

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri



Prof. Dr. Ünal H. ÖZDEN

Karar Verme

Karar verme, belirli bir amaca ulaşmak için kişi veya bir kurumun karşılaştığı alternatif davranış biçimlerinden biri veya bir kaçını seçme süreci olarak tanımlanmaktadır.

Karar verme sürecinin aşamaları;

- Karar probleminin tanımlanması
- Karar probleminin modelinin kurulması
- Modelden çözüm elde edilmesi
- Modelin ve çözümün test edilmesi
- Karar verme ve kararın uygulamaya konulması

Bir karar Vermenin bileşenleri;

- Çözülmesi gereken problem
- Karar verici veya vericilerin
- Amaç
- Alternatifler
- Belirsizli

Temel Kavramlar

- **Karar verici:** Alternatifler arasından seçim yapan kişi ya da kişilere karar verici(ler) denir.
- **Hedef (Z):** Belirlenen kriterler doğrultusunda farklı alternatifler arasından seçilen en iyi sonucu verecek alternatifin seçimiyle karar verici veya vericilerin ulaşmak istediği nihai (genel) amaca hedef denir.
- **Alternatif (Seçenekler, A_j):** Karar verici(ler) için seçimi mümkün olan sonlu sayıdaki seçeneklere alternatif denir. Diğer bir ifade ile, seçim ve sıralama problemlerine çözüm olabilecek seçenekler alternatif olarak isimlendirilir.
- **Kriter (C_j):** Seçilecek olan alternatifin sahip olması gereken her bir özellik kriter olarak adlandırılır. Karar vericiler tarafından saptanan bu kriterlerin değerleri performansın bir ölçüsü olup, değerlendirmeye temel teşkil ederler. Kriterler nitel ve nicel olarak sınıflandırılabilir. Kriterlerin sayısı problemin yapısına göre değiştiğinden, herhangi bir problemde kriter sayısı çok fazla ise, kriterler hiyerarşik olarak düzenlenebilmektedir.

Temel Kavramlar

Karar Matrisi: Karar matrisi bir karar problemindeki alternatifler ve kriterleri birlikte gösteren matristir. Çok kriterli karar verme problemleri matris biçiminde aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$X = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{vmatrix}$$

Burada X $m \times n$ boyutlu karar matrisini ve matrisin x_{ij} elemanı, i 'inci alternatifin (A_i), j 'inci kri.

tere (C_j) göre performans değerini göstermektedir.

Kriterlerin Ağırlıkları (w_j): Çok kriterli karar verme problemlerinde her kriterin karar üzerindeki etkisi aynı düzeyde olmayacaktır. Yani her bir kriterin önem derecesi (ağırlığı) farklı olabilir. Burada dikkat edilmesi gereken unsur n tane kriterin olduğu durumda görece ağırlıkların toplamının 1 'e eşit olması gerekliliğidir. Buna göre, n tane kriter olduğunda ve j 'inci kriterin görece ağırlığı w_j ile gösterildiğinde, $\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$ olur.

Karar Türleri

- **Karar Veren Kişi Sayısı Açısından Kararlar**
 - *Bireysel kararlar*
 - *Grup kararları*
- **Bilgi Derecesi Açısından Kararlar**
 - *Belirlilik altında karar verme*
 - *Risk altında karar verme*
 - *Belirsizlik altında karar verme*
- **Amaç Sayısı Açısından Kararlar**
 - *Tek amaçlı karar verme*
 - *Çok amaçlı karar verme*
- **Kriter Sayısı Açısından Kararlar**
 - *Tek kriterli karar verme*
 - *Çok kriterli karar verme*

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

- Literatürde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, *çok amaçlı* ve *çok nitelikli* karar verme yöntemleri diye ikiye ayrılır.
- ÇKKV, çok sayıda kritere göre alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendiren analitik yöntemler topluluğudur. ÇKKV yöntemleri, karar verme sürecine destek olmak ve genellikle çelişen kriterlere göre farklı özelliklere sahip alternatifler kümesinden bir ya da daha fazla alternatifin seçimi veya bu alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır. Diğer bir ifade ile, ÇKKV yöntemlerinde de karar vericiler farklı özelliğe sahip olan alternatifleri birçok kritere göre değerlendirerek sıralarlar.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKV yöntemleri en iyi performansa sahip alternatifin seçimine veya ulaşılmak istenen amaç doğrultusunda performans skorlarına göre en iyiden en kötüye doğru sıralama gerektiren tüm alanlarda kullanılabilir.

- SAW (simple additive weighting)
- WSM (weighted sum model)
- WTM (weighted product model)
- SWARA (step-wise weight assessment ratio analysis)
- (SMART)Simple Multi-Attribute Ranking Technique
- ARAS(additive ratio assessment)
- AHP (analytic hierarchy process)
- ANP (analytic network process)
- PROMETHEE (preference ranking organization method for enrichment evaluations)
- MOORA (multi-objective. optimization by ratio analysis)
- MULTIMOORA (multiple objective optimization on the basis of ratio analysis plus full multiplicative form)
- ELECTRE (elimination and choice expressing reality)
- TOPSIS (technique for order of preference by similarity to ideal solution)
- VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
- OCRA (operational competitiveness rating)
- EATWOS (efficiency analysis technique with output satisficing)
- EATVIOS (efficiency analysis technique with input and output satisficing)
- DEA (data envelopment analysis)
- MACBETH (measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique)
- UTA (utility additive method)
- UTADIS (utilities additives discriminantes)
- STEM (step method)
- PAPRIKA (potentially all pairwise rankings of all possible alternatives)
- VASPAS (weighted aggregated sum product assessment)
- GRIP (generalized regression with intensities of preference)
- ERA (extreme ranking analysis)
- DEMATEL (decision making trial and evaluation laboratory)
- LINMAP (the linear programming technique for multidimensional analysis of preference)
- GRA (Grey relational analysis)
- EXPROM (extension of PROMETHEE)
- MAUT (Multi-Attribute Utility Theory)
- MAVT (multiattribute value theory)
- DRSA (dominance-based rough set approach)
- MCHP (multiple criteria hierarchy process)
- EVAMIX (evaluation matrix)
- ROVM (the range of value method)
- COPRAS (complex proportional assessment of alternatives)
- COPRAS-G (The complex proportional assessment of alternatives to grey relations)
- FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)
- NSGA (non-dominated sorting genetic algorithm)
- SMAA-TRI (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis)
- GIS (multi-criteria decision making approach with geographic information systems)
- TRIZ (Theory of Solving Inventive Problems)
- FDM (fuzzy decision making method)
- GP (goal programming)
- CP(compromise programming)
- RUTA

2001-2014 Yılları Arasında Yapılan Çalışmalarda Kullanılan Yöntemler

Yöntem	Frekans	%
AHP	128	33%
ELECTRE	34	9%
DEMATEL	7	2%
PROMETHEE	26	7%
TOPSIS	45	11%
ANP	29	7%
Aggregation DM methods 46	46	12%
Hybrid MCDM	64	16%
VIKOR	14	4%
Total	393	100%

ÇKKV'nin Kullanıldığı Yerler

ÇKKV yöntemleri en iyi performansa sahip alternatife seçimine veya ulaşılmak istenen amaç doğrultusunda performans skorlarına göre en iyiden en kötüye doğru sıralama gerektiren tüm alanlarda kullanılabilir.

- Ekonomi
 - Yönetim
 - Muhasebe
 - Finans
 - Sermaye yatırımı
 - Üretim
 - İnsan kaynakları
 - Pazarlama
 - Planlama,
 - Risk analizi,
 - Başvuru değerlendirmeleri,
 - Grup karar verme,
 - Tesis yeri seçimi,
 - Kaynak tahsisi,
 - Politika,
 - Strateji,
 - ulaştırma,
 - Çatışma analizi,
 - Eğitim,
 - Sağlık,
 - Çevresel kararlar,
 - Bilgi işlem,
 - Karar destek,
 - Silah seçimi,
 - Kamu sektörü,
 - Portföy seçimi,
 - Pazar seçimi
- Vb.

VZA



Prof. Dr. Ünal H. ÖZDEN

VZA

Veri Zarflama Analizi ilk kez 1957 yılında Farrell tarafından Ortalama Performans ölçütüne karşılık ortaya atılan Sınır Üretim Fonksiyonu önerisi ile şekillenmiş, Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes' in çalışmalarıyla bu günkü haline gelmiştir.

Veri Zarflama Analizinde temel etkinlik ölçütü, çıktıların ağırlıklı toplamalarının girdilerin ağırlıklı toplamalarına bölümüdür. Diğer bir deyişle herhangi bir karar verme biriminin etkinlik ölçütü (j. Karar Verme birimi için), (5.1) formülündeki gibi tanımlanabilir.

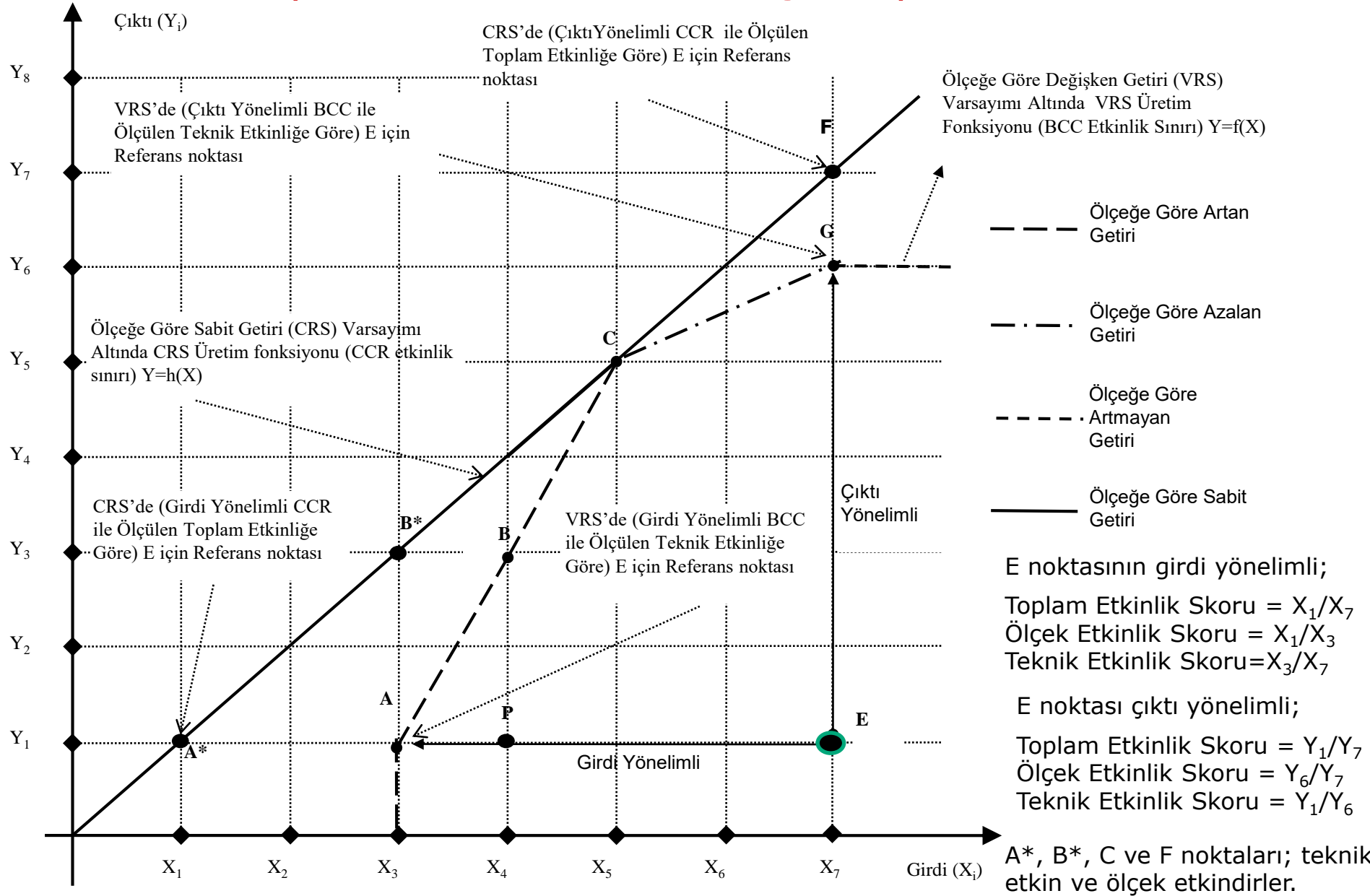
$$\frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_n y_n}{V_1 X_1 + V_2 X_2 + \dots + V_m X_m} \quad (5.1)$$

VZA, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından benzer mal veya hizmet üreten ve karar verme birimi (KVB) olarak isimlendirilen sistemlerin görece etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiştir. Bu yöntem; farklı ölçü birimlerine sahip, çok sayıda girdi ile çıktı değişkeninin olduğu ve bunların ortak bir ölçüt temeline indirgenemediği durumlarda, KVB'lerin görece toplam faktör etkinliğini ölçmeye imkanı veren, doğrusal programlama (DP) esaslı bir yaklaşımdır.

VZA, her bir KVB'yi yalnızca en iyi KVB'lerle karşılaştırır. En iyi olarak belirlenen bu KVB'ler etkinlik sınırını oluştururken herhangi bir KVB'nin etkinliği bu sınıra göre ölçülmektedir. Yöntem, etkinlik sınırı üzerinde yer alan en iyi KVB'leri görece etkin olarak değerlendirir ve bu birimler referans kümesi olarak ifade edilir (bkz. Şekil). Etkinlik sınırı üzerinde yer almayan diğer KVB'ler ise görece etkin olmayan birimlerdir. VZA'da üç tür etkinlik hesaplanır: Toplam etkinlik, teknik etkinlik ve ölçek etkinlik.

$$\text{Ölçek Etkinlik} = \frac{\text{Toplam Etkinlik}}{\text{Teknik Etkinlik}}$$

Etkinlikler (Tek Girdi ve Tek Çıktı)



VZA

VZA, görece etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinliklerinin iyileştirilmesi için neler yapılması gerektiği noktasında yöneticilere ve karar vericilere yol gösteren bir yöntemdir. Bununla birlikte, VZA'nın özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

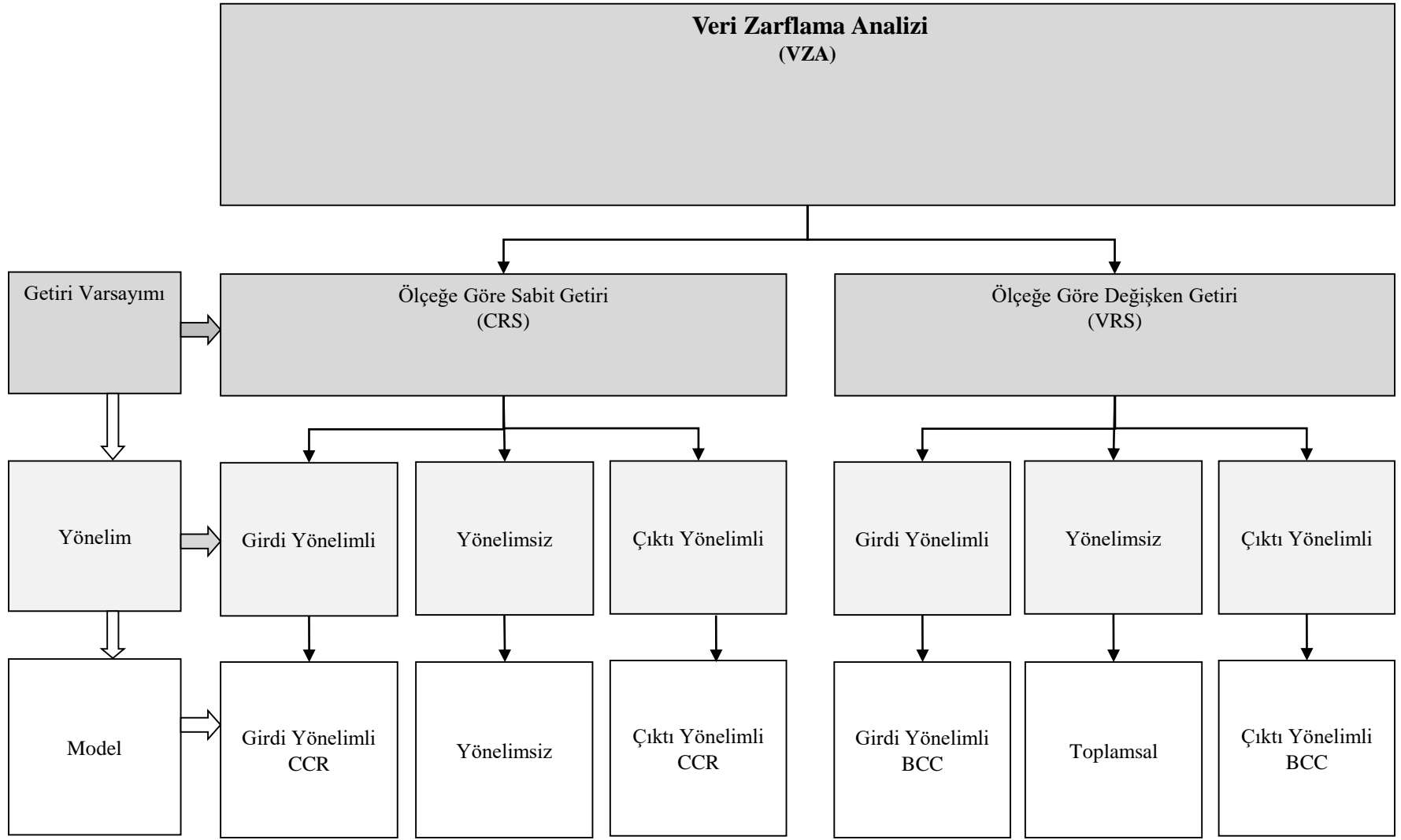
- Çok sayıda girdi ve çıktı değişkeni kullanmak mümkündür.
- Doğrusal form dışında, girdi ve çıktılar arasında bir fonksiyonel ilişki kurmak gerekmemektedir.
- Girdi ve çıktı değişkenleri için çok farklı ölçü birimleri aynı anda kullanılabilir (ağırlık, adet, parasal veya oransal büyüklük gibi).
- Deterministik bir yöntem olması nedeniyle rassal hataya yer verilmediğinden, verilerden kaynaklanan hatalar (ölçmeden ve veri toplamadan) ayıklanamazsa ve analizde olması gereken değişkenler analiz dışı bırakılırsa, KVB'lerin görece etkinlikleri yanlış hesaplanabilir.
- VZA'da etkinlikler; en iyi uç değerlere göre hesaplandıklarından, bu uç değerlerden etkilenirler. Bu nedenle VZA ile hesaplanan etkinlik sonuçları mutlak olarak değil, görecelilik çerçevesinde değerlendirilmelidir.
- VZA parametrik olmayan bir yöntem olduğundan, sonuçların istatistiksel olarak test edilmesi zordur.
- VZA, statik bir analizdir, zamanın tek bir durak noktasındaki verileri kullanarak analiz yapar. Zaman içinde etkinliğin nasıl geliştiğini incelemek için, zaman boyutunu da içeren Malmquist toplam faktör verimliliği indeksi ile birlikte kullanılabilir.
- VZA'da girdi ve çıktı değişken sayısı olabildiğince az olmalı ve KVB'lerin üretim sürecini, doğru olarak verebilmelidir. Çünkü çok fazla girdi ve çıktı değişkeni kullanılması, görece etkin ve etkin olmayan KVB'lerin ayrıştırılmasını güçleştirir.
- Genelde VZA'da az sayıda girdi ve çok sayıda çıktı değişkeni olması tercih edilir.

VZA

Her bir sistemin girdi ve çıktı ağırlıklarını, kendi etkinlik derecesini en çoklayacak şekilde seçeceğini varsayan VZA'da kullanılan bir çok model vardır. Genel olarak hangi tür modelin kullanılması gerektiği, araştırmanın kapsamına ve kullanılacak varsayımlara göre değişir. KVB'lerin ölçeğe göre sabit getiriye sahip oldukları varsayılıyorsa ve birimlerin toplam etkinlikleri belirlenmek isteniyorsa CCR veya yönelimsiz modeller kullanılabilir. Eğer, KVB'ler için ölçeğe göre değişken getiri varsayımı geçerli ise ve yalnızca birimlerin teknik etkinlikleri hesaplanmak isteniyorsa, BCC veya toplamsal modellerinin kullanılması yeterlidir. Ancak KVB'lerin etkinlikleriyle ilgili daha ayrıntılı bilgiler edinilmek isteniyorsa, yani toplam etkin olmayan KVB'lerin etkinsizliğinin teknik etkinlikten mi, yoksa ölçekten mi kaynaklandığı da belirlenmek isteniyorsa o zaman; toplam, teknik ve ölçek etkinliklerin hepsinin hesaplanması gerekir.

Bununla birlikte VZA'da kullanılan CCR ve BCC modelleri; girdi yönelimli ve çıktı yönelimli olmak üzere iki farklı şekilde kurulabilir. Eğer girdiler üzerinde kontrol azsa (ya da yoksa) çıktı yönelimli bir model; eğer çıktılar üzerinde kontrol azsa (ya da yoksa) girdi yönelimli bir model kurulmalıdır. Girdi yönelimli modellerde; mevcut çıktının üretilmesi için en az girdinin kullanılmasına, çıktı yönelimli modellerde ise mevcut girdi ile en fazla çıktının üretilmesine çalışılır. Eğer, en fazla çıktının en az girdi ile üretilmesi isteniyorsa, o zaman toplamsal veya yönelimsiz modeller kullanılır. Çalışmada girdi ve çıktı yönelimli CCR ve BCC modelleri kullanıldığından yalnızca bu modeller anlatılacaktır.

VZA'da Kullanılan Modeller



VZA Modelleri (CCR ve BCC)

Girdi Yönelimli CCR Modelleri		Çıktı Yönelimli CCR Modelleri	
Primal	Dual	Primal	Dual
$Enb \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$ $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1$ $u_r, v_i \geq 0$	$Enk q_k$ $\sum_{j=1}^n l_{jk} X_{ij} \leq q_k X_{ik}$ $\sum_{j=1}^n l_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk}$ $l_{jk} \geq 0$	$Enk \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}$ $\sum_i v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0$ $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1$ $u_r, v_i \geq 0$	$Enb Z_k$ $\sum_{j=1}^n h_{jk} X_{ij} \leq X_{ik}$ $Z_k Y_{rk} - \sum_{j=1}^n h_{jk} Y_{rj} \leq 0$ $h_{jk} \geq 0$

- u_r : k karar birimi tarafından r'inci çıktıya verilen ağırlık,
 v_i : k karar birimi tarafından i'inci girdiye verilen ağırlık,
 Y_{rk} : k karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı,
 X_{ik} : k karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi,
 Y_{rj} : j'inci KVB tarafından üretilen r'inci çıktı,
 X_{ij} : j'inci KVB tarafından kullanılan i'inci girdi,

Girdi Yönelimli BCC Modelleri		Çıktı Yönelimli BCC Modelleri	
Primal	Dual	Primal	Dual
$Enk q_k$ $q_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n l_{jk} X_{ij} \geq 0$ $\sum_{j=1}^n l_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk}$ $\sum_{j=1}^n l_{jk} = 1$ $l_{jk} \geq 0$	$Enb \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_k$ $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - u_k \leq 0$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1$ $u_r, v_i \geq \epsilon > 0, u_k \text{ serbest}$	$Enb Z_k$ $Z_k Y_{rk} - \sum_{j=1}^n h_{jk} Y_{rj} \leq 0$ $\sum_{j=1}^n h_{jk} X_{ij} \leq X_{ik}$ $\sum_{j=1}^n h_{jk} = 1$ $h_{jk} \geq 0$	$Enk \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} - v_k$ $- \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} + \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - v_k \geq 0$ $\sum_{i=1}^m u_r Y_{rk} = 1$ $u_r, v_i \geq \epsilon > 0, v_k \text{ serbest}$

Örnek Olay

Bir mağazalar zinciri 5 mağazasının performanslarını değerlendirmek istemektedir. Zincirin Ar-Ge departmanı değerlendirmede girdi odaklı CCR yöntemini uygulamaya karar vermiş ve Veri Zarflama Analizi için 3 girdi ve 1 çıktı belirlemiştir. Girdiler, ürün kalem sayısı, personel sayısı ve 1 saatte mağazaya gelen müşteri sayısı, çıktı ise mağazanın 1 saatlik satış cirosu olarak belirlenmiştir. Çıktı ve girdilere ilişkin veri tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Mağazalar	Ürün Çeşidi	Personel Sayısı	Müşteri Sayısı	Ciro (\$)
A	5.500	32	100	400
B	3.200	17	85	360
C	4.200	20	80	280
D	2.000	12	75	190
E	3.800	10	80	270

Örnek Olay

Öncelikle her bir mağaza için VZA formüllerinden yararlanılarak doğrusal programlama modelleri kurulmuştur.

A Mağazası

Enb $400u$

Kısıtlar

$$400u - 5500v_1 - 32v_2 - 100v_3 \leq 0$$

$$360u - 3200v_1 - 17v_2 - 85v_3 \leq 0$$

$$280u - 4200v_1 - 20v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$190u - 2000v_1 - 12v_2 - 75v_3 \leq 0$$

$$270u - 3800v_1 - 10v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$5500v_1 + 32v_2 + 100v_3 = 1$$

$$u, v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

Mağazalar	Ürün Çeşidi	Personel Sayısı	Müşteri Sayısı	Ciro (\$)
A	5.500	32	100	400
B	3.200	17	85	360
C	4.200	20	80	280
D	2.000	12	75	190
E	3.800	10	80	270

Örnek Olay

B Mağazası

Enb $360u$

Kısıtlar

$$400u - 5500v_1 - 32v_2 - 100v_3 \leq 0$$

$$360u - 3200v_1 - 17v_2 - 85v_3 \leq 0$$

$$280u - 4200v_1 - 20v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$190u - 2000v_1 - 12v_2 - 75v_3 \leq 0$$

$$270u - 3800v_1 - 10v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$3200v_1 + 17v_2 + 85v_3 = 1$$

$$u, v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

D Mağazası

Enb $190u$

Kısıtlar

$$400u - 5500v_1 - 32v_2 - 100v_3 \leq 0$$

$$360u - 3200v_1 - 17v_2 - 85v_3 \leq 0$$

$$280u - 4200v_1 - 20v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$190u - 2000v_1 - 12v_2 - 75v_3 \leq 0$$

$$270u - 3800v_1 - 10v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$2000v_1 + 12v_2 + 75v_3 = 1$$

$$u, v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

C Mağazası

Enb $280u$

Kısıtlar

$$400u - 5500v_1 - 32v_2 - 100v_3 \leq 0$$

$$360u - 3200v_1 - 17v_2 - 85v_3 \leq 0$$

$$280u - 4200v_1 - 20v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$190u - 2000v_1 - 12v_2 - 75v_3 \leq 0$$

$$270u - 3800v_1 - 10v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$4200v_1 + 20v_2 + 80v_3 = 1$$

$$u, v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

E Mağazası

Enb $270u$

Kısıtlar

$$400u - 5500v_1 - 32v_2 - 100v_3 \leq 0$$

$$360u - 3200v_1 - 17v_2 - 85v_3 \leq 0$$

$$280u - 4200v_1 - 20v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$190u - 2000v_1 - 12v_2 - 75v_3 \leq 0$$

$$270u - 3800v_1 - 10v_2 - 80v_3 \leq 0$$

$$3800v_1 + 10v_2 + 80v_3 = 1$$

$$u, v_1, v_2, v_3 \geq 0$$

Örnek Olay

Daha sonra her bir mağaza için kurulan modeller DS for Windows paketinde çözülmüştür. Çözüm sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Mağaza A	U	V_1	V_2	V_3		RHS	Dual
Max	400	0	0	0			
Kısıt 1	400	-5500	-32	-100	\leq	0	0
Kısıt 2	360	-3200	-17	-85	\leq	0	1,111
Kısıt 3	280	-4200	-20	-80	\leq	0	0
Kısıt 4	190	-2000	-12	-75	\leq	0	0
Kısıt 5	270	-3800	-10	-80	\leq	0	0
Kısıt 6	0	5500	32	100	$=$	1	0,944
Çözüm	0,002	0	0	0,01		0,94	

Örnek Olay

Mağaza B	U	V ₁	V ₂	V ₃		RHS	Dual
Maxi	360	0	0	0			
Kısıt 1	400	-5500	-32	-100	<=	0	0
Kısıt 2	360	-3200	-17	-85	<=	0	1
Kısıt 3	280	-4200	-20	-80	<=	0	0
Kısıt 4	190	-2000	-12	-75	<=	0	0
Kısıt 5	270	-3800	-10	-80	<=	0	0
Kısıt 6	0	3200	17	85	=	1	1
Çözüm	0,0028	0,0003	0	0		1	

Mağaza C	U	V ₁	V ₂	V ₃		RHS	Dual
Max	280	0	0	0			
Kısıt 1	400	-5500	-32	-100	<=	0	0
Kısıt 2	360	-3200	-17	-85	<=	0	0,7778
Kısıt 3	280	-4200	-20	-80	<=	0	0
Kısıt 4	190	-2000	-12	-75	<=	0	0
Kısıt 5	270	-3800	-10	-80	<=	0	0
Kısıt 6	0	4200	20	80	=	1	0,8264
Çözüm	0,003	0	0	0,0125		0,83	

Mağaza D	U	V ₁	V ₂	V ₃		RHS	Dual
Max	190	0	0	0			
Kısıt 1	400	-5500	-32	-100	<=	0	0
Kısıt 2	360	-3200	-17	-85	<=	0	0,5278
Kısıt 3	280	-4200	-20	-80	<=	0	0
Kısıt 4	190	-2000	-12	-75	<=	0	0
Kısıt 5	270	-3800	-10	-80	<=	0	0
Kısıt 6	0	2000	12	75	=	1	0,8445
Çözüm	0,0044	0,0005	0	0		0,84	

Mağaza E	U	V ₁	V ₂	V ₃		RHS	Dual
Max	270	0	0	0			
Kısıt 1	400	-5500	-32	-100	<=	0	0
Kısıt 2	360	-3200	-17	-85	<=	0	0
Kısıt 3	280	-4200	-20	-80	<=	0	0
Kısıt 4	190	-2000	-12	-75	<=	0	0
Kısıt 5	270	-3800	-10	-80	<=	0	1
Kısıt 6	0	3800	10	80	=	1	1
Çözüm	0,0037	0,0001	0,0573	0		1	

Her bir mağaza için hazırlanan sonuç tablolarının çözüm değerleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Mağazalar	τ^*	U^*	V_1^*	V_2^*	V_3^*
A	0,94	0,0024	0	0	0,01
B	1	0,0028	0,0003	0	0
C	0,83	0,003	0	0	0,0125
D	0,84	0,0044	0,0005	0	0
E	1	0,0037	0,0001	0,0573	0

Özet tablodan görüleceği gibi B ve E mağazaları aldıkları 1 değeri ile en yüksek performans değerine sahiptirler.

AHP



Prof. Dr. Ünal H. ÖZDEN

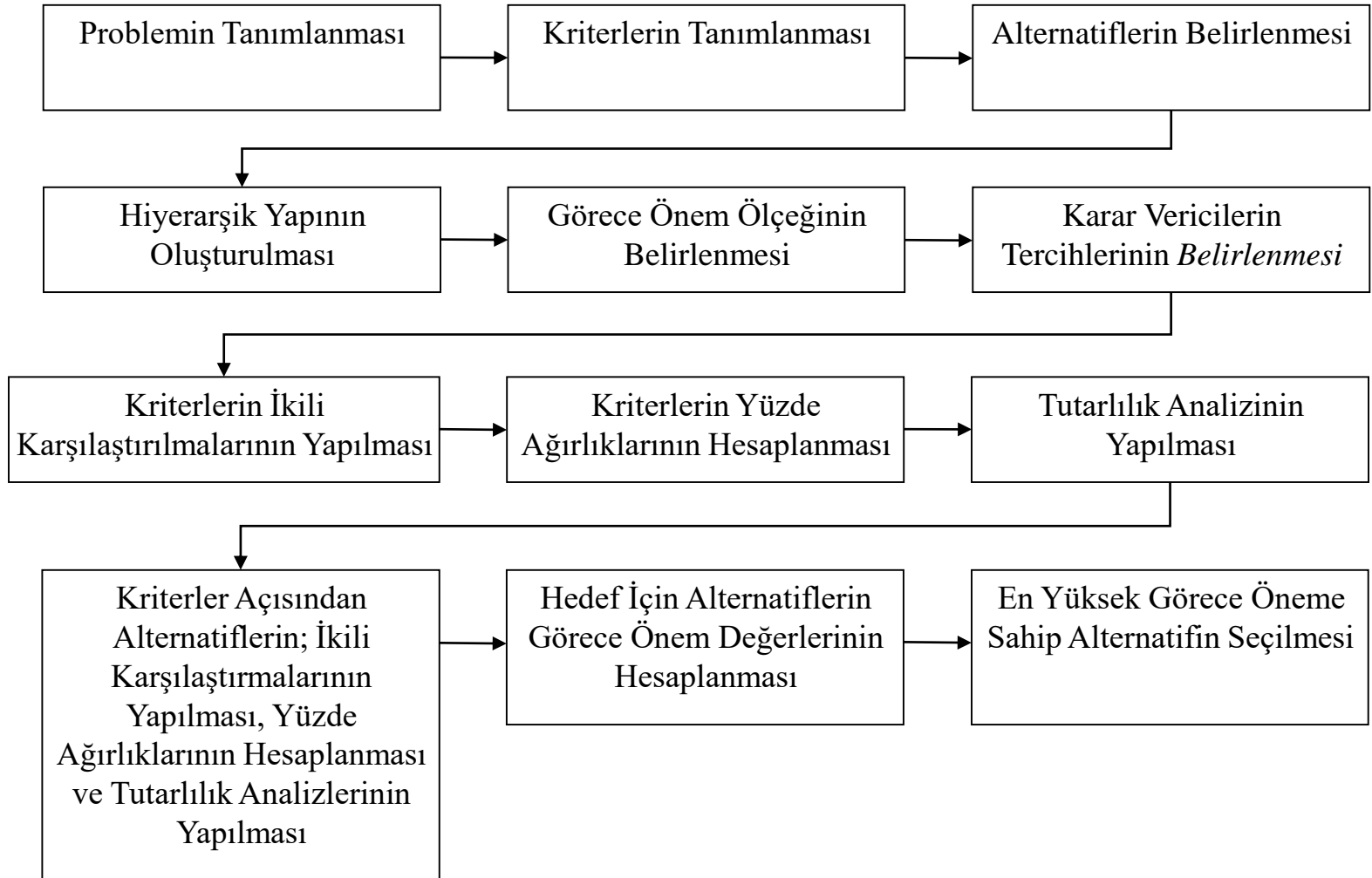
ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP)

Thomas L Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar problemlerinde karar vermek amacıyla kullanılan bir yöntemdir.

Uygulama Alanları

Veritabanı seçimi, finans, makro ekonomik tahminleme, ürün tasarımı, portföy seçimi, kaynak dağıtımı (bütçe, enerji, sağlık), politik strateji, ulaşım, eğitim, tesis yeri seçimi, teknoloji transferi.

AHP Aşamaları



AHP Aşamaları

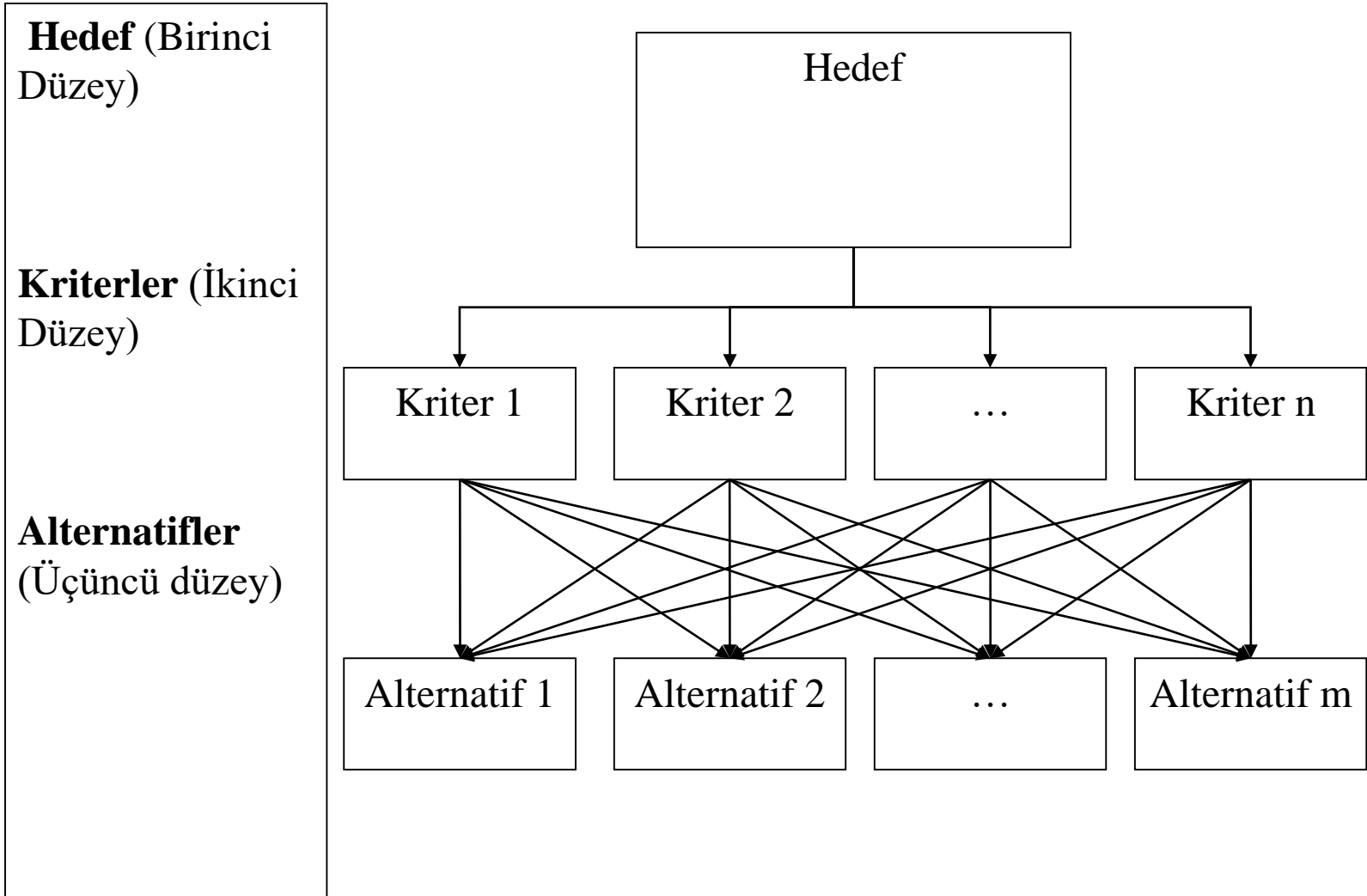
Aşama 1- Problemin Tanımlanması:..AHY'nin ilk aşamasında var olan problem tanımlanır. Problemin tanımlanmasıyla AHY ile karar verici/vericilerin ulaşmak istediği hedefte (nihayi genel amaç) belirlenmiş olur.

Aşama 2- Kriterlerin Tanımlanması: Problem ile ilgili olarak seçilecek olan alternatifin sahip olması gereken kriterler (özellikler) açıklanır. Kriterlerin tanımlanması aşamasında, konuyla ilgili kişilerin görüşlerinin alınarak bir ihtiyaç listesinin oluşturulması gerekir. Kriter sayısı problemin tipine bağlı olarak değişebilir.

Aşama 3- Alternatiflerin Belirlenmesi: Bu aşamada karar verilirken hedefe ulaşmak için dikkate alınması gereken tüm alternatif seçenekler saptanır.

Aşama 4- Hiyerarşik Yapının Oluşturulması: Araştırmaya konu olan probleme ilişkin olarak sırasıyla; belirlenen genel amacı ifade eden hedeften başlayarak ikinci aşamada belirlenen kriterlere ve son olarak üçüncü aşamada belirlenen alternatiflere doğru bir hiyerarşik yapının oluşturulmasını kapsar. Hiyerarşik yapıda öğelerin her bir kümesi (Hedef, kriter ve alternatifler vs) farklı bir hiyerarşi düzeyini oluşturur. En üst düzeyde sadece hedef bulunur. Hiyerarşi oluşturulurken aynı seviyedeki öğelerin birbirinden bağımsız oldukları varsayılır.

Hiyerarşik Yapı



Aşama 5- Görece Önem Ölçeğinin Belirlenmesi: Bu aşamada yedinci aşamada yapılacak olan ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için kriterlerin önem derecelerini (tercih düzeylerini) ifade eden sayılardan oluşturulmuş görece önem ölçeği belirlenir. Bunun amacı böyle bir ölçeğin, seçim kararı için etkili olabilecek tüm kriterler üzerinde ayrı ayrı yargıda bulunmayı olanaklı kılmasıdır. Saaty önem derecelerini belirtmek için 5 ana ve 4 ara değerden oluşan 1-9 ölçeğini geliştirmiştir.

Önem Derecesi	Kavramsal Karşılığı	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki seçenek eşit derecede önemli
3	Biraz daha fazla önemli	Bir seçenek diğerine göre biraz daha önemli
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir seçenek diğerine göre oldukça önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir seçenek diğerine göre çok önemli
9	Kesin önemli	Bir seçeneğin diğerinden önemli olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Yakın cevaplar uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Adım 6- Karar Vericilerin Tercihlerinin Belirlenmesi: AHY'nin uygulanması esnasında, ilgilenilen konuyla ilgili kişi veya kişilerin tercih ettikleri kriterlerin önem dereceleri bir anketle veya mülakatla Saaty'nin ölçeği doğrultusunda saptanır. Burada kriterlerin her biri ikili karşılaştırmalara tabi tutulur. Sonuçların tutarlı olması ve AHY ile alınacak kararın tamamen bu kişilerin vereceği ikili kriter karşılaştırmalarına bağlı olacağından, görüşlerine başvurulacak kişilerin karar verilecek konu hakkında uzman veya yeterli düzeyde bilgiye sahip olmaları gerekir.

Aşama 7- Kriterlerin İkili Karşılaştırmalarının Yapılması: Bu aşamada karar vericilerin görece önem ölçeğini kullanarak kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapıp belirledikleri önem derecelerini gösteren sayılarla ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Kriter sayısı n olan bir karar sürecinde $n(n+1)/2$ adet karşılaştırma yapılır. Dolayısıyla ikili karşılaştırmalar matrisi de $n \times n$ boyutlu olur.

İkili karşılaştırmaların önem derecelerini gösteren A matrisi, tüm değerleri pozitif ($a_{ij} > 0$, $i, j = 1, 2, \dots, n$) ve köşegendeki değerleri 1 olan bir matristir. (a_{ij}) , j'inci kriterin i'inci kritere göre karşılaştırma değeri (önem derecesi), i'inci kriterin j'inci kritere göre önem derecesinin çarpmaya göre tersidir (karşılık olma aksiyomu). Karşılık olma kısaca, $a_{ji} = 1/a_{ij}$ şeklinde gösterilir.

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

İkili Karşılaştırma Matrisinin Tablo Şeklinde Gösterimi

	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter (n-1)	Kriter (n)
Kriter 1	$a_{11} = 1$	$a_{12} = 1/3$	...	...	$a_{1n} = 3$
Kriter 2	$a_{21} = 3$	$a_{22} = 1$	...	...	...
...
Kriter (n-1)	...	...	...	...	...
Kriter (n)	$a_{n1} = 1/3$	...	...	1/9	$a_{nn} = 1$

Aşama 8- Kriterlerin Yüzde Ağırlıklarının Hesaplanması (Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması): İkili karşılaştırmaların önem derecelerinden oluşan A matrisi geliştirildikten sonra, A matris değerlerinin (a_{ij}) normalleştirilmesi gerekir. Normalleştirme ve kriterlerin yüzdesel ağırlıklarına ilişkin yapılan işlemler aşağıdaki formüllerden yararlanarak aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

$$b_1 = \sum_{i=1}^n a_{i1} \quad c_{ij} = \frac{a_{ij}}{b_i} \quad C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n}$$

	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n	Kriter Yüzde Ağırlıkları
Kriter 1	$c_{11} = \frac{a_{11}}{b_1}$	$c_{12} = \frac{a_{12}}{b_2}$	...	$c_{1n} = \frac{a_{1n}}{b_n}$	$w_1 = \frac{c_{11} + c_{12} + \dots + c_{1n}}{n}$
Kriter 2	$c_{21} = \frac{a_{21}}{b_1}$	$c_{22} = \frac{a_{22}}{b_2}$	...	$c_{2n} = \frac{a_{2n}}{b_n}$	$w_2 = \frac{c_{21} + c_{22} + \dots + c_{2n}}{n}$
...
Kriter n	$c_{n1} = \frac{a_{n1}}{b_1}$	$c_{n2} = \frac{a_{n2}}{b_2}$	...	$c_{nn} = \frac{a_{nn}}{b_n}$	$w_n = \frac{c_{n1} + c_{n2} + \dots + c_{nn}}{n}$
Toplam	$\sum_{i=1}^n c_{i1} = 1$	$\sum_{i=1}^n c_{i2} = 1$	...	$\sum_{i=1}^n c_{in} = 1$	$\sum_i w_i = 1$

Aşama 9- Tutarlılık Analizi Yapılması: AHP’de sonuçların gerçekçiliği karar vericilerin kriterler arasında yaptığı ikili karşılaştırmalardaki tutarlılığına bağlı olacaktır. Bunun için ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Oran 0,10’un altında ise matrisin tutarlı olduğu sonucuna varılır. Aksi durumda matris yeniden düzenlenmelidir.

Örneğin, faktörler arasında yapılan karşılaştırmada A, B’ye göre mutlak üstünlüğe sahip, B de C’ye göre mutlak üstünlüğe sahip diyen bir kişi eğer C ile A’yı karşılaştırırken C, A’ya göre daha önemli derse tutarsızlık göstermiş olur.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdot \\ d_n \end{bmatrix} \quad e_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

RI (Saaty ve arkadaşları tarafından tutarlılık oranını hesaplayabilmek için standart düzeltme değeri olarak oluşturdukları rasgele indeks) değerlerine bölünerek tutarlılık oranı CR elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Rasgele İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Aşama 10- Kriterler Açısından Alternatiflerin; İkili Karşılaştırmalarının Yapılması, Yüzde Ağırlıkların Hesaplanması ve Tutarlılık Analizlerinin Yapılması: Alternatifler, her bir kriter açısından önem dereceleri kullanılarak ikili karşılaştırmalara tabi tutulur. Daha sonra kriterler için yapıldığı gibi, alternatiflerin kriterler açısından yapılmış ikili karşılaştırma sütun değerleri (s_{ij}) sütun toplamına (t_i) bölünerek normleştirilmiş değerler (u_{ij}) bulunur. Her kritere göre, her bir alternatif için normleştirilmiş bu değerlerin satır ortalamaları alınarak ilgili kritere göre alternatiflerin yüzde ağırlıkları (v_{ij}) hesaplanır. Bu ifade i'inci kriter açısından j'inci alternatifin yüzde ağırlığını gösterir.

Alternatiflerin i. Kriter Açısından İkili Karşılaştırmaları					Alternatiflerin i. Kriter Açısından İkili Karşılaştırmalarının Normleştirilmiş Hali				Alternatifleri n i. Kriter Açısından Yüzde Ağırlığı
	Alt. 1	Alt. 2	...	Alt. m	Alt. 1	Alt. 2	...	Alt. m	v_{ij}
Alt. 1	s_{11}	s_{12}	...	s_{1m}	$u_{11} = \frac{s_{11}}{t_1}$	...	...	$u_{1m} = \frac{s_{1m}}{t_m}$	$v_{i1} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{1j}}{m}$
Alt. 2	s_{21}	s_{22}	...	s_{2m}	$u_{21} = \frac{s_{21}}{t_1}$	...	...	$u_{2m} = \frac{s_{2m}}{t_m}$	$v_{i2} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{2j}}{m}$
...
Alt. m	s_{m1}	s_{m2}	...	s_{mm}	$u_{m1} = \frac{s_{m1}}{t_1}$	...	...	$u_{mm} = \frac{s_{mm}}{t_m}$	$v_{im} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{mj}}{m}$
Toplam	$t_1 = \sum_{i=1}^m s_{i1}$	...	...	$t_m = \sum_{i=1}^m s_{im}$	1	1	...	1	1

Aşama 11- Hedef (Genel Amaç) İçin Alternatiflerin Görece Önem Değerlerinin Hesaplanması: AHY’de karar verirken son olarak problemin çözüm aşamalarında elde edilen ağırlıklardan hareket edilerek, genel amaç (hedef) açısından alternatiflerin görece önem değerleri belirlenir. Burada her bir alternatif için her bir kriter açısından yüzde ağırlıklar (v_{ij} $i=1,2, \dots, n$; $j=1,2, \dots, m$) ile kriterlerin ikili karşılaştırmalarından elde edilen yüzde ağırlıklar (w_i $i=1,2,\dots, n$) bire bir olmak kaydı ile çarpılır. Daha sonra Tablo 7’de görüldüğü gibi her alternatife ait bu çarpım değerleri toplanarak, alternatiflerin görece önem değerleri (Z_j) elde edilmiş olur.

Kriterler	Alternatifler				
	Alternatif 1’in i. Kriter Açısından Yüzde Ağırlığı	Alternatif 2’nin i. Kriter Açısından Yüzde Ağırlığı	...	Alternatif m’in i. Kriter Açısından Yüzde Ağırlığı	Kriter Yüzde Ağırlığı 1
Kriter 1	v_{11}	v_{12}	...	v_{1m}	w_1
Kriter 2	v_{21}	v_{22}	...	v_{2m}	w_2
....
Kriter n	v_{n1}	v_{n2}	...	v_{nm}	w_n
Alternatiflerin Görece Önem Değerleri (Z_j) ($j=1,2,\dots,m$)	$\sum_{i=1}^n v_{i1} \cdot w_i$	$\sum_{i=1}^n v_{i2} \cdot w_i$		$\sum_{i=1}^n v_{im} \cdot w_i$	

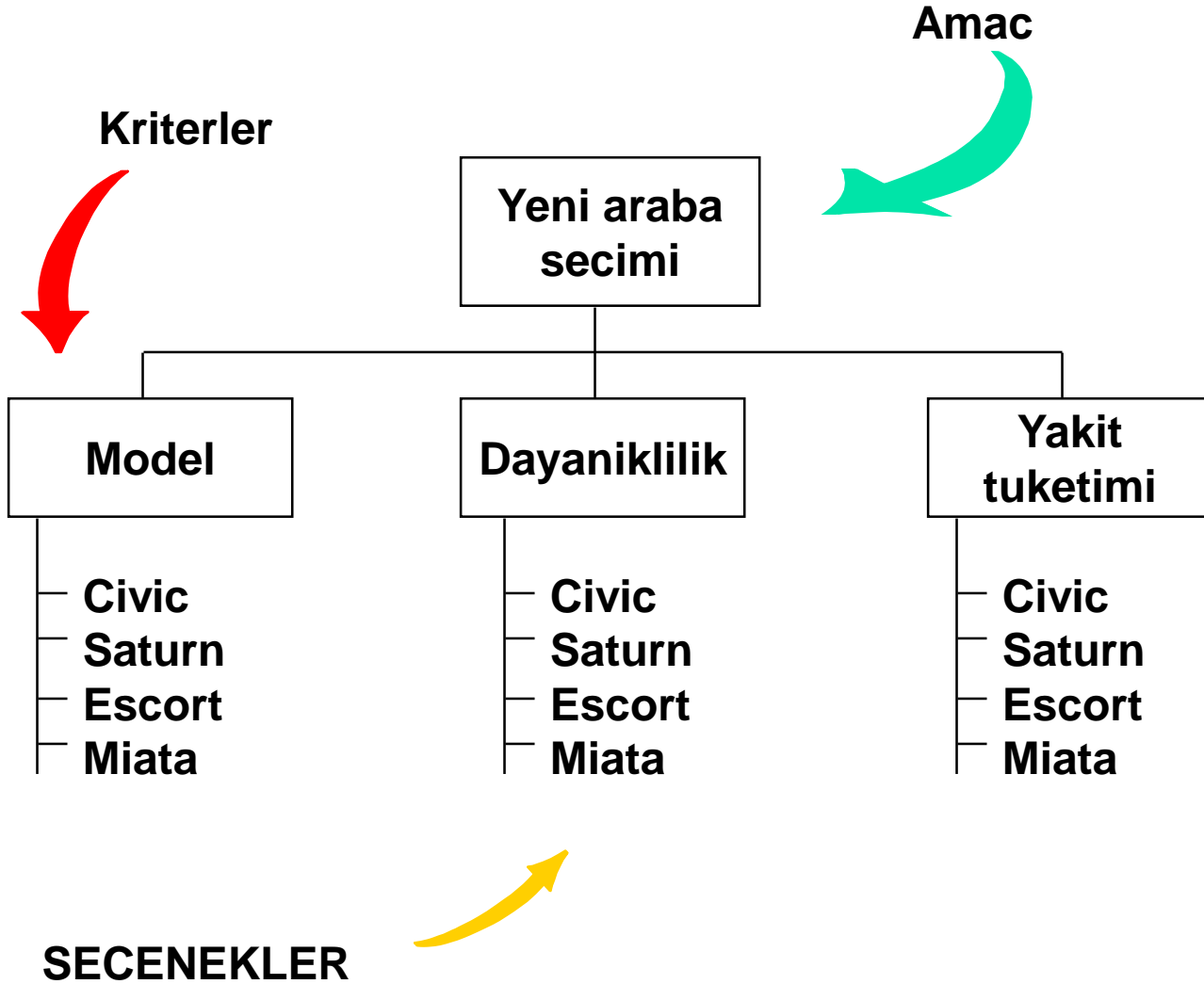
Aşama 12:En Y¼ksek G¼rece ¼neme Sahip Alternatifin Seçilmesi: Bu aşama karar aşamasıdır. Her bir alternatifine ait g¼rece ¼nem değerleri g¼zden geğirilerek hedefe ulaşmak için dikkate alınan kriterler çeręevesinde en b¼y¼k Z değerine sahip olan alternatifin seğilmesine karar verilir.

Örnek Uygulama

Amaç: Yeni araba seçimi

Kriterler: model, dayanıklılık, yakıt tüketimi

Seçenekler: civic, saturn, escort, miata



Araba Seçim Kriterlerinin
Göreceli Karşılaştırma Matrisi

	MODEL	DAYANIKLILIK	YAKIT TUKETIMI	
MODEL	1/1	1/2	3/1	
DAYANIKLILIK	2/1	1/1	4/1	
YAKIT TUKETIMI	1/3	1/4	1/1	

Kriterlerin yüzde önem dereceleri

SÜTUN NORMALİZASYONU

A=

1	0,5	3
2	1	4
0,33	0,25	1

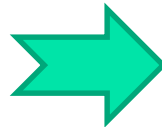
$1/(1+2+0,33)$	$0,5/(0,5+1+0,25)$	$3/(3+4+1)$
$2/(1+2+0,33)$	$1/(0,5+1+0,25)$	$4/(3+4+1)$
$0,33/(1+2+0,33)$	$0,25/(0,5+1+0,25)$	$1/(3+4+1)$

Normalize matrix

0,3	0,29	0,375
0,6	0,57	0,5
0,1	0,14	0,125

SATIR ORTALAMASI

$(0,3+0,29+0,375)/3$
$(0,6+0,57+0,5)/3$
$(0,1+0,14+0,125)/3$



w=

öncelikler

0,3202
0,5571
0,1226

Kriter tutarlılığı

$$A =$$

1	0,5	3
2	1	4
0,33	0,25	1

$$W =$$

0,3202
0,5571
0,1226

$$D = A * W =$$

$1 * 0,3202 + 0,5 * 0,5571 + 3 * 0,1226 = 0,967$
1,688
0,369

$$e_i = (A * w) / w = e_i = \frac{d_i}{w_i} =$$

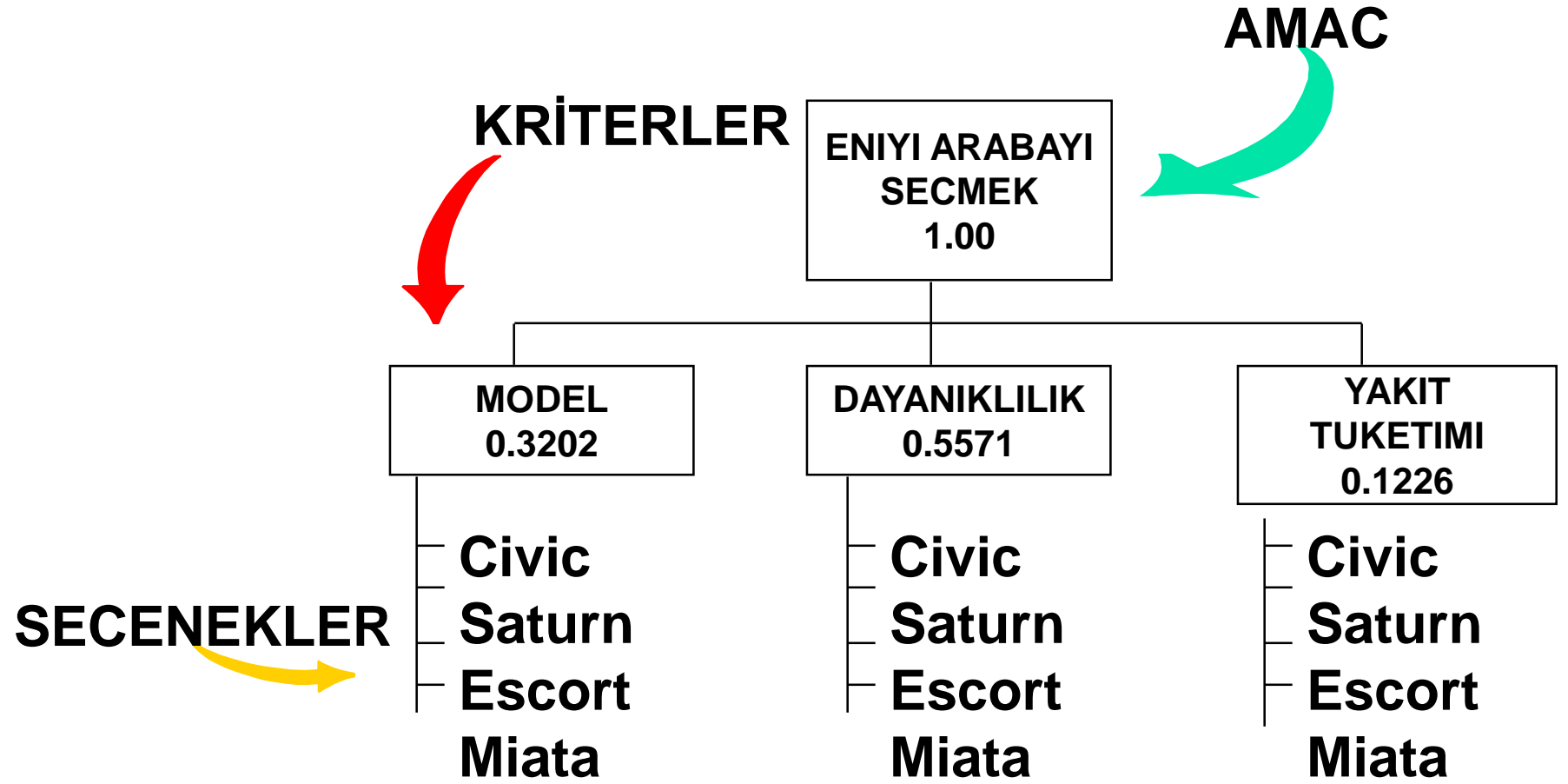
$0,967 / 0,3202 = 3,019$
3,03
3,006

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad \lambda = 3,018$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = CI = (3,018 - 3) / (3 - 1) = 0,092$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = CR = CI / RI = 0,092 / 0,58 = 0,015 < 0,10$$

Dolayısı ile kriter karşılaştırmaları tutarlılık göstermektedir.



Araba Alternatiflerinin
Model Kriterine Göre Nisbi Karşılaştırma Matrisi

	MODEL			
	CIVIC	SATURN	ESCORT	MIATA
CIVIC	1	1/4	4/1	1/6
SATURN	4/1	1	4/1	1/4
ESCORT	1/4	1/4	1	1/5
MIATA	6/1	4/1	5/1	1

VE...

Araba Alternatiflerinin
Dayanıklılık Kriterine Göre Nisbi Karşılaştırma Matrisi

	DAYANIKLILIK			
	CIVIC	SATURN	ESCORT	MIATA
CIVIC	1	2/1	5/1	1/1
SATURN	1/2	1	3/1	2/1
ESCORT	1/5	1/3	1	1/4
MIATA	1/1	1/2	4/1	1

Hesaplamalar...

MODEL

	civic	saturn	escort	miata
civic	1,0000	0,2500	4,0000	0,1667
saturn	4,0000	1,0000	4,0000	0,2500
escort	0,2500	0,2500	1,0000	0,2000
miata	6,0000	4,0000	5,0000	1,0000
	11,2500	5,5000	14,0000	1,6167

NORMALİZE MATRİS

0,0889	0,0455	0,2857	0,1031
0,3556	0,1818	0,2857	0,1546
0,0222	0,0455	0,0714	0,1237
0,5333	0,7273	0,3571	0,6186

ÖNCELİK MATRİSİ

3	0,1308
2	0,2444
4	0,0657
1	0,5591
	1,0000

DAYANIKLILIK

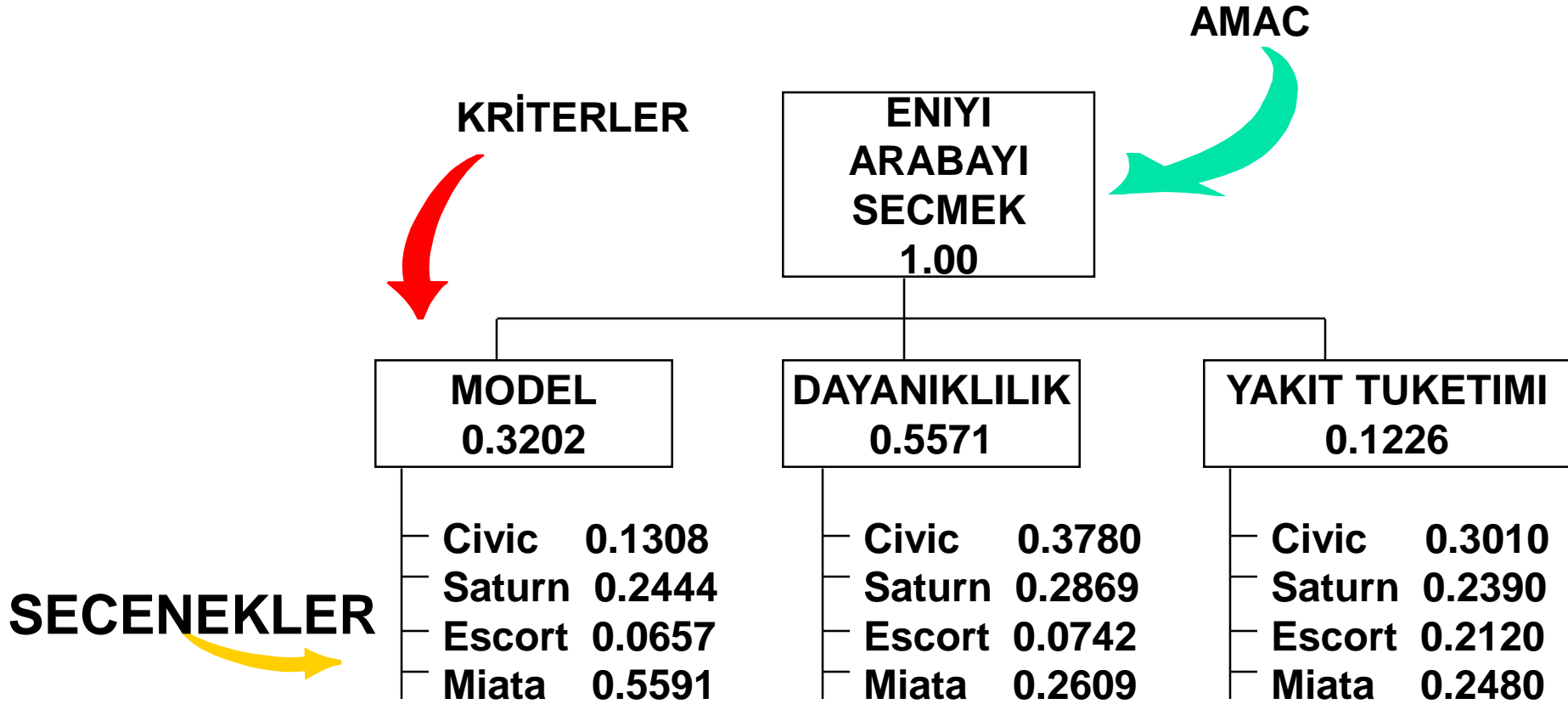
	civic	saturn	escort	miata
civic	1,0000	2,0000	5,0000	1,0000
saturn	0,5000	1,0000	3,0000	2,0000
escort	0,2000	0,3333	1,0000	0,2500
miata	1,0000	0,5000	4,0000	1,0000
	2,7000	3,8333	13,0000	4,2500

NORMALİZE MATRİS

0,3704	0,5217	0,3846	0,2353
0,1852	0,2609	0,2308	0,4706
0,0741	0,0870	0,0769	0,0588
0,3704	0,1304	0,3077	0,2353

ÖNCELİK MATRİSİ

1	0,3780
2	0,2869
4	0,0742
3	0,2609
	1,0000



	MODEL	DAYANIKLILIK	YAKIT TUKETIMI		MODEL	DAYANIKLILIK	YAKIT TUKETIMI
CIVIC	0.1308	0.3780	0.3010	*	0.3202		
SATURN	0.2444	0.2869	0.2390		0.5571		
ESCORT	0.0657	0.0742	0.2120		0.1226		
MIATA	0.5591	0.2609	0.2480				

ORNEGIN CIVIC ICIN $(.1308 * .3202) + (.3780 * .5571) + (.3010 * .1226) = .2894$

CIVIC	.2894	2
SATURN	.2674	3
ESCORT	.0884	4
MIATA	.3548	1

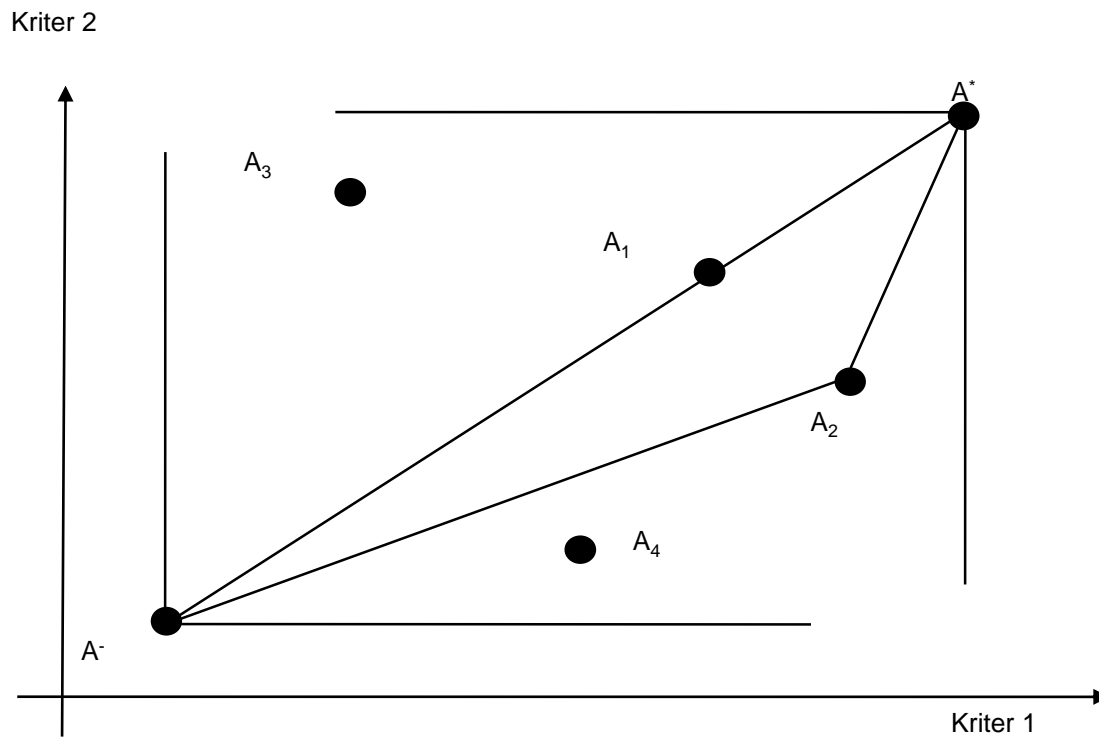
MIATA ENIYI ARABADIR

TOPSIS Yöntemi

- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), ELECTRE yöntemine alternatif olarak geliştirilmiştir.
- Alternatiflerin en iyi çözüme (pozitif-ideal çözüme) görece yakınlıklarını dikkate alarak sıralanmasını sağlamaktadır.
- ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından alternatiflerin pozitif- ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesinden yola çıkılarak önerilmiştir.

TOPSIS Yöntemi (Devam)

- İçeriği yalın ve anlaşılabilir.
- Hesaplama yeteneği güçlüdür.
- Sayısal değerler kullanılabildiğinden alternatifler arasındaki farklılıklar ve kriterlerin birbirlerinden ne kadar farklı oldukları konusunda iyi bir görüş elde edilebilmektedir.
- Karar alternatiflerinin ilişkisini belirlerken bunu basit bir matematiksel formda sunabilir.
- Alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılmasına olanak tanır.
- Nitel bir dönüştürme yapılmaksızın, doğrudan verilere uygulanabilmektedir.



TOPSIS Yönteminin Aşamaları

1. Problemin Tanımlanması

2. Kriterlerin Tanımlanması

3. Alternatiflerin Belirlenmesi

4. Karar Matrisinin Oluşturulması 

$$X = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{vmatrix}$$

5. Karar Matrisinin Normalleştirilmesi

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}}$$

$$R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{vmatrix}$$

6. Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

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

TOPSIS Aşamaları (Devam)

7. Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j$$
$$V = \begin{vmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{vmatrix}$$

8. İdeal ve Negatif-ideal Çözümlerin Belirlenmesi

Alternatifler	Kriterler			
	C_1	C_2	...	C_n
A_1	$v_{11}=w_1 \cdot r_{11}$	$v_{12}=w_2 \cdot r_{12}$	...	$v_{1n}=w_n \cdot r_{1n}$
A_2	$v_{21}=w_1 \cdot r_{21}$	$v_{22}=w_2 \cdot r_{22}$	...	...
...
A_m	$v_{m1}=w_1 \cdot r_{m1}$	$v_{m2}=w_2 \cdot r_{m2}$	...	$v_{mn}=w_n \cdot r_{mn}$
A^* (Pozitif ideal)	$v_1^* = \text{Maks } v_{i1}$	$v_2^* = \text{Maks } v_{i2}$	...	$v_n^* = \text{Maks } v_{in}$
A^- (Negatif ideal)	$v_1^- = \text{Min } v_{i1}$	$v_2^- = \text{Min } v_{i2}$	...	$v_n^- = \text{Min } v_{in}$

TOPSIS Aşamaları (Devam)

9. Ayırma Ölçümünün Hesaplanması: Bu aşamada, n boyutlu Euclid (öklid) uzaklık yöntemi, her bir alternatifin ideal çözümden ve negatif-ideal çözümden ayırım uzaklığı ölçümüne uygulanmaktadır. Her bir alternatifin ideal çözümden öklid anlayışına göre uzaklığı S_i^* ile gösterildiğinde, bu uzaklıkların hesaplanması için, tablodaki formüllerden yararlanılmaktadır

Alternatifler	İdeal Ayırım Ölçüleri	
	S_i^*	S_i^-
A_1	$S_{1^*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{1j} - v_{j^*})^2}$	$S_{1^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{1j} - v_{j^-})^2}$
A_2	$S_{2^*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{2j} - v_{j^*})^2}$	$S_{2^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{2j} - v_{j^-})^2}$
...
A_m	$S_{m^*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{mj} - v_{j^*})^2}$	$S_{m^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{mj} - v_{j^-})^2}$

TOPSIS Aşamaları (Devam)

10. İdeal Çözüme Görece Yakınlığın Hesaplanması: Alternatif i 'nin ideal çözüme yakınlığı (C_{i^*}), $0 \leq C_{i^*} \leq 1$ arasında değer alır. Bunun yanı sıra, eğer $A_i = A^*$ ise $C_{i^*} = 1$, $A_i = A^-$ ise $C_{i^-} = 0$ olur.

Alternatifler	S^*
A_1	$C_{1^*} = \frac{S_{1-}}{S_{1^*} + S_{1-}}$
A_2	$C_{2^*} = \frac{S_{2-}}{S_{2^*} + S_{2-}}$
...	...
A_m	$C_{m^*} = \frac{S_{m-}}{S_{m^*} + S_{m-}}$

11. Alternatiflerin Sıralanması

- Avrupa Birliği'ne üye ve aday ülkelerin ÇKKV yöntemlerinden birisi olan TOPSIS yöntemi kullanılarak ekonomik gelişmişliklerine göre sıralayınız. **Alternatifler** aşağıda yer almaktadır.

Kurucular (1958)	2004'ten Önce Katılanlar	2004'te Katılanlar	2007'de Katılanlar
Almanya (K)	Avusturya (15)	Çek Cumhuriyeti (25)	Bulgaristan (27)
Belçika (K)	Danimarka (15)	Estonya (25)	Romanya (27)
Fransa (K)	Finlandiya (15)	Güney Kıbrıs (25)	
Hollanda (K)	İngiltere (15)	Letonya (25)	Aday Ülkeler
İtalya (K)	İrlanda (15)	Litvanya (25)	Türkiye (A)
Lüksemburg (K)	İspanya (15)	Macaristan (25)	Hırvatistan (A)
	İsveç (15)	Malta (25)	
	Portekiz (15)	Polonya (25)	
	Yunanistan (15)	Slovakya (25)	
		Slovenya (25)	

Kriterler ve Ağırlıklar

- Çalışmada AB'ye üye ve aday ülkelerin ekonomik gelişmişliklerine (performanslarına) göre sıralanması için Maastricht Kriterleri de dikkate alınarak aşağıdaki göstergelerin 2009 yılı verileri kullanılmıştır.

Kriter	Performansa Olan Etki
Kamu Borçları/GSYİH	Negatif Etki
İşsizlik Oranı (%)	Negatif Etki
Bütçe Açığı/GSYİH	Negatif Etki
İhracat/ithalat	Pozitif Etki
GSYİH/Nüfus	Pozitif Etki
Enflasyon	Negatif Etki

- Çalışmada ülkeler performanslarına göre sıralanması için her bir kritere eşit ağırlık verilmiştir. gerçekleştirilmiştir.

Kriter	Kamu Borçları/ GSYİH	İşsizlik Oranı (%)	Bütçe Açığı/ GSYİH	İhracat/ İthalat	GSYİH/ Nüfus	Enflasyon
Eşit Ağırlıklar	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66

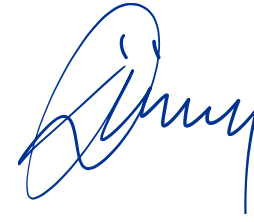
Bulgular

Alternatifler	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	S_i^+	S_i^-	C_i
	Kamu Borçları/ GSYİH	İşsizlik Oranı	Bütçe Açığı/ GSYİH	İhracat/i thalat	GSYİH/ Nüfus	Enflasyon			
Almanya (K)	0,0213	0,0337	0,0378	0,0401	0,0345	0,0369	0,0678	0,0802	0,5420
Avusturya (15)	0,0237	0,0423	0,0371	0,0318	0,0386	0,0357	0,0661	0,0825	0,5553
Belçika (K)	0,0122	0,0324	0,0285	0,0349	0,0369	0,0381	0,0734	0,0730	0,4987
Bulgaristan (27)	0,0447	0,0359	0,0361	0,0230	0,0054	0,0230	0,0975	0,0737	0,4305
Çek Cumhuriyeti (25)	0,0365	0,0362	0,0292	0,0357	0,0154	0,0345	0,0833	0,0756	0,4756
Danimarka (15)	0,0341	0,0385	0,0395	0,0377	0,0474	0,0315	0,0544	0,0895	0,6220
Estonya (25)	0,0477	0,0135	0,0430	0,0296	0,0121	0,0369	0,0910	0,0794	0,4658
Finlandiya (15)	0,0331	0,0314	0,0409	0,0343	0,0378	0,0285	0,0657	0,0803	0,5499
Fransa (K)	0,0194	0,0273	0,0234	0,0287	0,0345	0,0375	0,0771	0,0668	0,4642
Güney Kıbrıs (25)	0,0274	0,0407	0,0282	0,0053	0,0249	0,0369	0,0910	0,0704	0,4361
Hırvatistan (A)	0,0365	0,0285	0,0459	0,0164	0,0121	0,0248	0,0953	0,0710	0,4269
Hollanda (K)	0,0263	0,0458	0,0309	0,0373	0,0407	0,0321	0,0631	0,0840	0,5710
İngiltere (15)	0,0234	0,0333	0,0100	0,0243	0,0298	0,0248	0,0874	0,0577	0,3974
İrlanda (15)	0,0245	0,0196	0,0000	0,0613	0,0420	0,0484	0,0755	0,0883	0,5391
İspanya (15)	0,0294	0,0000	0,0107	0,0257	0,0269	0,0394	0,0951	0,0583	0,3801
İsveç (15)	0,0339	0,0311	0,0464	0,0362	0,0368	0,0266	0,0660	0,0832	0,5576
İtalya (K)	0,0043	0,0327	0,0309	0,0325	0,0296	0,0333	0,0837	0,0669	0,4444
Letonya (25)	0,0359	0,0029	0,0186	0,0261	0,0097	0,0182	0,1067	0,0492	0,3156
Litvanya (25)	0,0388	0,0138	0,0186	0,0299	0,0093	0,0127	0,1033	0,0531	0,3395
Lüksemburg (K)	0,0448	0,0414	0,0464	0,0285	0,0901	0,0381	0,0348	0,1226	0,7789
Macaristan (25)	0,0193	0,0256	0,0354	0,0354	0,0109	0,0139	0,0973	0,0584	0,3752
Malta (25)	0,0232	0,0353	0,0361	0,0177	0,0167	0,0273	0,0925	0,0641	0,4093
Polonya (25)	0,0303	0,0314	0,0248	0,0303	0,0095	0,0139	0,0981	0,0579	0,3711
Portekiz (15)	0,0202	0,0269	0,0168	0,0205	0,0187	0,0436	0,0936	0,0610	0,3946
Romanya (27)	0,0410	0,0356	0,0206	0,0248	0,0065	0,0042	0,1053	0,0614	0,3684
Slovakya (25)	0,0365	0,0192	0,0258	0,0334	0,0136	0,0327	0,0902	0,0655	0,4208
Slovenya (25)	0,0365	0,0388	0,0303	0,0328	0,0204	0,0327	0,0798	0,0761	0,4884
Türkiye (A)	0,0325	0,0176	0,0297	0,0241	0,0072	0,0000	0,1092	0,0510	0,3185
Yunanistan (15)	0,0000	0,0273	0,0028	0,0100	0,0245	0,0303	0,1086	0,0453	0,2943
Ağırlık	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667			
A*	0,0477	0,0458	0,0464	0,0613	0,0901	0,0484			
A-	0,0000	0,0000	0,0000	0,0053	0,0054	0,0000			

Bulgular

Sıra	Alternatifler	C_i
1	Lüksemburg (K)	0,7789
2	Danimarka (15)	0,622
3	Hollanda (K)	0,5709
4	İsveç (15)	0,5576
5	Avusturya (15)	0,5553
6	Finlandiya (15)	0,5499
7	Almanya (K)	0,542
8	İrlanda (15)	0,5391
9	Belçika (K)	0,4987
10	Slovenya (25)	0,4884
11	Çek Cumhuriyeti (25)	0,4756
12	Estonya (25)	0,4658
13	Fransa (K)	0,4642
14	İtalya (K)	0,4443
15	Güney Kıbrıs (25)	0,4361

Sıra	Alternatifler	C_i
16	Bulgaristan (27)	0,4305
17	Hırvatistan (A)	0,4268
18	Slovakya (25)	0,4208
19	Malta (25)	0,4093
20	İngiltere (15)	0,3973
21	Portekiz (15)	0,3946
22	İspanya (15)	0,3801
23	Macaristan (25)	0,3752
24	Polonya (25)	0,3711
25	Romanya (27)	0,3684
26	Litvanya (25)	0,3395
27	Türkiye (A)	0,3185
28	Letonya (25)	0,3156
29	Yunanistan (15)	0,2943



■ ÇKKV, çok sayıda kritere göre alternatiflerin avantaj ve dezavantajlarını değerlendiren analitik yöntemler topluluğudur (Hsieh vd., 2004). ÇKKV yöntemleri, karar verme sürecine destek olmak ve genellikle çelişen kriterlere göre farklı özelliklere sahip alternatifler kümesinden bir ya da daha fazla alternatifin seçimi veya bu alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır (Deng vd., 2000). Bu anlamda ÇKKV yöntemleri tüm ekonomi, finans, sermaye yatırımı, üretim, insan kaynakları, planlama, risk analizi, başvuru değerlendirmeleri, grup karar verme, tesis yeri seçimi, kaynak tahsisi, ulaştırma, çatışma analizi, eğitim, sağlık, silah seçimi, kamu sektörü, portföy seçimi, pazar seçimi gibi alanlarda kullanılabilir.

VIKOR Yöntemi-(Devam)

- VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi aynı birimle ölçülemeyen, birbiriyle çelişebilen kriterlerden oluşan çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için ilk kez Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından önerilmiştir (Opricovic vd., 2004, 445–455). VIKOR yönteminde, birden çok kriter birlikte değerlendirilip ideal çözüme en yakın olan uygulanabilir çözümler üretilir ve alternatifler arasından en iyi olanın seçilmesi veya bu alternatiflerin performanslarına göre sıralanması için kullanılır.

VIKOR Yöntemi-(Devam)

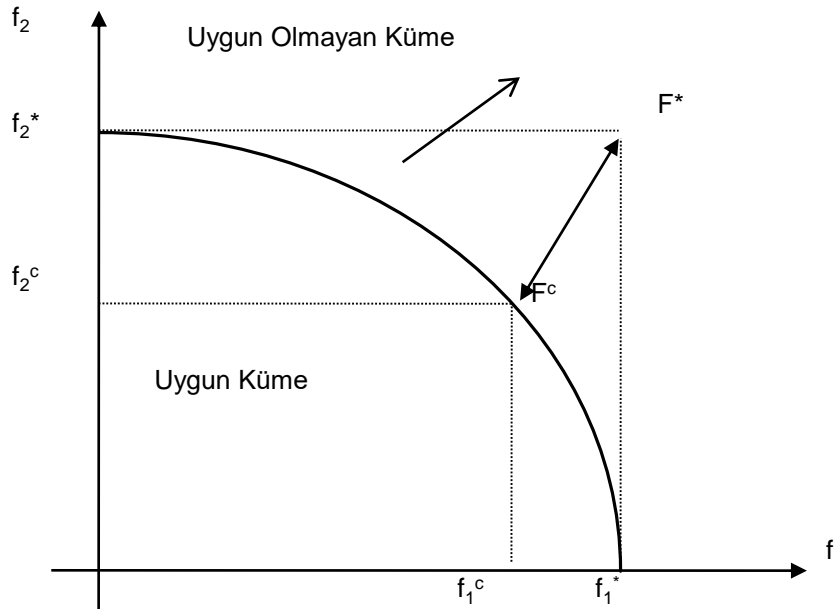
- A_i i'inci alternatifi ($i = 1, 2, \dots, n$), C_j j'inci, ($j = 1, 2, \dots, n$), x_{ij} i'inci alternatifi n'inci kritere göre performans değerini ve mco ise çok kriterli karar verme yönteminden en iyi ulaşılmış alternatifi seçme süreci operatörünü gösterdiğinde VIKOR aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$mco = \left\{ x_{ij} (A_i), j = 1, 2, \dots, n, i = 1, 2, 3, \dots, m \right\}$$

- VIKOR, ulaşılmış bir sıralama belirlemeyi ve belirtilen ağırlıklar altında ulaşılmış ortak çözüme ulaşmayı sağlar ve her alternatifi n'inci kriter için değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak ulaşılmış sıralama elde edilir (Opricovic, S. ve G. H. Tzeng, 2007: 514-529).

VIKOR Yöntemi-(Devam)

- Ortak uzlaşılmış çözüm $F^c = (f_1^c, f_2^c)$ ideal çözüm $F^*(= f_1^*, f_2^*)$ 'ye en yakın uygun çözüm ise, bu durum Şekil 1'deki gibi grafik üzerinde gösterilebilir. Şekil 1'de gösterilen karşılıklı tavizlerle sağlanmış anlaşma, $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$ ve $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$ biçiminde ifade edilebilir.



- Şekil 1: İdeal ve Uzlaşılmış Ortak Çözüm

VIKOR Yönteminin Aşamaları

1. Problemin Tanımlanması

İMKB'de işlem gören Çimento şirketlerinin finansal performanslarına göre sıralanması ve hisse getirileri ile finansal performanslar arasındaki ilişki olup olmadığının (sıra korelasyonu ile) araştırılması.

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

2. Kriterlerin Tanımlanması

Çalışmada İMKB'de işlem gören çimento sektörü firmalarının 2011 yılı finansal oranları veri olarak kullanılmıştır.

Kriterler	Performansa Etkisi
Cari Oran	Pozitif Etki
Alacak Devir Süresi (Yıllık)	Negatif Etki
Stok Devir Süresi (Yıllık)	Negatif Etki
Ticari Boç Devir Süresi (Yıllık)	Pozitif Etki
Toplam Borç / Özsermaye (%)	Negatif Etki
Özsermaye Karlılığı (%)	Pozitif Etki
Esas Faaliyet Kar Marjı	Pozitif Etki
Maliyet/Net Satışlar (%)	Negatif Etki

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

3. Alternatiflerin Belirlenmesi

Araştırmada İMKB’de işlem gören Çimento sektöründe yer alan ve verisi eksik olmayan 16 şirket alternatif olarak kullanılmıştır. (Niğde Beton Sansyi ve Ticaret A.Ş.’nin verisi eksik olduğu için analizde yer almamıştır.)

ADANA	Adana Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CIMSA	Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.
AFYON	Afyon Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CMBTN	Çimbeton Hazır Beton ve Prefabrik Yapı Elemanları Sanayi ve Ticaret A.Ş.
AKCNS	Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CMEN	Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Ticaret A.Ş.
ASLAN	Aslan Çimento A.Ş.	GOLTS	Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.
BOLUC	Bolu Çimento Sanayi A.Ş.	KONYA	Konya Çimento Sanayi A.Ş.
BSOKE	Batisöke Söke Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	MRDIN	Mardin Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.
BTCIM	Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayi A.Ş.	NUHCM	Nuh Çimento Sanayi A.Ş.
BUCIM	Bursa Çimento Fabrikası A.Ş.	UNYEC	Ünye Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

4. Karar Matrisinin Oluşturulması

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Alternatifler	Kriterler								
	Cari Oran	Alacak Devir Suresi (Yıllık)	Stok Devir Süresi (Yıllık)	Ticari Borç Devir Süresi (Yıllık)	Toplam Borç/Özsermaye %	Özsermaye Karlılığı %	Esas Faaliyet Kar Marjı	Maliyet / Net Satışlar %	
ADANA	1,96	101,59	61,8	36,34	55,49	25,56	19,19	31,5	
AFYON	4	65,68	33,82	40,02	54,03	-11,29	-14,85	0	
AKCNS	1,24	58,47	58,96	71,13	23,69	11,62	13,77	17,8	
ASLAN	2,63	0	32,26	35,87	36,8	6,13	16,91	28,62	
BOLUC	3,7	30,67	47,34	65,56	53,74	9,98	13,87	24,04	
BSOKE	4,46	98,2	0	60,13	57,05	1,33	3,62	17,99	
BTCIM	2,24	76,3	37,91	62,07	16,18	6,45	4,5	15,59	
BUCIM	2,95	48,63	44,45	33,37	27,33	17,35	10,74	22,04	
CIMSA	1,1	72,02	47,42	53,25	25,17	14,4	20,58	25,77	
CMBTN	1,48	57,92	91,75	67,91	0	32,96	1,24	7,91	
CMEN	1,95	63,71	41,21	57,72	28,83	2,86	5,78	18,55	
GOLTS	2,32	96,89	42,87	60,48	5,55	1,69	8,56	27,36	
KONYA	5,14	63,53	33,2	68	52,16	7,85	14,24	26,82	
MRDIN	2,98	65,56	41,3	23,32	50,46	31,96	35,46	44,82	
NUHCM	1,89	51,04	70,05	31,76	23,99	9,03	9,93	18,19	
UNYEC	6,69	55,76	56,29	31,64	58,78	19,97	27,39	35,81	

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

5. Her Bir Kriter İçin En İyi (f_j^*) ve En Kötü (f_j^-) Değerlerin Belirlenmesi

Alternatifler	Kriterler								
	Cari Oran	Alacak Devir Suresi (Yıllık)	Stok Devir Suresi (Yıllık)	Ticari Borç Devir Suresi (Yıllık)	Toplam Borç / Özsermaye (%)	Özsermaye Karlılığı (%)	Esas Faaliyet Kar Marjı	Maliyet / Net Satışlar (%)	
ADANA	1,96	101,59	61,8	36,34	55,49	25,56	19,19	31,5	
AFYON	4	65,68	33,82	40,02	54,03	-11,29	-14,85	0	
AKCNS	1,24	58,47	58,96	71,13	23,69	11,62	13,77	17,8	
ASLAN	2,63	0	32,26	35,87	36,8	6,13	16,91	28,62	
BOLUC	3,7	30,67	47,34	65,56	53,74	9,98	13,87	24,04	
BSOKE	4,46	98,2	0	60,13	57,05	1,33	3,62	17,99	
BTCIM	2,24	76,3	37,91	62,07	16,18	6,45	4,5	15,59	
BUCIM	2,95	48,63	44,45	33,37	27,33	17,35	10,74	22,04	
CIMSA	1,1	72,02	47,42	53,25	25,17	14,4	20,58	25,77	
CMBTN	1,48	57,92	91,75	67,91	0	32,96	1,24	7,91	
CMEN	1,95	63,71	41,21	57,72	28,83	2,86	5,78	18,55	
GOLTS	2,32	96,89	42,87	60,48	5,55	1,69	8,56	27,36	
KONYA	5,14	63,53	33,2	68	52,16	7,85	14,24	26,82	
MRDIN	2,98	65,56	41,3	23,32	50,46	31,96	35,46	44,82	
NUHCM	1,89	51,04	70,05	31,76	23,99	9,03	9,93	18,19	
UNYEC	6,69	55,76	56,29	31,64	58,78	19,97	27,39	35,81	
f^*	6,69	101,59	91,75	71,13	58,78	32,96	35,46	44,82	
f^-	1,1	0	0	23,32	0	-11,29	-14,85	0	

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

6. Karar Matrisinin Normalleştirilmesi: Alternatif sayısı m , kriter sayısı n ile gösterildiğinde, normalleştirilmiş karar matrisi R ile ifade edilir ve i 'inci alternatifin j 'inci kriter için normalleştirilmiş değeri r_{ij} ile gösterilir.

$$r_{ij} = \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)}$$

7. Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi: Çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıkları piyasa uzmanı olan kişilerle yapılan görüşmeler sonucunda eşit olarak belirlenmiştir.

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

	Kriterler							
	Cari Oran	Alacak Devir Süresi (Yıllık)	Stok Devir Süresi (Yıllık)	Ticari Borç Devir Süresi (Yıllık)	Toplam Borç / Özsermaye (%)	Özsermaye Karlılığı (%)	Esas Faaliyet Kar Marjı	Maliyet / Net Satışlar (%)
w_i	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

8. Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j$$

Alternatifler	Kriterler							
	Cari Oran	Alacak Devir Suresi (Yıllık)	Stok Devir Suresi (Yıllık)	Ticari Borç Devir Suresi (Yıllık)	Toplam Borç / Özsermaye (%)	Özsermaye Karlılığı (%)	Esas Faaliyet Kar Marjı	Maliyet / Net Satışlar (%)
ADANA	0,10577	0,00000	0,04080	0,09096	0,00700	0,02090	0,04042	0,03715
AFYON	0,06015	0,04418	0,07892	0,08134	0,01010	0,12500	0,12500	0,12500
AKCNS	0,12187	0,05306	0,04467	0,00000	0,07462	0,06028	0,05389	0,07536
ASLAN	0,09079	0,12500	0,08105	0,09219	0,04674	0,07579	0,04609	0,04518
BOLUC	0,06686	0,08726	0,06050	0,01456	0,01072	0,06492	0,05364	0,05795
BSOKE	0,04987	0,00417	0,12500	0,02876	0,00368	0,08935	0,07911	0,07483
BTCIM	0,09951	0,03112	0,07335	0,02369	0,09059	0,07489	0,07692	0,08152
BUCIM	0,08363	0,06516	0,06444	0,09872	0,06688	0,04410	0,06142	0,06353
CIMSA	0,12500	0,03638	0,06040	0,04675	0,07147	0,05243	0,03697	0,05313
CMBTN	0,11650	0,05373	0,00000	0,00842	0,12500	0,00000	0,08502	0,10294
CMEN	0,10599	0,04661	0,06886	0,03506	0,06369	0,08503	0,07374	0,07327
GOLTS	0,09772	0,00578	0,06659	0,02784	0,11320	0,08833	0,06684	0,04869
KONYA	0,03466	0,04683	0,07977	0,00818	0,01408	0,07093	0,05272	0,05020
MRDIN	0,08296	0,04433	0,06873	0,12500	0,01769	0,00282	0,00000	0,00000
NUHCM	0,10733	0,06220	0,02956	0,10293	0,07398	0,06760	0,06343	0,07427
UNYEC	0,00000	0,05639	0,04831	0,10325	0,00000	0,03669	0,02005	0,02513

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

9. S_i , R_i ve Q_i ($i = 1, 2, \dots, m$) Değerlerinin Hesaplanması

- w_j karar vericilerin görece tercihini açıklayan kriterlerin ağırlıkları olmak üzere; S_i ve R_i değerleri, i 'inci alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösterir. S_i ve R_i değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

- $$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij} = \sum_{j=1}^n v_{ij}$$

- $$R_i = \max_j \left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right] = \max_j [w_j \cdot r_{ij}] = \max_j [v_{ij}]$$

- $S^* = \min_i S_i$, $S^- = \max_i S_i$, $R^* = \min_i R_i$, ve $R^- = \max_i R_i$ olarak ifade edildiğinde,
- Q_i ($i = 1, 2, \dots, m$),
- $$Q_i = v(S_i - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_i - R^*) / (R^- - R^*)$$

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

9. S_i , R_i ve Q_i ($i = 1, 2, \dots, m$) Değerlerinin Hesaplanması

VIKOR Yöntemi S_i , R_i ve Q_i Değerleri

Alternatifler	S_i	R_i	Q_i
A_1	$S_1 = \sum_j^n v_{1j}$	$R_1 = \max_j [v_{1j}]$	$Q_1 = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)}$
A_2	$S_2 = \sum_j^n v_{2j}$	$R_2 = \max_j [v_{2j}]$	$Q_2 = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)}$
...
A_m	$S_m = \sum_j^n v_{mj}$	$R_m = \max_j [v_{mj}]$	$Q_m = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)}$

Burada v değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1-v)$ karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Bir karar verme sürecinde uzlaşma, “çoğunluk oyu” ($v > 0,5$) ile, “konsensus” ($v = 0,5$) ile veya “veto” ($v < 0,5$) ile sağlanabilir.

VIKOR Yönteminin Aşamaları (Devam)

10. Alternatiflerin Sıralanması: Bu aşamada S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sonuçta üç adet sıralanmış liste elde edilir.

Alternatifler	S_j Değerleri	S_j 'ye göre sıralama	R_j Değerleri	R_j 'ye göre Sıralama	Q_j Değerleri	Q_j 'ye Göre Sıralama
KONYA	0,35738	4	0,07977	1	0,09386	1
BOLUC	0,41642	5	0,08726	2	0,25873	2
UNYEC	0,28982	1	0,10325	5	0,25954	3
ADANA	0,34301	3	0,10577	6	0,36131	4
BUCIM	0,54789	11	0,09872	3	0,56809	5
MRDIN	0,34154	2	0,12500	11	0,57186	6
BTCIM	0,55159	12	0,09951	4	0,58189	7
CMEN	0,55225	13	0,10599	7	0,65449	8
GOLTS	0,51500	10	0,11320	9	0,68239	9
NUHCM	0,58131	14	0,10733	8	0,70971	10
BSOKE	0,45476	6	0,12500	11	0,72916	11
AKCNS	0,48375	8	0,12187	10	0,73483	12
CIMSA	0,48253	7	0,12500	11	0,76774	13
CMBTN	0,49162	9	0,12500	11	0,78037	14
ASLAN	0,60283	15	0,12500	11	0,93488	15
AFYON	0,64970	16	0,12500	11	1,00000	16

Hisse Getirileri ve Finansal Performans

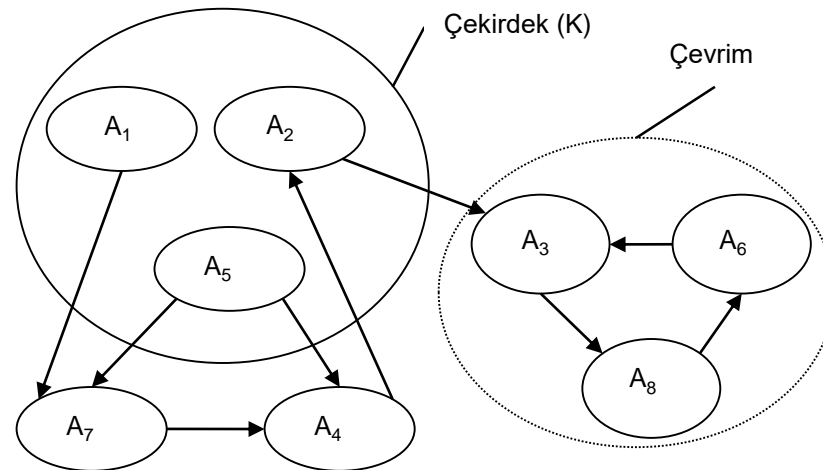
Alternatifler	Qj Değerleri	Qj'ye Göre Sıralama	Yıllık Getiri	Yıllık Getiriye Göre Sıralama
KONYA	0,093856732	1	21,65354	1
CMBTN	0,78036577	14	-0,71429	2
AKCNS	0,734830381	12	-9,01857	3
BUCIM	0,568088526	5	-11,8393	4
NUHCM	0,709709594	10	-11,9658	5
UNYEC	0,259540148	3	-15	6
BOLUC	0,258731003	2	-16,6667	7
MRDIN	0,571860051	6	-21,9321	8
CIMSA	0,767740835	13	-24,6	9
BSOKE	0,729161573	11	-26,4706	10
GOLTS	0,682388936	9	-29,0323	11
BTCIM	0,581893046	7	-31,2834	12
CMEN	0,654491258	8	-35,4486	13
ADANA	0,361309121	4	-40,0356	14
AFYON	1	16	-52,5907	15
ASLAN	0,934877008	15	-93,9823	16

- Alternatiflerin performanslarına göre birbirleriyle kıyaslanarak seçim yapılması temeline dayanan ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Yöntem ilk olarak Benayoun, Roy ve arkadaşları tarafından 1966 yılında önerilmiş ve araştırmacılar tarafından çok tartışılan bir yöntem olmuştur. Daha sonra bu yöntem, Nijkamp and Van Delft (1977) ve Voogd (1983) tarafından geliştirilmiştir.
- ELECTRE yöntemi farklı alternatiflerin bütün mümkün çiftlerini kriterler bazında karşılaştıran ve alternatiflerin kriterler bazında skorlarını ortaya koyan sistematik bir analizdir. Bu yöntemde de diğer yöntemlerde olduğu gibi; karar matrisinde bulunan tüm bilgiler kullanılarak, her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır. A_k ve A_l gibi iki alternatifin kriter bazında tercih edilebilirliğindeki üstünlük ilişkisi $A_k \rightarrow A_l$ şeklinde gösterilmektedir ve A_k , A_l 'ye göre daha üstündür veya tercih edilir diye ifade edilmektedir.

Kriterler bazında, sekiz tane alternatifin birbirleriyle ikili karşılaştırmalarıyla gerçekleştirilen dokuz karşılaştırmaların aşağıdaki gibi olduğu varsayılırsa;

- $(A_1 \rightarrow A_7)$, $(A_2 \rightarrow A_3)$, $(A_3 \rightarrow A_8)$,
- $(A_4 \rightarrow A_2)$, $(A_5 \rightarrow A_4)$, $(A_5 \rightarrow A_7)$,
- $(A_6 \rightarrow A_3)$, $(A_7 \rightarrow A_4)$, $(A_8 \rightarrow A_6)$

bu karşılaştırmalar çekirdek diyagramı denilen diyagramla aşağıdaki gibi de gösterilebilmektedir.



- Eğer izlenen yol tekrar başlangıç noktasına geliyorsa ($A_3 \rightarrow A_8 \rightarrow A_6 \rightarrow A_3$, kesikli çizgi ile gösterilen dairenin içindeki alternatifler) buna "çevrim"denir. Bir çevrimde tüm alternatiflerin aynı öneme sahip olduğu varsayılır. Bunun yanı sıra, ELECTRE yöntemi ile seçilen alternatiflerin oluşturduğu kümeye çekirdek (kernel, K) adı verilmektedir. Çekirdek (K) aşağıda görülen iki duruma göre oluşturulur.
- K'nin içindeki bir alternatif (nokta) K'nin içinde bulunan diğer alternatife göre daha üstün değildir.
- K'nin dışında bulunan bir alternatif tercih sıralamasında K'nin içindeki en az bir alternatife göre daha az tercih edilir.
- Çekirdek oluşturulurken, öncelikle alternatifler arasından her zaman üstün olanlar, yani hiç ok yönlendirilmemiş olan alternatifler seçilmektedir. Şekilde bu alternatifler A_1 ve A_5 'dir. Daha sonra da yukarıdaki koşulları sağlayan alternatifler seçilir. Bu durumda $K = \{A_1, A_2, A_5\}$ olur.

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

ELECTRE yöntemi aşağıda açıklanan 7 aşamadan oluşmaktadır.

- 1- Problemin Tanımlanması
- 2- Kriterlerin Tanımlanması
- 3- Alternatiflerin Belirlenmesi
- 4- Karar Matrisinin Oluşturulması: ELECTRE yönteminin bu aşamasında belirlenen karar kriterleri ve alternatifler ile ilgili karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler (karar noktaları), sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterler (değerlendirme faktörleri)

yer alır .

$$X = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{vmatrix}$$

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

- 5- Karar Matrisinin Normalleştirilmesi: Bu aşamada, farklı kriter boyutları boyutsuz kriterlere dönüştürülmektedir. Burada amaç, ölçü biriminden bağımsız olarak karşılaştırma yapılabilmesi için karar matrisi değerlerinin normalleştirilmesidir. Alternatif sayısı m , kriter sayısı n ile gösterildiğinde, normalleştirilmiş karar matrisi R ile ifade edilir ve i 'inci alternatifin j 'inci kriter için normalleştirilmiş değeri r_{ij} ile gösterilir. R matrisinin r_{ij} değerleri aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}} \quad b_j = \sum_{k=1}^m x_{kj}^2 \quad R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

Alternatifler	Kriterler			
	C ₁	C ₂	...	C _n
A ₁	$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{b_1}}$	$r_{12} = \frac{x_{12}}{\sqrt{b_2}}$	...	$r_{1n} = \frac{x_{1n}}{\sqrt{b_n}}$
A ₂	$r_{21} = \frac{x_{21}}{\sqrt{b_1}}$	$r_{22} = \frac{x_{22}}{\sqrt{b_2}}$	...	...
...
A _m	$r_{m1} = \frac{x_{m1}}{\sqrt{b_1}}$	$r_{m2} = \frac{x_{m2}}{\sqrt{b_2}}$	...	$r_{mn} = \frac{x_{mn}}{\sqrt{b_n}}$

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

6- Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi:

Kriterler	C₁	C₂	...	C_n
Ağırlıklar	w ₁	w ₂	...	w _n

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

7- Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması : Beşinci aşamada belirlenen normalleştirilmiş karar matrisindeki her bir değer altıncı aşamada belirlenen ilgili sütundaki kriterlere ait ağırlıklar ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$) ile çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) bulunur. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi değerleri (v_{ij}),

$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j$ formülüyle hesaplanır.

$$V = \begin{vmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{vmatrix}$$

Alternatifler	Kriterler			
	C₁	C₂	...	C_n
A₁	$V_{11} = w_1 \cdot r_{11}$	$V_{12} = w_2 \cdot r_{12}$	...	$V_{1n} = w_n \cdot r_{1n}$
A₂	$V_{21} = w_1 \cdot r_{21}$	$V_{22} = w_2 \cdot r_{22}$	...	...
...
A_m	$V_{m1} = w_1 \cdot r_{m1}$	$V_{m2} = w_2 \cdot r_{m2}$	...	$V_{mn} = w_n \cdot r_{mn}$

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

Aşama 8- Uyum ve Uyumsuzluk Kümelerinin Belirlenmesi: Her bir alternatifin ağırlıklı normalleştirilmiş değeri ile diğer alternatiflerin değerleri kriterlere göre karşılaştırılır. Uyum kümesi C, uyumsuzluk kümesi D ile gösterildiğinde, tüm alternatifler için oluşturulan uyum ve uyumsuzluk kümeleri aşağıdaki denklemlerden yararlanarak belirlenir.

Satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır. A_k ve A_l şeklinde gösterilen iki alternatifin uyum kümesi C_{kl} ; A_k 'nin A_l 'ye tercih edildiği bütün kriterlerin kümesi olarak tanımlanır.

$$C_{kl} = \{j, v_{kj} \geq v_{lj}\}, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

ELECTRE yönteminde her uyum kümesine (C_{kl}), bir uyumsuzluk kümesi (D_{kl}) karşılık gelir. Uyumsuzluk kümesi elemanları, ilgili uyum kümesine ait olmayan j elemanlarından oluşur. Bu durumda, yöntemin tamamlayıcı unsurlarından olan uyumsuzluk kümesi,

$$D_{kl} = \{j, v_{kj} < v_{lj}\}, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

ilişkisinden faydalanılarak belirlenir.

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

Aşama 9- Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması: Uyum matrisinin (C) oluşturulmasında uyum kümelerinden yararlanılır. Uyum matrisi oluşturulurken uyum kümelerinin her biri için, ayrı ayrı numaralarla gösterilen kriterlerin ağırlık değerleri toplanarak kümelerin toplam ağırlıkları bulunur. C matrisinin değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j, (j = 1, 2, \dots, n)$$
$$C = \begin{vmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \cdot & \cdot & - & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & - \end{vmatrix}$$

Formülle hesaplanan C uyum matrisindeki elemanların değeri (c_{kl}), A_k 'nin alternatif A_l 'ye göre görece önemini göstermektedir. Buna göre c_{kl} 'nin değeri, $0 \leq c_{kl} \leq 1$ arasında yer alır. Örneğin; $C_{12} = \{1, 4\}$ ise C matrisinin c_{12} elemanının değeri, $c_{12} = w_1 + w_4$ olacaktır.

Uyumsuzluk matrisi D; A_k belirli alternatifinin rakip alternatif A_l 'ye göre önemsizlik derecesini açıklamaktadır. Uyumsuzluk matrisinin d_{kl} değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |v_{kj} - v_{lj}|}{\max_j |v_{kj} - v_{lj}|}$$
$$D = \begin{vmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \cdot & \cdot & - & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & - \end{vmatrix}$$

Örneğin V matrisinin 1'inci ve 2'nci satır elemanlarının kıyaslamasından d_{21} ($k=1$ ve $l=2$) elemanı elde edilir. d_{12} için, yukarıdaki formülün pay kısmında $D_{21} = \{2, 3\}$ uyumsuzluk kümesini oluşturan $j = 2$ ve $j = 3$ değerleri dikkate alınır ve $|v_{12} - v_{22}|$ ve $|v_{13} - v_{23}|$ mutlak farklarından büyük olan seçilir. Formülün payda kısmı için ise V matrisinin 1'inci ve 2'nci satırlarındaki tüm elemanların karşılıklı mutlak farkları bulunarak bunlardan en büyük olanı seçilir.

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

Aşama 10- Uyum ve Uyumsuzluk Üstünlük Matrislerinin Belirlenmesi: Bu aşamada uyum ve uyumsuzluk üstünlük matrisleri belirlenmektedir.

Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutludur ve matrisin eleman değerleri uyum eşik değerinin (\bar{c}), uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değeri (\bar{c}) ortalama uyumluluk indeksi olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmektedir.

$$\bar{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1, k \neq 1}^m \sum_{k=1, k \neq 1}^m c_{kl}$$

Formüldeki m alternatif sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla \bar{c} değeri; $\frac{1}{m(m-1)}$ 1 ile C

matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir. Alternatif A_k 'nin alternatif A_l 'ye üstünlük sağlaması ihtimalinin olması için, uyum değeri c_{kl} 'nin en az eşik değer \bar{c} 'ye eşit olması gerekmektedir ($c_{kl} \geq \bar{c}$). Eşik değer \bar{c} 'yi temel alan uyum üstünlük matrisi F'nin elemanları (f_{kl}), 0 ya da 1 değerlerini alır (köşegen değerleri aynı alternatifleri gösterdiğinden tanımlanamaz) ve bu değerler denklem 3.16 ve 3.17'deki ilişkiler kullanılarak belirlenir.

$$f_{kl} = 1, \text{ eğer } c_{kl} \geq \bar{c} \text{ ise,}$$

$$f_{kl} = 0, \text{ eğer } c_{kl} < \bar{c} \text{ ise,}$$

Buna göre, her bir değer için bu değer eşik değerden büyük/eşit veya küçük olma durumuna göre üstünlük matrisi oluşturulmuş olur.

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

Benzer şekilde, uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de $m \times m$ boyutlu olup, F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri (\bar{d}) aşağıdaki formül yardımıyla belirlenir.

$$\bar{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1 \vee k \neq 1}^m \sum_{k=1 \vee k \neq 1}^m d_{kl}$$

Başka bir ifade ile \bar{d} değeri; $\frac{1}{m(m-1)}$ ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

Eşik değer \bar{d} 'yi temel alan uyumsuzluk üstünlük matrisi G'nin elemanları (g_{kl}) 0 ya da 1 değerlerini alır (köşegen değerleri aynı alternatifleri gösterdiğinden tanımlamaz) ve bu değerler aşağıdaki ilişkiler kullanılarak belirlenir.

$$g_{kl} = 1, \text{ eğer } d_{kl} \geq \bar{d} \text{ ise,}$$

$$g_{kl} = 0, \text{ eğer } d_{kl} < \bar{d} \text{ ise,}$$

ELECTRE Yönteminin Aşamaları

Aşama 11- Toplam Üstünlük Matrisinin Belirlenmesi: Bu aşamada hem c hem de d değerleri için 1 olarak sonuçlanmış satırlar seçilerek toplam üstünlük durumu oluşturulur. Toplam üstünlük matrisinin (E) elemanları (e_{kl}) denklemde gösterildiği gibi f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak $m \times m$ boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

$$e_{kl} = f_{kl} \cdot g_{kl}$$

Aşama 12- Daha Az Uygun Alternatiflerin Elenmesi: Toplam üstünlük matrisinden alternatiflerin kısmi tercih sırası belirlenebilir. Eğer $e_{kl} = 1$ ise, bu hem uyum, hem de uyumsuzluk kriterini kullanarak alternatif A_k 'nın, A_l 'ye tercih edildiği anlamına gelmektedir. Eğer toplam üstünlük matrisinin herhangi bir satırının (alternatifin) en az bir elemanı 1'e eşitse, bu alternatif ELECTRE yöntemi açısından üstündür. Dolayısıyla, 0'a eşit elemana sahip alternatif kolayca elimine edilebilir. Sonuç olarak en iyi alternatif bu yolla bütün diğer alternatiflere üstünlük sağlayan alternatiftir.

E matrisinin satır ve sütunları alternatifleri gösterir. Örneğin E matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmışsa;

$$E = \begin{vmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{vmatrix}$$

$e_{21} = 1$, $e_{31} = 1$ ve $e_{32} = 1$ değerlerini alır. Bu ise 2'inci satırdaki alternatifin 1'inci satırdaki alternatife, 3'üncü satırdaki alternatifin 1'inci ve 2'inci satırdaki alternatife mutlak üstünlüğünü gösterir. Bu durumda alternatifler A_i ($i = 1, 2, 3$) ile ifade edilirse, bu alternatiflerin önemlerine göre sıralaması $A_3, A_2,$ ve A_1 şeklinde olacaktır.