyük değere sahip alternatif en iyi alternatiftir.

$$A = K \cdot C^t$$

### TOPSIS

- 1. Adım:** Problem tanımlanır.
- 2. Adım:** Kriterler ve alternatifler belirlenir. (Kriterlerin fayda kriteri olduğu kabul edilmiştir).
- 3. Adım:** Karar matrisi oluşturulur.

Alternatifler	Kriterler				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	...	C <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	...	a <sub>1n</sub>
A <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	...	a <sub>2n</sub>
A <sub>3</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	...	a <sub>3n</sub>
...	...	...	...	...	...
A <sub>m</sub>	a <sub>m1</sub>	a <sub>m2</sub>	a <sub>m3</sub>	...	a <sub>mn</sub>

- 4. Adım:** Karar matrisi normalize edilir.

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

Normalize edilmiş (standart) karar matrisi  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  elde edilir.

- 5. Adım:** Ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur.

İlk olarak kriterlerin ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Ardından ağırlıklı standart matrisi  $V = [v_{ij}]_{m \times n}$  R matrisinin her sütununda bulunan elemanlara karşılık gelen  $w_i$  ağırlık değerlerinin çarpılmasıyla elde edilir.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 \cdot r_{11} & \dots & w_n \cdot r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 \cdot r_{m1} & \dots & w_n \cdot r_{mn} \end{bmatrix}$$

- 6. Adım:** Pozitif ideal çözüm ( $A^+$ ) ve Negatif ideal çözüm ( $A^-$ ) kümeleri oluşturulur.

Pozitif ideal çözüm kümesini oluşturabilmek için V matrisindeki sütun elemanlarının en büyükleri seçilir.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

Negatif ideal çözüm kümesinde ise V matrisindeki sütun elemanlarının en küçükleri seçilir.

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

- 7. Adım:** Pozitif ideal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerleri hesaplanır.

Pozitif ideal uzaklık ( $S_i^+$ ) ve negatif ideal uzaklık ( $S_i^-$ ) değerleri Öklid uzaklık yaklaşımı kullanılarak hesaplanmaktadır.

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

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

Yukarıdaki değerler  $m$  adet alternatifin sırasıyla pozitif ve negatif ideale uzaklıklarının ölçümüdür.

- 8. Adım:** Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları ( $C_i^-$ ) hesaplanır ve en iyi alternatif bulunur.

$$C_i^- = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$$

$0 \leq C_i^- \leq 1$  aralığında olan bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. En büyük  $C_i^-$  değerine sahip alternatif en iyi seçimidir.

VIKOR yönteminde AHP ve TOPSIS yöntemlerinden farklı olarak sıralamanın en sonundaki alternatif en iyi seçenektir. Bu yöntem hesaplanan en düşük puana sahip alternatif en iyi olarak belirlir.

### VIKOR

- 1. Adım:** Problem tanımlanır.
- 2. Adım:** Kriterler ve alternatifler belirlenir. (Kriterlerin fayda kriteri olduğu kabul edilmiştir).
- 3. Adım:** Karar matrisi oluşturulur.

Alternatifler	Kriterler				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	...	C <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>	...	x <sub>1n</sub>
A <sub>2</sub>	x <sub>21</sub>	x <sub>22</sub>	x <sub>23</sub>	...	x <sub>2n</sub>
A <sub>3</sub>	x <sub>31</sub>	x <sub>32</sub>	x <sub>33</sub>	...	x <sub>3n</sub>
...	...	...	...	...	...
A <sub>m</sub>	x <sub>m1</sub>	x <sub>m2</sub>	x <sub>m3</sub>	...	x <sub>mn</sub>

- 4. Adım:** Her kriter için en iyi ( $f_j^+$ ) ve en kötü ( $f_j^-$ ) değerler belirlenir.

$$f_j^+ = \max_i x_{ij}, \quad f_j^- = \min_i x_{ij}$$

- 5. Adım:** Karar matrisi normalize edilir.

VIKOR yönteminde karar matrisi normalize edilirken doğrusal normalizasyondan yararlanılır. Ancak TOPSIS yönteminde bu durum farklıdır ve vektör normalizasyonu kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{f_j^+ - x_{ij}}{f_j^+ - f_j^-}$$

Yukarıdaki formül ile normalize edilmiş karar matrisi  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  elde edilir.

- 6. Adım:** Kriterlerin ağırlık (önem) değerleri ( $w_j$ ) belirlenir.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

- 7. Adım:** Normalize edilmiş karar matrisi ağırlıklandırılır ve  $V = [v_{ij}]_{m \times n}$  elde edilir.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 \cdot r_{11} & \dots & w_n \cdot r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 \cdot r_{m1} & \dots & w_n \cdot r_{mn} \end{bmatrix}$$

- 8. Adım:**  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri hesaplanır.

$S_i$ ,  $i$ . alternatif için ortalama grup skorunu temsil eder.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij}$$

$R_i$  ise  $i$ . alternatif için kötü grup skorunu temsil eder.

$$R_i = \max_j v_{ij}$$

- 9. Adım:**  $Q_i$  değerleri hesaplanır.

$$Q_i = v_i \cdot \left( \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1 - v_i) \cdot \left( \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right)$$

Formüdeki ifadeler  $S^* = \min_i S_i$ ,  $S^- = \max_i S_i$  ve  $R^* = \min_i R_i$ ,  $R^- = \max_i R_i$  eşitlikleri kullanılarak bulunur.

$v$ , maksimum grup faydası için strateji ağırlığı ve  $(1 - v)$  ise farklı görüşlere sahip olanların pişmanlığı için strateji ağırlığıdır.

- $v > 0.5$  seçilirse çoğunluk  $Q_i$  göstergesine karşı olumlu bir tutum sergilemektedir.
- $v < 0.5$  seçilirse  $Q_i$  göstergesine karşı çoğunluk olumsuz bir tutuma sahiptir.
- $v = 0.5$  seçildiğinde ise çoğunluğun uzlaşmacı bir tutum sergilediği farz edilir.

- 10. Adım:** Hesaplanan  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak üç farklı sıralama elde edilir.

- 11. Adım:** Koşulların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$Q_i$  değerleri sıralandıktan sonra en üst sıradaki alternatif  $A_1$ , aşağıdaki koşulların her ikisini de karşılıyorsa, uzlaşık en iyi ortak çözüm olarak tavsiye edilir.

**Koşul 1:** Kabul Edilebilir Avantaj Koşulu

İkinci sırada yer alan alternatif  $A_2$  ise kabul edilebilir avantaj,  $Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ$  eşitsizliğinin sağlanmasına bağlıdır.

$m$  alternatif sayısı olmak üzere  $DQ = \frac{1}{m-1}$  ile bulunur.

Koşul 1 karşılanmazsa, tüm alternatifler ( $A_1, A_2, \dots, A_m$ ) uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesine dahil edilir.

**Koşul 2:** Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu

Bir