

PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi

Dr.Tolga Genç*

ÖZET

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri 1960'lı yıllardan beri karar verme konusunda çeşitli metodlar baz alınarak kullanılmaktadır. Özellikle 1980'li yıllardan itibaren Fransız ekolünün bir disiplini olan PROMETHEE yöntemi diğer Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine göre öne çıkmaktadır.

Bu makalenin amacı, son yıllarda akademik çalışmalarda çok sık kullanılan PROMETHEE yöntemini tanıtarak yöntemin geometrik gösterimi olan GAIA düzleminin karar vericiye görsel olarak sunduğu avantajları vurgulamaktır. GAIA düzlemi, PROMETHEE yönteminin sonuçları üzerine inşa edilerek karar vericiye görsel bir destek sunduğundan PROMETHEE yöntemine diğer Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine nazaran bir avantaj kazandırmaktadır.

Bu makalede, Türkçe yazında yeterli yer bulamamış GAIA düzleminin özellikleri ve oluşturulması ile alternatiflerin, kriterlerin ve karar çubuğunun düzlem üzerindeki durumlarının yorumlanması araştırmacılara ışık tutacak şekilde yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, PROMETHEE ve GAIA Düzlemi.

JEL Sınıflandırılması: C44, C61, C65.

PROMETHEE Method and GAIA Plane

ABSTRACT

Multi Criteria Decision Making methods have been used in decision making with various disciplines since 1960. PROMETHEE method, one of the discipline of French school, have excelled among the other MCDM methods since 1980.

The purpose of this article is to introduce PROMETHEE method and to emphasize the advantages of PROMETHEE method and its geometric representation GAIA plane to the decision maker which have been commonly used in academic studies in recent years. GAIA plane is built on the results of PROMETHEE method and it offers a visual representation to the decision maker. This visual representation provides benefits to PROMETHEE among other MCDM methods.

In this article, GAIA plane's properties, notations, alternatives, criteria and decision stick positions on the plane are described to guide for researchers.

* tolga95@yahoo.com.

Key Words: Multi Criteria Decision Making, PROMETHEE and GAIA Plane.

JEL Classification: C44, C61, C65.

GİRİŞ

Rekabet baskısını fazlasıyla yaşayan günümüz organizasyonlarının hayatta kalabilmeleri için aldıkları kararlar daha çok önem arz etmektedir. Günümüzde organizasyonlar tarafından alınan kararların daha stratejik olmaları nedeniyle karar verme sürecinde daha derinlemesine incelemeler gerekmektedir. Uygulanan stratejiler ve alınan kararlar taklit edilebilir olduğundan organizasyonların problemlerin çözümü ve izleyecekleri stratejiler için sunacakları kararlar da benzerlik göstermektedir. Bu süreçte, birbiriyle çelişen kriterlere dayanarak birbirlerine yakın alternatifler arasından en iyisini veya en iyilerini seçmek Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin bu tür problemlere tatbik edilmesini gerekli kılmaktır.

ÇKKV problemlerinde en iyi uzlaşıcı çözüme ulaşırken eldeki kriter ve alternatif sayısının miktarı çok fazla değil ise karar verici (KV) karar sürecinde problem yaşamayabilir. Ancak insan beyninin potansiyelinin yüksek ve fakat kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı birçok kriterin ve alternatifin yer aldığı problemlerde problemin niteliğine uygun matematiksel yöntemlere ihtiyaç duyulacaktır.

ÇKKV yöntemleri karar verme problemlerini bütün boyutları ile inceleyerek, problemin her yönünü KV'nin tercihleri açısından işleme tabi tutar ve en iyi uzlaşıcı çözüme ulaşır. KV, birçok kriterin olduğu durumda en iyi uzlaşıcı çözüm için eldeki çelişen kriterleri dengeleyerek ve birleştirerek alternatifleri sıralayabilir, gruplandırabilir veya aralarından seçim yapabilir.

ÇKKV problemlerin çözümünde etkili ve kolay uygulanan yöntemlerden biri olarak geliştirilen PROMETHEE (The Preference Ranking Organization METHOD for Enrichment Evaluation) metodu günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. PROMETHEE yöntemi literatürdeki mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklardan yola çıkarak geliştirilmiştir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008:70). Yöntem, karar verme problemlerine esas olan alternatifleri, belirlenmiş tercih fonksiyonlarına dayanarak değerlendirir, alternatiflerin ikili karşılaştırma tekniğiyle kısmi ve tam önceliklerini belirler.

GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) düzlemi, PROMETHEE sonuçlarının KV'ye basit olarak sunulduğu bir grafik gösterimidir. KV, GAIA geometrik gösterim ile karşılaştığı problemin çelişen kriterlerinin sonuçlarını bir düzlem üzerinde görerek daha kolay ve çabuk bir şekilde karar verir.

Literatürde, PROMETHEE yöntemi ve GAIA grafik gösterimi ile yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Yöntem, Albadvi vd. (2007) tarafından hisse senedi alım ve satımında; Lidouh vd. (2009) tarafından harita üzerinde çok kriterli profillerin gösterilmesinde; Prvulovic vd.nin (2011) çalışmasında tarım konusunda tohumların kurutulması probleminin çözümünde; Kutay ve Tektüfekçi (2012) tarafından muhasebe kararlarının verilmesinde; Yılmaz ve Dağdeviren (2011) tarafından tedarikçi seçiminde; Soba (2012) tarafından en uygun panelvan seçiminde; Özgüven (2012) tarafından internet alışveriş sitelerinin değerlendirilmesinde ve Ulucan ve Atıcı (2009) tarafından ise enerji projelerinin değerlendirilmesi gibi çeşitli alanlarda kullanılmıştır.

ÇKKV yöntemlerinde grafik gösterimi sık karşılaşılabılır bir gösterim değildir. Bu çalışmaya konu olan GAIA düzlemi ise grafik temelli bir ÇKKV gösterimidir. Çalışmada, PROMETHEE yöntemi ve GAIA grafik gösterimi ile bir uygulama yapmanın ziyadesinde GAIA grafik gösteriminin notasyonu ve açıklanması üzerinde durulmuştur. Bu yönüyle, GAIA gösterimi vasıtasıyla KV ve araştırmacılara tek bir düzlem üzerinde alternatifleri, kriterleri ve karar çubuğunun aynı anda gösterilmesine ve uygun değerlendirme yapılmasına imkan sağlayacağı değerlendirilmektedir.

1. PROMETHEE YÖNTEMİ VE GAIA GEOMETRİK GÖSTERİMİ

PROMETHEE yöntemi alternatiflerin seçilen kriterler vasıtasıyla tercih fonksiyonlarına dayanarak ikili karşılaştırmalar yapılmak suretiyle değerlendirildiği bir ÇKKV yöntemidir. Bu değerlendirme, alternatiflerin kriterler bazındaki üstünlük durumlarını birleştirme yöntemi ile gerçekleştirmektedir.

PROMETHEE yöntemi, ÇKKV yöntemleri arasında en son geliştirilen yöntemlerden birisi olup, Brans (1982) tarafından literatüre kazandırılmış ve Brans ve Vincke (1985) tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE yönteminin temel özellikleri basitlik, açıklık ve dengeli oluşudur. Yöntem sıralama oluştururken tercih fonksiyonlarını kullanır. KV'nin kararını kolay bir şekilde oluşturması için bütün parametrelerin açık bir şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir. PROMETHEE yöntemi ile sonlu sayıda alternatifler üzerinde hem kısmi sıralama (PROMETHEE I) hem de tam sıralama (PROMETHEE II) yapmak mümkündür (Brans vd., 1986:228).

PROMETHEE yöntemi ÇKKV yöntemleri arasında çeşitli özelliklerinden dolayı öne çıkmaktadır. Yöntemin sonucunda net akım ile elde edilen tam sıralamaya (PROMETHEE II) ilave olarak Mareschal ve Brans (1988) tarafından PROMETHEE yönteminin geometrik bir uzantısı olan GAIA literatüre kazandırılmıştır. PROMETHEE yönteminin diğer ÇKKV yöntemlerine göre öne çıkmasının nedeni, KV'ye tercih fonksiyonları sunarak alternatiflerin kriter bazında ikili karşılaştırılmasında

kolaylık sağlamasıdır. Böylece KV ağırlıkları ve tercih fonksiyonlarını belirleyerek tercihlerini basit olarak ortaya koyabilmektedir.

Genel olarak ÇKKV yöntemleri karar verme problemlerini kendi yaklaşımları ile çözümlenmeyi müteakip karara esas olacak alternatiflerin sıralamasını veya sınıflandırılmasını elde etmektedir. PROMETHEE yöntemi GAIA düzlemi vasıtasıyla bu sıralama veya sınıflandırmayı görsel olarak zenginleştirmekte ve PROMETHEE yöntemine, diğer ÇKKV yöntemlerine nazaran bir avantaj sağlamaktadır.

2. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

ÇKKV yöntemleri KV'nin çeşitli metodlar vasıtasıyla çözüme ulaşmasına imkan sağlar. Bu çözüm alternatiflerin sıralanması, gruplandırılması veya aralarında seçim yapılması olarak gerçekleşir. Her bir ÇKKV yönteminin kendine has yaklaşımı ve KV tarafından ilgili yöntem kullanılırken ilave belirlenmesi gereken bilgiler mevcuttur. Bu yaklaşımlar ÇKKV yöntemlerinin metodolojisini oluşturmaktadır.

PROMETHEE yönteminde KV alternatifleri ikili olarak karşılaştırır. KV, bu karşılaştırmada her bir kriter için daha önce belirlenmiş 6 sabit tercih fonksiyonundan bir tanesini seçerek tercihini ortaya koyar. Ayrıca her bir tercih fonksiyonunda belirlenmesi gereken ilave eşik değerleri de mevcuttur. GAIA düzlemi ise PROMETHEE sonuçları üzerine bina edilen bir grafik gösterimdir. Düzlem KV ve araştırmacılara çabuk, basit ve anlaşılabilir bir bakış açısı sunar. GAIA düzleminin PROMETHEE sonuçlarını iki boyutlu düzlem üzerinde göstermesi farklı bir yaklaşım ile sonuçların incelenmesine imkan tanımaktadır.

2.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; KV'lerin ve araştırmacıların kolayca yararlanabilecekleri düşünülen PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzleminin özelliklerini açıklamaktır.

Çalışmada, PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi tanıtılarak araştırmacılar ve KV'ler tarafından ülkemizde yapılacak çalışmalarda tanınırlığının ve kullanılabilirliğinin artırılması hedeflenmiştir.

PROMETHEE yöntemi, ÇKKV yöntemleri arasındaki en yeni ancak birçok özelliğinden dolayı son yıllardaki araştırmalarda en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir. Yöntemin gerek araştırmalarda gerekse gerçek hayatta kullanım sahaları artmaktadır. Yöntemin GAIA geometrik gösterim gibi bir uzantısının olması da görsel açıdan KV'ye çok kısa bir sürede karar verme ile ilgili resmin sunulmasını kolaylaştırmakta ve karar verme işlemine hız kazandırmaktadır.

2.2. PROMETEE Yönteminin ve GAIA Grafik Gösteriminin Notasyonu

PROMETHEE yöntemi ile alternatifler (a_1, a_2, \dots, a_n) ve kriterler (q_1, q_2, \dots, q_k) tarafından oluşan karar matrisi ile karar verme prosesine başlanır. Yöntem ile ilgili matematiksel gösterim aşağıda belirtilecektir, konu ile ilgili daha detaylı bilgi için Brans vd. (1982, 1985, 1986, 2005) tarafından yazılan dokümanlara başvurulabilir.

Karar verme matrisinin oluşturulmasını müteakip PROMETHEE yöntemi yapısı gereği KV tarafından her bir kriter için önceden belirlenmiş 6 adet tercih fonksiyonundan bir tanesi seçilerek alternatifler ikili olarak birbiri ile bu tercih fonksiyonlarına göre karşılaştırılır.

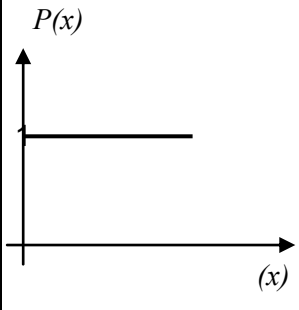
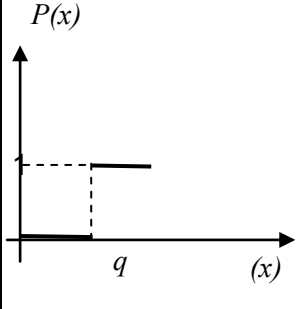
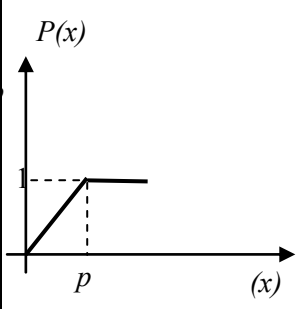
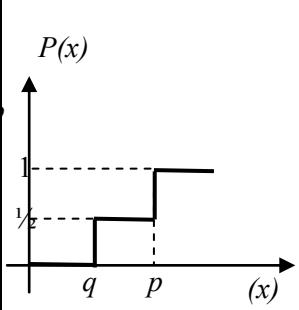
Yöntemin matematik gösterimi ikili karşılaştırmalara dayandığı için, a ve b alternatifi bundan sonraki bölümde notasyon için kullanılacaktır. Bu alternatifler deterministik kriter değerleri taşıyan alternatifler olup ÇKKV problemi içinde sonlu sayıda yer almaktadır.

Burada alternatifler arasındaki $P_j(a, b)$ tercih fonksiyonunun genel bir gösterimi için denklem 1 kullanılabilir;

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0 & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & f(a) > f(b) \end{cases} \quad (1)$$

Seçilen tercih fonksiyonu ile alternatifler kriter bazında tek tek karşılaştırılır. Kriterler bazındaki karşılaştırmada Brans (1982) tarafından ortaya konulmuş olan 6 adet tercih fonksiyonunu kullanılır. Bahse konu 6 adet tercih fonksiyonuna ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: PROMETHEE Yöntemi Tercih Fonhsiyonları

| Tip | Parametre | Fonksiyon | Grafik, P(x) |
|----------------------------|-----------|--|--|
| Birinci Tip (Olağan) | - | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$ |  |
| İkinci Tip (U-tipi) | q | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1, & x > q \end{cases}$ |  |
| Üçüncü Tip (V-tipi) | p | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x/p, & 0 \leq x \leq p \\ 1, & x > p \end{cases}$ |  |
| Dördüncü Tip (Seviyeli) | q, p | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq p \\ 1, & x > p \end{cases}$ |  |

| Tip | Parametre | Fonksiyon | Grafik, P(x) |
|---------------------------|-----------|--|--------------|
| Beşinci Tip (Lineer) | q, p | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ \frac{(x - q)}{(p - q)} & q < x \leq p \\ 1, & x > p \end{cases}$ | |
| Altıncı Tip (Gaussian) | σ | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ -x^2 / 2\sigma^2 & 0 < x \leq \sigma \\ 1 - e^{-x^2 / 2\sigma^2}, & x > \sigma \end{cases}$ | |

(**Kaynak:** Brans ve Vicke, 1985: 650-652; Brans ve Mareschal, 2005:170)

Seçilen tercih fonksiyonundan sonra, alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılarak tercih indeksleri belirlenmektedir. a , b alternatifinin tercih indeksleri (Brans ve Vincke, 1985:652);

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) \quad (2)$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(b, a) \quad (3)$$

Tercih indekslerinin özellikleri (Brans ve Mareschal, 2005:172);

$$\pi(a, a) = 0 \quad (4)$$

$$0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \quad (5)$$

$$0 \leq \pi(b, a) \leq 1 \quad (6)$$

$$0 \leq \pi(a, b) + \pi(b, a) \leq 1 \quad (7)$$

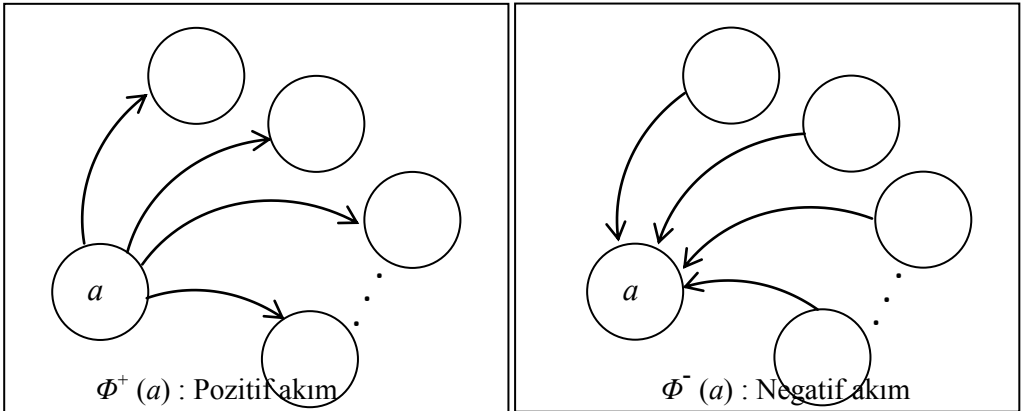
Müteakiben denklem 8 ve 9 yardımıyla a alternatifi için pozitif (çıkan) akım ve negatif (giren) akım belirlenir (Brans ve Vincke, 1985:653).

Pozitif akım:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (8)$$

Negatif akım:

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (9)$$



Şekil 1: PROMETHEE Üstünlük Akımları
(Kaynak: Brans ve Mareschal, 2005:173)

Pozitif akım Şekil 1’de görüldüğü üzere, a alternatifinin diğer alternatifler üzerinde nasıl bir üstünlük sağladığını göstermektedir. Bu onun gücünden ve üstünlük karakterinden gelmektedir. $\Phi^+(a)$ ne kadar büyürse, alternatif o kadar iyi duruma gelir. Negatif akım ise a alternatifine diğer alternatiflerin nasıl bir üstünlük sağladığını göstermektedir. Bu onun zayıflığından kaynaklanır. $\Phi^-(a)$ ne kadar küçülürse, alternatif o kadar iyi duruma gelir (Brans ve Mareschal, 2005:173).

Pozitif ve negatif akımlar belirlendikten sonra, alternatiflerin ikili karşılaştırılmaları yapılır ve aralarındaki ilişki ortaya konular. Bu ilişki, üstünlük (P), eşitlik (I) ve karşılaştırılmaz (R) kategorilerine sokularak PROMETHEE I kısmi öncelikler oluşturulur. $\Phi^+(a)$ ve $\Phi^-(a)$ akımları karşılaştırılır çünkü bu akımlar genelde aynı üstünlük sıralamasını vermezler. Bu nedenle pozitif akım ve negatif akımın karşılaştırma sonucu PROMETHEE I kısmi öncelikler ortaya çıkmaktadır.

PROMETHEE I için, ilk önce (P^+, I^+) ve (P^-, I^-) parametreleri tanımlanarak, pozitif ve negatif akımlar karşılaştırılır (Brans ve Vincke, 1985:653).

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b), \quad \text{ise}; \quad (a) P^+(b) \quad (10)$$

$$\Phi^-(a) < \Phi^-(b), \quad \text{ise}; \quad (a) P^-(b) \quad (11)$$

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b), \quad \text{ise}; \quad (a) I^+(b) \quad (12)$$

$$\Phi^-(a) = \Phi^-(b), \quad \text{ise}; \quad (a) I^-(b) \quad (13)$$

PROMETHEE I kısmi karşılaştırma bilgileri, ($P^{(1)}, I^{(1)}, R$) belirlenen parametrelerin kesişim noktaları ışığında hesaplanır.

$$(a) \text{ üstündür } (b)' \text{ den } : (a) P^{(1)}(b) : \begin{cases} (a)P^+(b) \text{ ve } (a) P^-(b) \\ (a)P^+(b) \text{ ve } (a) I^-(b) \\ (a) I^+(b) \text{ ve } (a) P^-(b) \end{cases} \quad (14)$$

$$(a) \text{ eşittir } (b)' \text{ ye } : (a) I^{(1)}(b) : (a)I^+(b) \text{ ve } (a) I^-(b) \quad (15)$$

(a) karşılaştırılmaz (b) ile : (a) R (b) : bunların dışındaki bütün hallerde.

PROMETHEE I kısmi karşılaştırma yöntemi, KV'ye bir grafik şeklinde karşılaştırılabilen ve karşılaştırılamayan alternatifleri gösterir. Karar vermenin bazı uygulamalarında bu durum faydalı olabilir. Ancak pozitif ve negatif akımların karşılaştırılması sonucu elde edilen PROMETHEE I sonuçları tam bir sıralama yapmak isteyen KV için yeterli sonuçları vermeyecektir.

KV sadece üstünlük veya eşitlik değerlerini ihtiva eden, başka bir ifade ile kıyaslanamaz alternatiflerin olmadığı tam bir sıralama istediğinde denklem 16'dan faydalanarak PROMETHEE II net öncelikler değerlerini hesaplar (Brans ve Vincke, 1985:653).

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (16)$$

Hesaplanan net öncelik değeri $\Phi(a)$, pozitif ve negatif akımların bir dengesini oluşturur. Net akım ne kadar büyükse alternatifin performansı o kadar yüksektir. Hesaplanan net akımlar sonunda artık alternatifler arasında tam bir sıralama yapmak mümkün olabilmektedir. Alternatiflerin birbirleri ile olan karşılaştırılamaz durumu (R) PROMETHEE II'de yer almamaktadır.

Net akım, denklem 17 ve 18'de gösterilen özellikleri taşımaktadır (Brans ve Mareschal, 2005:174).

$$-1 \leq \Phi(a) \leq 1 \quad (17)$$

$$\sum_{x \in A} \Phi(a) = 0 \quad (18)$$

PROMETHEE II yöntemi ile elde edilen net akım denklemi GAIA düzlemini elde etmek için başlangıç noktasını oluşturacaktır. Bu kapsamda net akım denkleminin tercih indeksleri bazında yazımı denklem 19'da verilmiştir.

$$\Phi(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b) - \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b,a) \quad (19)$$

Müteakiben bu notasyondan ağırlık değerlerini kullanmaksızın tek kriter net akımına (unicriterion net flow) ($\Phi_j(a)$) ulaşmak için aşağıdaki adımlardan faydalanılır.

$$\Phi(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b) - \pi(b,a) \quad (20)$$

$$\Phi(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \sum_{j=1}^q w_j (P(a,b) - P(b,a)) \quad (21)$$

$$\Phi(a) = \sum_{j=1}^q w_j \left[\frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} (P(a,b) - P(b,a)) \right] \quad (22)$$

Net akımın hesaplanmasında kullanılan denklem;

$$\Phi(a) = \sum_{j=1}^q w_j \Phi_j(a) \quad (23)$$

olduğundan dolayı, tek kriter net akımı, ağırlık kavramı elimine edilerek denklem 24'de belirtilen şekilde elde edilir.

$$\Phi_j(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} (P(a,b) - P(b,a)) \quad (24)$$

Tek kriter net akımının özellikleri (Brans ve Marechal, 1988);

$$-1 \leq \Phi_j(a) \leq 1 \quad (25)$$

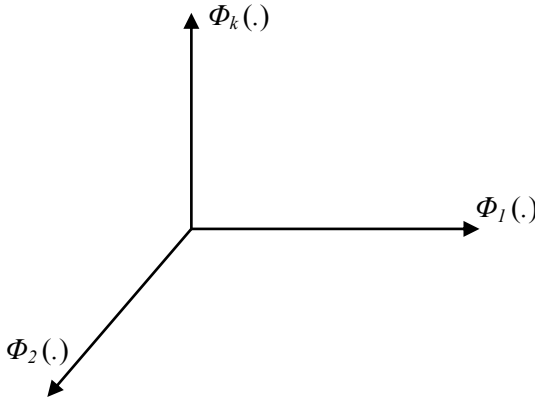
$$\sum_{a \in A} \Phi_j(a) = 0 \quad (26)$$

Tek kriter net akımı her bir alternatifin kriter bazında diğer alternatifler ile ikili karşılaştırma sonucunda elde ettiği değer olup, ağırlıklar kullanılmaksızın belirlenmektedir. Tek kriter net akımı, GAIA geometrik gösterimi için temel bir hesaplama değeridir.

Alternatiflerin kriter bazında sahip olduğu tek kriter net akımı'ni daha anlaşılabilir olarak gösterebilmek için elde edilen $\Phi_j(a)$ tek kriter net akımı matrisi şu şekilde gösterilir;

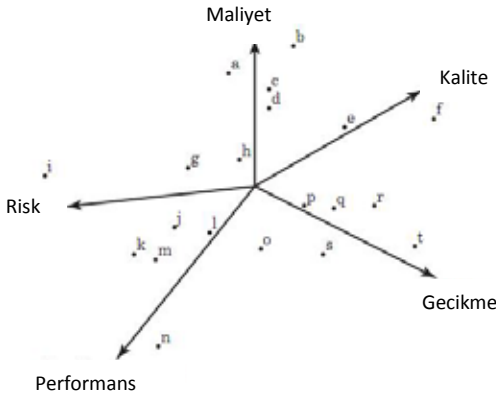
| | $\Phi_1(.)$ | $\Phi_2(.)$ | | $\Phi_k(.)$ |
|-------|---------------|---------------|-------|---------------|
| a_1 | $\Phi_1(a_1)$ | $\Phi_2(a_1)$ | | $\Phi_k(a_1)$ |
| a_2 | $\Phi_1(a_2)$ | $\Phi_2(a_2)$ | | $\Phi_k(a_2)$ |
| . | . | . | | . |
| . | . | . | | . |
| . | . | . | | . |
| a_n | $\Phi_1(a_n)$ | $\Phi_2(a_n)$ | | $\Phi_k(a_n)$ |

Kriter sayısı olarak tespit edilen $\Phi_k(.)$, k boyutlu bir uzay oluşturmaktadır. Oluşturulan uzay Grafik 1'de gösterilmiştir.



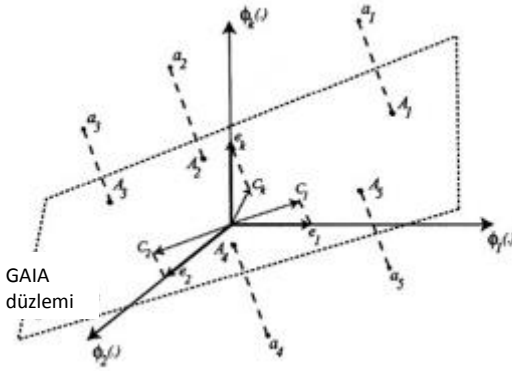
Grafik 1: Kriterlerin k Boyutlu Uzay Olarak Gösterimi

Karar verme problemi için birçok alternatif dikkate alındığında, görsel bir sunum bu alternatiflerin birçok kriteri de bulunduğundan zor olacaktır. Her bir kriterin boyut olarak değerlendirildiği çok boyutlu bir uzayı göz önüne alırsak, alternatifleri her bir kriter bazında aldıkları tek kriter net akım değerleri ile Grafik 2'deki çok boyutlu uzayda bir nokta olarak göstermek mümkündür. Ancak kriter sayısına bağlı olarak boyut sayısı 3'ten fazla olduğu durumlarda bu gösterim zorlaşacaktır. Örnek olarak; 5 boyutlu bir uzayı Grafik 2'deki gibi göstermek gerçekte mümkün değildir. Burada gösterilen sadece 5 boyutun kağıt üzerindeki geliş güzel bir izdüşümüdür. Ayrıca bu izdüşüm için bakılan noktaya göre kağıt üzerindeki alternatiflerin konumları da değişebilecektir (De Smet ve Lidouh, 2012:14).



Grafik 2: Alternatiflerin k Boyutlu Uzayda Örnek Gösterimi
(Kaynak: De Smet ve Lidouh, 2012:14)

Alternatiflerin k boyutlu (kriter sayısı kadar boyutlu) bir uzayda gösterilmesini müteakip, Temel Birleşenler Analizi (Principal Component Analysis, PCA) kullanılarak kriterlerin ve alternatiflerin daha anlaşılabilir bir gösterim ile KV'ye sunulabilmesi için Grafik 3'de belirtilen k boyutlu uzaydan 2 boyutlu bir düzlem üzerine izdüşümleri hesaplanmak suretiyle bir düzlem oluşturulur. Alternatifler ve kriterlerin gösterildiği bu düzleme GAIA düzlemi denilmektedir.



Grafik 3: Alternatiflerin ve Kriterlerin GAIA Düzlemi Üzerine İz Düşümleri
(**Kaynak:** Brans ve Mareschal, 2005:176)

GAIA düzleminin amacı, k boyutlu uzaydan 2 boyutlu bir düzlem üzerine alternatifleri ve kriterleri yansıtırken k boyutlu uzayda en iyi noktadan bakarak bu yansıtmayı gerçekleştirmektir. Böylece GAIA düzlemi tarafından k boyutlu uzaydan mümkün olduğunca çok bilgi 2 boyutlu uzaya taşınacaktır (De Smet ve Lidouh, 2012:15).

GAIA düzleminde bilgiler k boyutlu uzaydan 2 boyutlu bir düzlem üzerine taşınırken bazı kayıplara uğrayacaktır. GAIA düzlemi üzerinde bulunan delta (δ) değeri alternatiflerin, kriterlerin ve karar çubuğunun k boyutlu uzaydan 2 boyutlu GAIA düzlemi üzerine taşınırken uğradığı bilgi kaybını göstermektedir. δ değeri ne kadar büyük olursa bahse konu taşımadaki bilgi kaybı o kadar az olmaktadır. $\delta \leq 1$ olduğu için δ değerinin 1'e çok yaklaştığı düzlemlerde taşımadan dolayı bilgi kaybının minimum olduğu düzlemler olacaktır.

GAIA düzlemi üzerine alternatiflerin ve kriterlerin nasıl k boyutlu uzaydan 2 boyutlu bir düzlem üzerine hangi yöntem ile yansıtıldığını belirttikten sonra genellikle bilgisayar uygulamaları neticesinde elde edilen GAIA düzlemini birkaç örnek düzlem üzerinde anlatmak ve alternatifler ile kriterlerin pozisyonları ile ilgili açıklayıcı bilgiler vermek faydalı olacaktır.

3. GAIA GRAFİKSEL GÖSTERİMİNİN AÇIKLANMASI

PROMETHEE yöntemi ve GAIA grafik gösterimi için daha önce belirtildiği gibi alternatifler ve kriterlerin yer aldığı başlangıç tablosu oluşturulur. Başlangıç tablosu olarak Tablo 2 incelenebilir. Burada belirtilen başlangıç tablosu sadece öğretici bir maksatla verilmiş olup, tablonun devamında PROMETHEE yönteminin safhaları takip edilerek Tablo 3’de belirtilen PROMETHEE II net akım değerlerine ulaşılır. Tablo 3’de belirtilen sıralama değerleri sadece konuyu betimlemek için jenerik olarak verilmiştir. Bu çalışmada PROMETHEE yönteminin adımlarından ziyade yöntemin sonucunda elde edilen GAIA düzleminin yorumlarına yoğunlaşılacaktır.

Tablo 2: Başlangıç Tablosu

| Kriterler / Alternatifler | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | q_5 | q_6 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| a_2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| a_3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| a_4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| a_5 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| a_6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

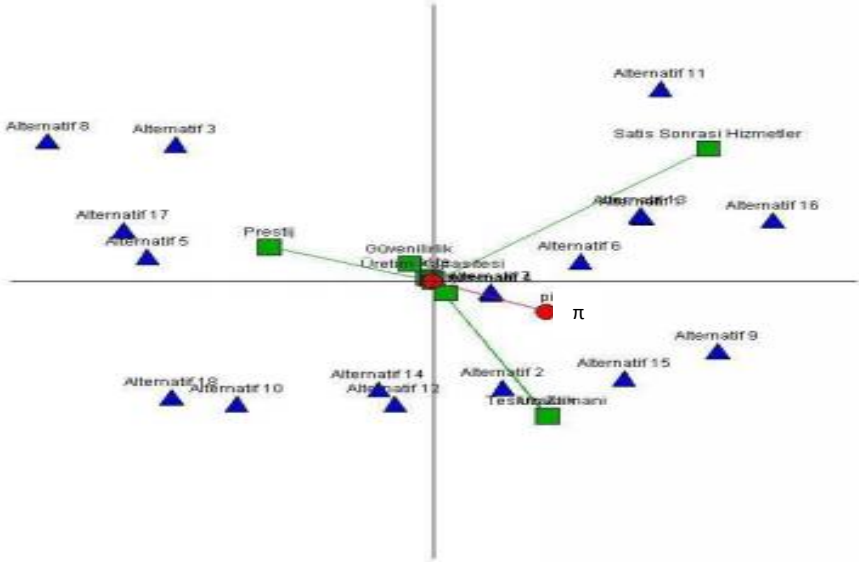
Tablo 3: PROMETHEE II Sıralama Tablosu

| Alternatifler | Sıralama | Net Akım | Pozitif Akım | Negatif Akım |
|---------------|----------|----------|--------------|--------------|
| a_5 | 1 | ... | ... | ... |
| a_4 | 2 | ... | ... | ... |
| a_2 | 3 | ... | ... | ... |
| a_3 | 4 | ... | ... | ... |
| a_6 | 5 | ... | ... | ... |
| a_1 | 6 | ... | ... | ... |

KV’yi GAIA geometrik düzlemine götüren sonuçların Tablo 3’den elde edilmesini müteakip bilgisayar programları vasıtasıyla (Decision Lab, Visual PROMETHEE, D-Sight, vb.) GAIA düzlemine ulaşılabilir. Tablo 3’de görüldüğü üzere KV alternatifleri net akımlar vasıtasıyla sıralayabilir. Elde ettiği sonuçlar neticesinde bir karara varabilir. Ancak KV GAIA düzlemini de kullanarak farklı bir görsel zenginlik ile kararını düzlem

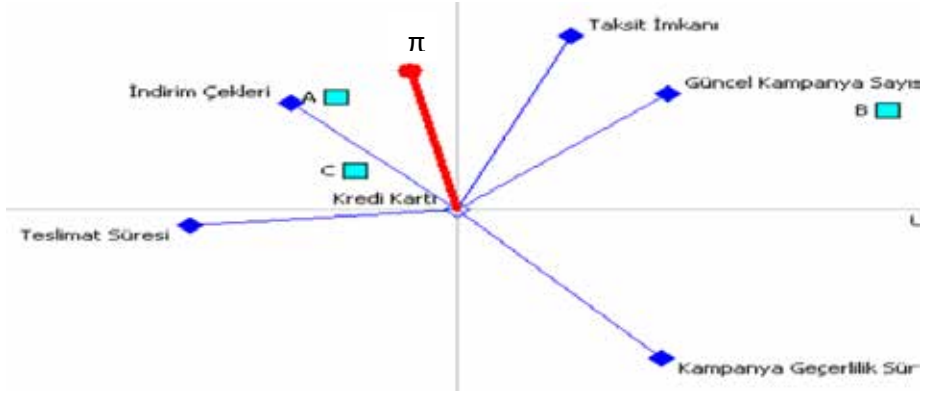
üzerinde görülebilir ve çeşitli yorumlar elde edilebilir. Makalenin bu bölümünde bazı GAIA düzlemleri verilerek bunların açıklaması üzerinde durulacaktır.

Yılmaz ve Dağdeviren (2011) tarafından tedarikçi seçimi ile ilgili çalışmada 18 alternatif 8 kriter ile değerlendirilmiş ve PROMETHEE tam sıralama sonuçları ortaya konulmuştur. Ayrıca makalenin sonunda elde edilen GAIA düzlemi Grafik 4'de verilmiştir. Bu grafik gösterim PROMETHEE tam akım sonuçlarının 2 boyutlu düzlem üzerindeki görünümüdür. GAIA düzlemi ile KV'ye alternatiflerin basit sıralamasından daha farklı bir gösterim sunulmaktadır.



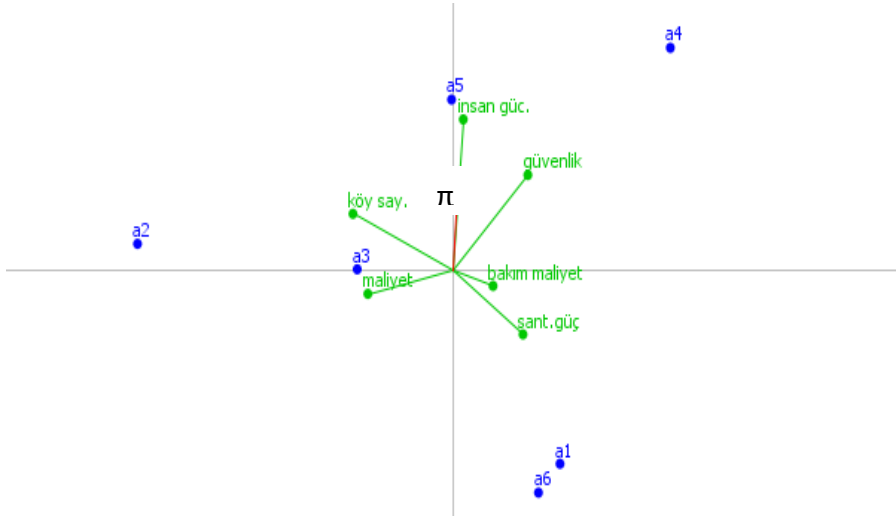
Grafik 4: Tedarikçi Seçimi Probleminin GAIA Grafik Gösterimi
(Kaynak: Yılmaz ve Dağdeviren, 2011:100)

Özgüven (2012) tarafından özel alışveriş siteleri üzerine yapılan çalışmada 3 özel alışveriş sitesi 6 kriter ile değerlendirilmiş ve elde edilen PROMETHEE tam sıralama sonuçları çalışmada göstermiştir. Özel alışveriş sitelerinin, teslimat süresi, kampanya geçerlilik süresi, indirim çekleri sayısı, taksit imkanı, güncel kampanya sayısı ve kredi kartı sayısı kriterlerine dayanarak sıralaması yapılmıştır. Yazar tarafından PROMETHEE sonuçlarını zenginleştirmek amacıyla elde edilen GAIA düzlemi Grafik 5'de verilmiştir.



Grafik 5: Özel Alışveriş Siteleri Seçiminin GAIA Grafik Gösterimi
(Kaynak: Özgüven, 2012:200)

Mareschal ve Brans (1988) tarafından yapılan çalışmada 6 adet hidroelektrik santralin 6 adet kriter çerçevesinde sıralanması hedeflenmiştir. Yazarlar bu makale ile GAIA düzleminin notasyonunu literatüre ilk defa sunarken yaptıkları uygulama ile PROMETHEE sonuçlarını ve GAIA düzlemini göstermişlerdir. Akademisyenler tarafından hazırlanan GAIA düzlemi Grafik 6'da gösterilmiştir.



Grafik 6: Hidroelektrik Santrallerinin Sıralanmasına Ait GAIA Grafik Gösterimi.

(Kaynak: Mareschal ve Brans, 1988:75)

Bu bölümde 3 tane GAIA düzlemi sunulduktan sonra Mareschal ve Brans tarafından yapılan çalışma üzerinden GAIA grafik gösteriminin açıklamalarına yer verilecektir.

Bahse konu çalışmada hidroelektrik santrallerinin 6 adet kriter çerçevesinde sıralanması hedeflenmektedir. Hidroelektrik santrallerinin sıralamasında kullanılan kriterler; santralin işletilmesindeki insan gücü, santralin gücü, kurulum maliyeti, bakım maliyeti, yapımında boşaltılan köy sayısı ve santrallerin güvenlik seviyesi olarak tespit edilmiştir.

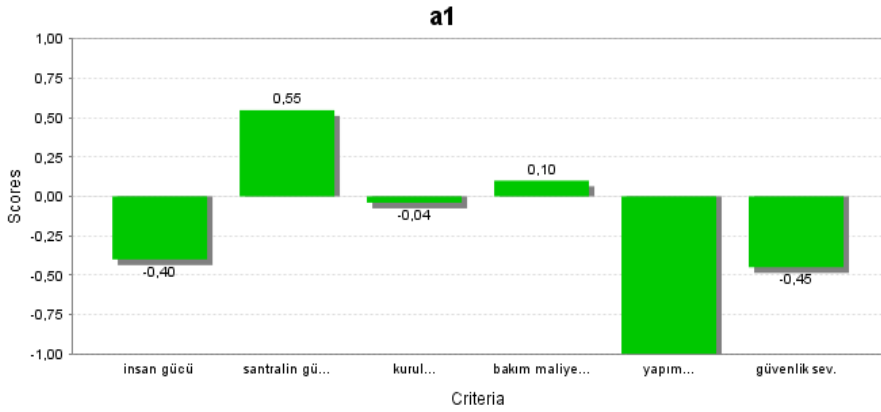
GAIA düzlemi üzerinde alternatifler nokta, kriterler de vektör olarak gözükmektedir. Ayrıca karar çubuğu (Decision Stick) düzlem üzerinde π ile gösterilmektedir. Sıralanması istenilen hidroelektrik santrallerin GAIA düzlemi üzerindeki dağılımları Grafik 6'da verilmiştir. Sıralanması istenilen alternatiflerden a_5 ve a_4 alternatifleri karar çubuğunun gösterdiği istikamette olduklarından dolayı en iyi uzlaşıcı çözüm istikametindedirler. Bu alternatiflerin aksine a_1 ve a_6 alternatifleri karar verici için seçme esnasında tercih edilmeyecek alternatifler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kapsamda, a_2 ve a_3 alternatif kümesi ile a_1 ve a_6 alternatif kümeleri GAIA düzlemi üzerinde aynı istikametlerde ve nisbeten birbirlerine yakın konumda olduklarından dolayı profillerinin de birbirlerine yakın oldukları söylenebilir. Eğer alternatiflerin buldukları konum birbirlerinden uzak ise sahip olduğu kriter değerleri arasındaki farkların büyük olduğundan bahsedilebilir.

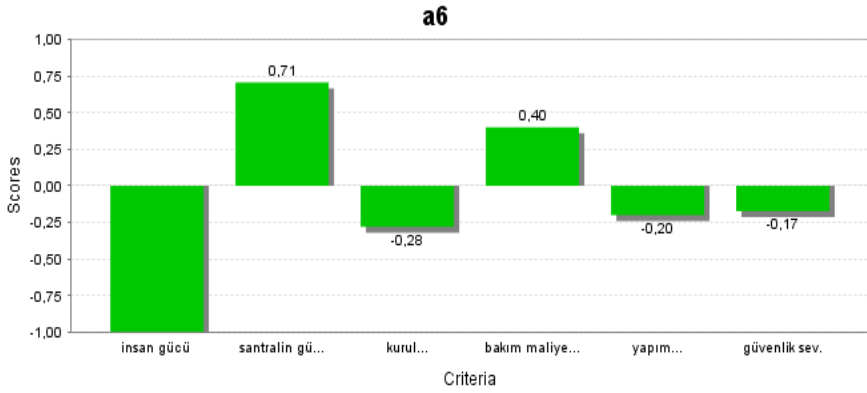
Bakım maliyeti ve santralin gücü kriterleri birbiri ile aynı doğrultuda olduklarından dolayı 2 kriterin birbiri ile uyumlu olduğu ifade edilebilir. Ayrıca bu istikamette yer alan a_1 ve a_6 alternatiflerinin de bu iki kriter bazında diğer alternatiflere nazaran daha yüksek değere sahip olduğu belirtilebilir. Bunun tam tersi olarak da a_2 alternatifinin ise bakım maliyeti ve santralin gücü kriterlerinde çok düşük değerlere sahip olduğu KV tarafından GAIA düzleminde kolayca görülmektedir.

Bakım maliyeti ve santralin gücü kriterlerinden farklı olarak santralin kurulum maliyeti ve güvenlik seviyesi kriterlerinin birbiri ile zıt (çelişen) kriterler olduğu görülmektedir. Bahse konu iki kriter birbiri ile zıt istikamet göstererek, KV'ye kendi karakteristik özelliklerini göstermiş olur. Santralin kurulum maliyeti ve güvenlik seviyesi kriterlerinin GAIA düzleminde zıt istikametler göstermesi karar vermenin doğası gereğidir. Bir araba satın alma probleminde fiyat ve konfor kriterlerinin çelişmesi bu çeşit durumlar için örnektir.

GAIA düzlemi üzerindeki kriterler ve alternatiflerin mevcut konumları ile yukarıda belirtilen yorumları çoğaltmak ve diğer örneklere tatbik etmek mümkündür. Alternatiflerin tek kriter net akımlarının bir arada gösterilmesi alternatiflerin profillerini ortaya koymaktadır. GAIA düzlemi üzerinde birbirlerine yakın olan alternatiflerin profillerinin birbirine benzer olduğunu göstermek için a_1 ve a_6 alternatifleri örnek olarak seçilerek profilleri aşağıda verilmiştir.



Grafik 7: a_1 Alternatifinin Profili



Grafik 8: a_6 Alternatifinin Profili

Grafiklerde belirtilen a_1 ve a_6 alternatiflerinin profillerinin aksine birbirleri ile GAIA düzleminde uzak olan alternatiflerin profilleri ise tam tersi bir grafik ortaya koyar.

Literatürde bulunan 3 ayrı GAIA düzlemi bu bölümde tanıtılmış, müteakiben Mareschal ve Brans'ın çalışması üzerinde alternatifler, kriterler ve karar çubuğunun pozisyonları hakkında açıklamalar yapılarak GAIA grafik gösteriminin KV'ye sağlayabileceği bilgiler konusunda yapılan çıkarımlar sunulmuştur.

GAIA GRAFİK GÖSTERİMİNİN SONUÇ VE YORUMLARI

Alternatiflerin ve kriterlerin GAIA düzlemindeki geometrik sunumu KV'ye problemi anlatırken önemli bir zenginlik sağlayacaktır. Bu teknik karar verme sürecinde özellikle her bir kriterin önemini değerlendirmek için kullanılır. Ayrıca bu teknikle kriterler üzerindeki tercih oranlarının kavranması, homojen alternatif kümelerinin belirlenmesi, belirli kriterler altındaki alternatifler arasından iyi olan alternatiflerin seçilmesi, alternatifler arasındaki karşılaştırılmazlık durumunun belirlenmesi gibi amaçlar gerçekleştirilebilir (Mareschal ve Brans, 1988:76).

PROMETHEE sonuçlarının GAIA düzlemi üzerinde gösterilmesi KV'nin çabuk ve sağlıklı karar almasına yardımcı olur. Bu kapsamda, KV'ye yardımda bulunmak amacıyla GAIA düzlemi üzerindeki gösterimin açıklamaları aşağıda yer almaktadır.

- Kriterleri gösteren çubuk (eksen) ne kadar uzun ise, bu kriterin ayrıştırıcı özelliği ve karar çubuğunu etkilemedeki önemi o derece fazla olmaktadır. Aynı istikameti gösteren kriter çubukları benzer özellik gösteren kriterlere aittir. Farklı istikameti gösteren kriter çubukları ise birbiri ile çelişen kriterlere aittir.

- Benzer değerlere sahip alternatifler GAIA düzleminde birbirlerine yakın olarak yer almaktadır. Alternatifler eğer bir kriter üzerinde yüksek bir değere sahip ise o alternatif GAIA düzleminde o kriter çubuğuna yakın yer almaktadır (Brans ve Mareschal, 2005:178).

- Eğer kriterlerin ayrıştırma gücü az ise kriter çubuğu kısa olacaktır. Çünkü ayrıştırma gücü az olan kriterler GAIA düzlemine daha dik konumda olacağından grafik gösteriminde kısa gözükecektir (De Smet ve Lidouh, 2012:17).

GAIA grafik gösterim üzerinde alternatifler ve kriterlerin gösterimi karar çubuğunun GAIA düzlemi üzerinde gösterimi ile tam manasına kavuşur ve KV'ye görsel kolaylık sağlar.

Alternatiflerin ve kriterlerin konumlarının belirlenmesinin aksine karar çubuğunun GAIA düzleminde gösteriminde ağırlıklardan faydalanılır. KV tarafından tespit edilen ağırlıklar KV'nin tercihlerini göstereceğinden dolayı karar çubuğu KV'nin tercih istikametini gösterecektir. Bu kapsamda, KV ağırlıkları değiştirmek suretiyle karar çubuğunun yönünü ve uzunluğunu değiştirebilir. Bu esnada hatırlanacağı üzere alternatifler ve kriterlerin GAIA düzlemi üzerindeki yerleri ağırlıklar kullanılmadan belirlendiğinden dolayı sabit kalacaktır.

- Eğer karar çubuğu uzun ise, bu kuvvetli bir karar gücünün olduğunu gösterir. Uzun karar çubuğu, KV'yi karar çubuğunun gösterdiği istikametteki alternatifleri seçmeye yönlendirir. Bu durumda, karar çubuğunun gösterdiği istikametteki kriterler çok çelişmediğinden dolayı KV'nin en uygun alternatif veya alternatiflere yönelmesi kolay olur.

- Eğer karar çubuğu kısa ise, kuvvetli bir karar g¼c¼ yoktur. Bunun manası, verilmiş bu ağırlıklara g¼re kriterler çok kuvvetli olarak çelişmekte ve en uygun alternatif veya alternatifleri seçmek zorlaşmaktadır (Mareschal ve Brans, 2005:180).

- Karar çubuğunun g¼sterdięi istikametteki kriterlerin ağırlıklarının diğer kriterlerden b¼y¼k olduğu kriterlere değişik ağırlıklar verilerek g¼r¼lebilir. Kriterlere verilen ağırlık değiştikçe karar çubuğunun g¼sterdięi istikametini değiştiği GAIA d¼zlemi ¼zerinde interaktif olarak g¼r¼lebilmektedir (De Smet ve Lidouh, 2012:17).

GAIA d¼zlemi ¼zerindeki yorumlar bize d¼zlemin daha kapsamlı anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Kriterler, alternatifler ve karar çubuğunun pozisyonlarının daha iyi anlaşılmasıyla, elde edilecek GAIA d¼zlemlerinin PROMETHEE sonuçlarını 2 boyutlu bir d¼zlem ¼zerinde g¼stermekten daha fazla bir zenginlik kattığı g¼r¼lecektir. Ancak her zaman g¼z ¼n¼nde bulundurulması gereken konu ise GAIA d¼zleminin PROMETHEE net akım sonuçları ile beraber kullanılmasıdır.

GAIA d¼zleminin ortaya koyduğu grafik g¼sterim, PROMETHEE y¼ntemini sonuçlarını g¼rsel olarak ortaya koymakta ve diğer ÇKKV y¼ntemleri gibi basit bir sıralama yapmanın ¼tesinde KV ve araştırmacılara çabuk, basit ve anlaşılabilir bir bakış açısı sunmaktadır. Bu sunum, ÇKKV y¼ntemlerine farklı bir yaklaşım getirmekte ve karar verme prosesine fayda sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- ALBADVI, Amir, CHAHARSOOGHI, S.Kamal ve ESFAHANIPOUR, Akbar, (2007) "Decision Making in Stock Trading: An Application of PROMETHEE", *European Journal of Operational Research*, 177, ss.673-683.
- ATICI, Kazım Barış ve ULUCAN, Aydın, (2009) "Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları", *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), ss.161-186.
- BRANS, Jean-Pierre, (1982) "L'ingenierie de la decision: Elaboration d'instruments d'aide a la decision. La Methode PROMETHEE", Université Laval, Colloque d'aide a la Decision, Quebec, Canada, ss.183-213.
- BRANS, Jean-Pierre ve VINCKE, Philippe, (1985) "A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM", *Management Science*, 31(6), ss.647-656.
- BRANS, Jean-Pierre, VINCKE, Philippe ve MARESCHAL, Bertrand, (1986) "How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method", *European Journal of Operational Research*, 24, ss.228-238.
- BRANS, Jean-Pierre ve MARESCHAL, Bertrand, (2005) "PROMETHEE Methods", içinde Figueira vd. (ed.) *Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Survey*, New York, Springer Science.
- DAĞDEVİREN, Metin ve ERASLAN, Ergün, (2008) "PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), ss.69-75.
- DE SMET, Yves ve LIDOUH, Karim, "An introduction to Multicriteria Decision Aid: The PROMETHEE and GAIA Methods", <http://code.ulb.ac.be/~yvdesmet/> (05 Mayıs 2012)
- KUTAY, Nilgün ve TEKTÜFEKÇİ, Fatma, (2012) "Yönetmelik Muhasebe Kararlarının Verilmesinde Bir Araç Olarak PROMETHEE Sıralama Yöntemi ve Bir Uygulama", *Verimlilik Dergisi*, 3, ss.83-96.
- LIDOUH, Karim, DE SMET, Yves ve ZIMANYI, Esteban, (2009) "GAIA Map: A Tool for Visual Ranking Analysis in Spatial Multicriteria Problems", *IEEE Computer Society Press*, ss.393-402.
- MARESCHAL, Bertrand ve BRANS, Jean-Pierre, (1988) "Geometrical Representations for MCDA", *European Journal of Operational Research*, 34, ss.69-77.
- ÖZGÜVEN, Nihan, (2012) "PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Özel Alışveriş Siteleri Üzerine Bir Araştırma", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27, ss.195-201.
- PRVULOVIC, Slavica, TOLMAC, Dragisa ve RADOVANOVIC, Ljiljana, (2011) "Application of PROMETHEE-GAIA Methodology in the Choice of Systems for Drying Paltry-Seeds and Powder Materials", *Journal of Mechanical Engineering*, 57, ss.778-784.
- SOBA, Mustafa, (2012) "PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama", *Journal of Yasar University*, 28, ss.4708-4721.
- YILMAZ, Burcu ve DAĞDEVİREN, Metin, "PROMETHEE İçin Decision Lab Yazılımı ve Örnek Bir Problem Üzerinde Uygulanması" Endüstri Mühendisliği Yazılımları ve Uygulamaları Kongresi, İzmir, 30 Eylül-01/02 Ekim 2011.