

## GAIA GRAFİK GÖSTERİMİNİN NOTASYONU

Dr.Tolga GENÇ

tolga95@yahoo.com

### Özet

Son yıllarda araştırmalarda ve akademik çalışmalarda öne çıkan PROMETHEE yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri arasında en yeni yöntemlerden birisidir. Bu çalışmanın amacı, PROMETHEE yöntemi ve GAIA grafik uzantısını tanıtarak araştırmacılara yol göstermektir. Bu kapsamda, ülkemizde yapılacak çalışmalarda tanınırlığının ve kullanılabilirliğinin artırılması hedeflenmiştir. GAIA düzlemi, PROMETHEE metodunun sonuçları üzerine inşa edilerek karar vericiye görsel bir destek sunduğundan PROMETHEE yöntemine diğer Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine nazaran bir avantaj kazandırmaktadır. Yöntem, karar verici ve araştırmacılara çabuk, basit ve anlaşılabilir bir bakış açısı sunmaktadır. GAIA düzlemi vasıtasıyla; PROMETHEE sonuçlarını iki boyutlu düzlem üzerinde göstermesi ile karar verme işlemine farklı bir yaklaşım getirilmiştir. Genel olarak Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri karar verme problemlerini kendi yaklaşımları ile çözümlenmeyi müteakip karara esas olacak alternatiflerin sıralamasını veya sınıflandırılmasını elde etmektedir. GAIA düzlemi bu sıralama veya sınıflandırmayı görsel olarak zenginleştirmektedir. Bu bildiriye, 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 Kodu:** C44, C61, C65.

### NOTATIONS OF GAIA PLANE GRAPHICAL REPRESENTATION

#### Abstract

PROMETHEE, one of the method of Multi Criteria Decision Making methods have excelled among the other Multi Criteria Decision Making methods in academic studies and researches in recent years. The purpose of this article is to introduce PROMETHEE method and GAIA plane to the researchers. In this context, it is aimed to increase the recognition and usability of these methods in our country for future studies. 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 the other Multi Criteria Decision Making methods. GAIA presents rapid, simple and understandable point of view to the decision-makers and researchers. In decision making, GAIA applies a different approach by reflecting the results of PROMETHEE over two-dimensional plane. In general, Multi Criteria Decision Making methods solves decision problems with their procedures and acquires the ranking or sorting of the alternatives. GAIA plane enriches this ranking or sorting with geometrical representations. In this study, GAIA plane's properties, notations, alternatives, criteria and decision stick positions on the plane are described to guide for researchers.

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

**JEL Classification:** C44, C61, C65.

## 1. Giriş

Çok Kriterli Karar Verme (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. Bu süreçte, birbiriyle çelişen kriterlere dayanarak birbirlerine yakın alternatifler arasından en iyisini veya en iyilerini seçmek ÇKKV yöntemlerinin bu tür problemlere tatbik edilmesini gerekli kılmaktadır. ÇKKV yöntemleri, elde mevcut alternatifleri deterministik kriter değerlerine göre inceleyerek, en iyi uzlaşıcı çözüme ulaşır. ÇKKV yöntemleri sonucunda KV eldeki mevcut alternatifleri sıralayabilir, gruplandırabilir veya aralarından seçim yapabilir (Genç ve Masca, 2013). Her bir ÇKKV yönteminin kendine has yaklaşımı ve KV tarafından ilgili yöntem kullanılırken ilave belirlenmesi gereken bilgiler mevcuttur. Bu yaklaşımlar ÇKKV yöntemlerinin metodolojisini oluşturmaktadır. 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). 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. PROMETHEE sonuçlarının

üzerine bina edilen GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) düzlemi ise PROMETHEE sonuçlarının KV'ye basit olarak sunulduğu bir grafik gösterimidir. KV, Brans ve Mareschal'in (1988) ortaya koyduğu 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 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 (2011) tarafından internet alışveriş sitelerinin değerlendirilmesinde ve Ulucan ve Atıcı (2009) tarafından ise enerji projelerinin değerlendirilmesi gibi çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Bu bildirinin kalan bölümünde, PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi tanıtılarak matematiksel notasyonları verilmiştir. GAIA gösterimi vasıtasıyla KV ve araştırmacılara tek bir düzlem üzerinde alternatifleri, kriterleri ve karar çubuğunun aynı anda gösterilmesinin ÇKKV problemlerine sağladığı katkılar bir örnek üzerinde gösterilmiştir. Bu bildiri ile, PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzleminin araştırmacılar ve KV'ler tarafından ülkemizde yapılacak çalışmalarda tanınırlığının ve kullanılabilirliğinin artırılması hedeflenmiştir.

## **2. PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Geometrik Gösterimi**

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, 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). PROMETHEE yöntemi ÇKKV yöntemleri arasında çeşitli özelliklerinden dolayı öne çıkmaktadır. Yöntemin sonucunda net akım ile elde edilen tam sıralamaya (PROMETHEE II) ilave olarak Brans ve Mareschal tarafından PROMETHEE yönteminin geometrik bir uzantısı olan GAIA literatüre kazandırılmıştır (Mareschal ve Brans, 1988). 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.

## 2.1. PROMETHEE Yönteminin Matematiksel 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 dayanandığı 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 1.1 kullanılmaktadır;

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0 & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & f(a) > f(b) \end{cases} \quad (1.1)$$

Seçilen tercih fonksiyonu ile alternatifler kriter bazında tek tek karşılaştırılır. Kriterler bazındaki karşılaştırmada Brans (1982) tarafından ortaya konulmuş olan 6 adet tercih fonksiyonunu kullanılır. Seçilen tercih fonksiyonundan sonra, alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılarak tercih indeksleri belirlenmektedir.  $a, b$  alternatifinin tercih indeksleri (Brans ve Vincke, 1985);

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(a, b) \quad (1.2)$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot P_j(b, a) \quad (1.3)$$

Tercih indekslerinin özellikleri (Brans ve Mareschal, 2005);

$$\pi(a, a) = 0 \quad (1.4)$$

$$0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \quad (1.5)$$

$$0 \leq \pi(b, a) \leq 1 \quad (1.6)$$

$$0 \leq \pi(a, b) + \pi(b, a) \leq 1 \quad (1.7)$$

Denklem 1.8 ve 1,9 yardımıyla  $a$  alternatifi için pozitif (çıkan) akım ve negatif (giren) akım belirlenir (Brans ve Vincke, 1985).

Pozitif akım:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b) \quad (1.8)$$

Negatif akım:

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b,a) \quad (1.9)$$

Pozitif akım,  $a$  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).

Pozitif ve negatif akımlar belirlendikten sonra, alternatiflerin ikili karşılaştırılmaları (pairwise comparison) yapılır ve aralarındaki ilişki ortaya konulur. 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).

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b), \quad \text{ise; (a) } P^+(b) \quad (1.10)$$

$$\Phi^-(a) < \Phi^-(b), \quad \text{ise; (a) } P^-(b) \quad (1.11)$$

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b), \quad \text{ise; (a) } I^+(b) \quad (1.12)$$

$$\Phi^-(a) = \Phi^-(b), \quad \text{ise; (a) } I^-(b) \quad (1.13)$$

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

$$(a) \text{ üstündür } (b)' \text{ den } : (a) P^{(1)}(b): \begin{cases} (a)P^+(b) \text{ ve } (a) P^-(b) \\ (a)P^+(b) \text{ ve } (a) I^-(b) \\ (a) I^+(b) \text{ ve } (a) P^-(b) \end{cases} \quad (1.14)$$

$$(a) \text{ eşittir } (b)' \text{ ye } : (a) I^{(1)}(b) : (a)I^+(b) \text{ ve } (a) I^-(b) \quad (1.15)$$

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

PROMETHEE I kısmi karşılaştırma yöntemi, KV'ye bir grafik şeklinde karşılaştırılabilen ve karşılaştırılmayan 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 tarafından sadece üstünlük veya eşitlik değerlerini ihtiva eden, başka bir ifade ile kıyaslanamaz alternatiflerin olmadığı tam bir sıralama istendiğinde denklem 1.16'den faydalanılarak PROMETHEE II net öncelikler değerleri hesaplanır (Brans ve Vincke, 1985).

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (1.16)$$

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 karşılaştırılmaz durumu (R) PROMETHEE II'de yer almamaktadır.

Net akım, denklem 1.17 ve 1.18'de gösterilen özellikleri taşımaktadır (Brans ve Mareschal, 2005).

$$-1 \leq \Phi(a) \leq 1 \quad (1.17)$$

$$\sum_{x \in A} \Phi(a) = 0 \quad (1.18)$$

## 2.2. GAIA Düzleminin Matematiksel Notasyonu

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 1.19'de verilmiştir.

$$\Phi(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b) - \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b,a) \quad (1.19)$$

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

$$\Phi(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b) - \pi(b,a) \quad (1.20)$$

$$\Phi(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \sum_{j=1}^q w_j (P(a,b) - P(b,a)) \quad (1.21)$$

$$\Phi(a) = \sum_{j=1}^q w_j \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} (P(a,b) - P(b,a)) \right] \quad (1.22)$$

Net akımın hesaplanmasında kullanılan denklem;

$$\Phi(a) = \sum_{j=1}^q w_j \cdot \Phi_j(a) \quad (1.23)$$

olduğundan dolayı, tek kriter net akımı, ağırlık kavramı elimine edilerek denklem 1.24'de belirtilen şekilde elde edilir.

$$\Phi_j(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} (P(a,b) - P(b,a)) \quad (1.24)$$

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

$$-1 \leq \Phi_j(a) \leq 1 \quad (1.25)$$

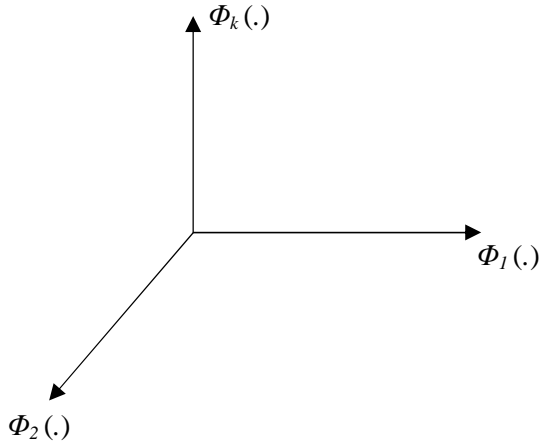
$$\sum_{a \in A} \Phi_j(a) = 0 \quad (1.26)$$

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'nı 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.

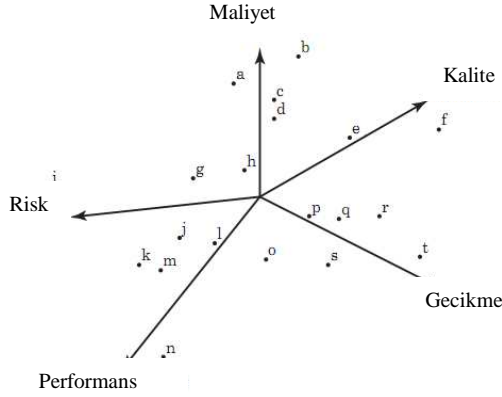


**Grafik 1:** Kriterlerin  $k$  Boyutlu Uzay Olarak Gösterimi

Karar verme problemi için birçok alternatif dikkate alındığında, görsel bir sunum bu alternatiflerin birçok kriteri de bulunduğu zor olacaktır. Aslında 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 gelişi



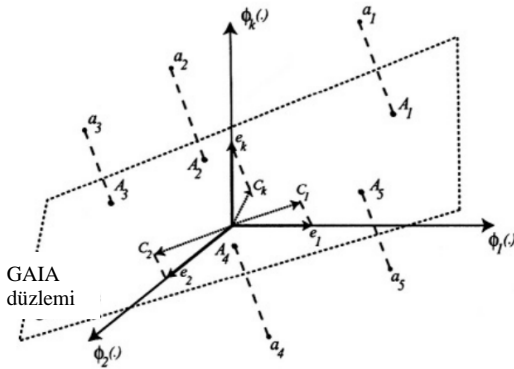
güzel bir izdüşümdür. Ayrıca bu izdüşüm için bakılan noktaya göre kağıt üzerindeki alternatiflerin konumları da değişebilecektir (De Smet ve Lidouh, 2012).



**Grafik 2:** Alternatiflerin  $k$  Boyutlu Uzayda Örnek Gösterimi

**Kaynak:** De Smet ve Lidouh, 2012.

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.

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

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

### 3. GAIA grafiksel gösterimi için örnek bir uygulama

Bu bölümde GAIA grafik gösteriminin yorumları basit ve açıklayıcı bir örnek üzerinde gösterilecektir. Seçilen örnek Brans ve Mareschal (1988) tarafından yazılan *Çok Kriterli Karar Analizi için Geometrik Gösterim* isimli makalede yer alan bir uygulamadır. Ancak bu çalışmada sadece bahse konu makalede verilen datalar kullanılmış olup PROMETHEE yöntemi ve GAIA grafik gösterimi ile elde edilebilecek bütün öğretici hasıllar yöntemin daha iyi anlaşılabilmesi için bu çalışmaya özgü olarak bilgisayar uygulaması sonucunda elde edilmiştir. Çalışmada, hidroelektrik santral kurulması için 6 adet lokasyonun 6 adet kriter çerçevesinde sıralanması hedeflenmektedir. Bu sıralama sonucunda KV santralin kurulacağı lokasyon için karar verecektir. Hidroelektrik santrallerinin sıralamasında kullanılacak kriterler, santralin işletilmesindeki insan gücü, santralin gücü, kurulum maliyeti, bakım maliyeti, yapımında boşaltılan köy sayısı ve santrallerin güvenlik seviyesi olarak belirlenmiştir. Burada başlangıç tablosu olarak Tablo 1'den yararlanılacaktır;

**Tablo 1****Hidroelektrik Santralleri Başlangıç Tablosu**

<b>Santral</b>	<b>İnsan Gücü</b>	<b>Santralin Gücü (MW)</b>	<b>Kurulum Maliyeti (Milyon \$)</b>	<b>Bakım Maliyeti (Bin\$)</b>	<b>Yapımında Boşaltılan Köy Sayısı</b>	<b>Güvenlik Seviyesi</b>
<i>a<sub>1</sub></i>	80	90	6	5,4	8	5
<i>a<sub>2</sub></i>	65	58	2	9,7	1	1
<i>a<sub>3</sub></i>	83	60	4	7,2	4	7
<i>a<sub>4</sub></i>	40	80	10	7,5	7	10
<i>a<sub>5</sub></i>	52	72	6	2	3	8
<i>a<sub>6</sub></i>	94	96	7	3,6	5	6

Başlangıç tablosundan PROMETHEE II sonuçlarına kadar olan sayfalar notasyon bölümünde açıklanmış olduğundan burada doğrudan PROMETHEE II sonuçları verilerek GAIA grafik gösterimi ile ilgili başlangıç yapılacaktır. Müteakiben GAIA grafik gösterimi ile ilgili yorumlara ağırlık verilecektir. Başlangıç karar matrisindeki alternatiflerin net akımları (PROMETHEE II sonuçları) Tablo 2’de sunulmuştur.

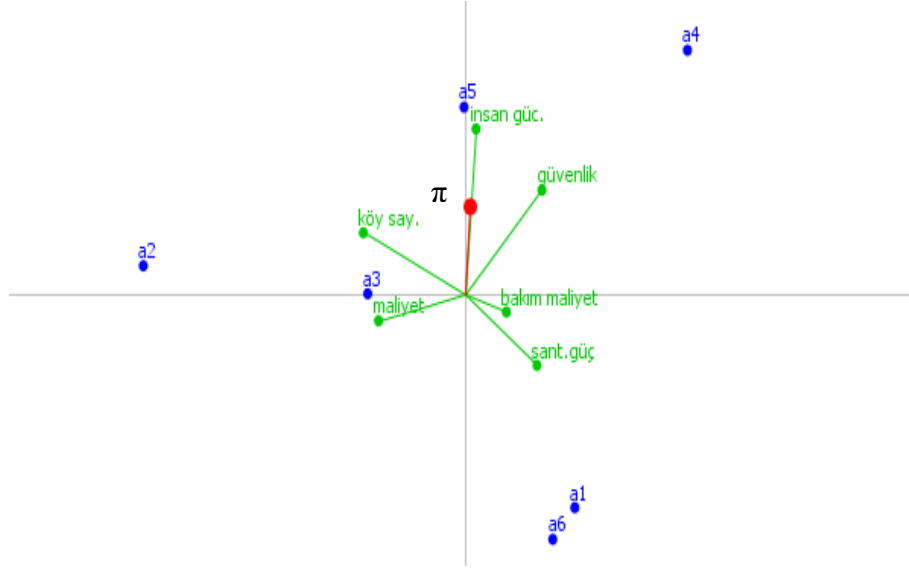
**Tablo 2****Hidroelektrik Santralleri PROMETHEE II Sıralama Tablosu**

<b>Santral</b>	<b>Sıralama</b>	<b>Net Akım</b>	<b>Pozitif Akım</b>	<b>Negatif Akım</b>
<i>a<sub>5</sub></i>	1	0,346	0,537	0,191
<i>a<sub>4</sub></i>	2	0,082	0,434	0,352
<i>a<sub>2</sub></i>	3	-0,059	0,400	0,459
<i>a<sub>3</sub></i>	4	-0,071	0,307	0,378
<i>a<sub>6</sub></i>	5	-0,091	0,334	0,425
<i>a<sub>1</sub></i>	6	-0,207	0,248	0,455

Verilerin PROMETHEE sonuçları ve GAIA grafik gösterimi elde edilirken D-Sight programı kullanılmıştır. D-Sight (<http://www.d-sight.com>) programı, karar destek sistemi üzerine kurulmuş bir programdır. Program PROMETHEE yöntemi için Université Libre de Bruxelles (ULB) Computer and Decision Engineering (CoDE) Bilgisayar ve Karar Mühendisliği Bölümünün Service de Mathématiques de la Gestion (SMG) laboratuvarı tarafından geliştirmiştir.

D-Sight programı sunduğu kolay kullanım ve grafik gösterim olanaklarıyla KV'nin görsel simgelere dayanarak karar vermesine imkan verir.

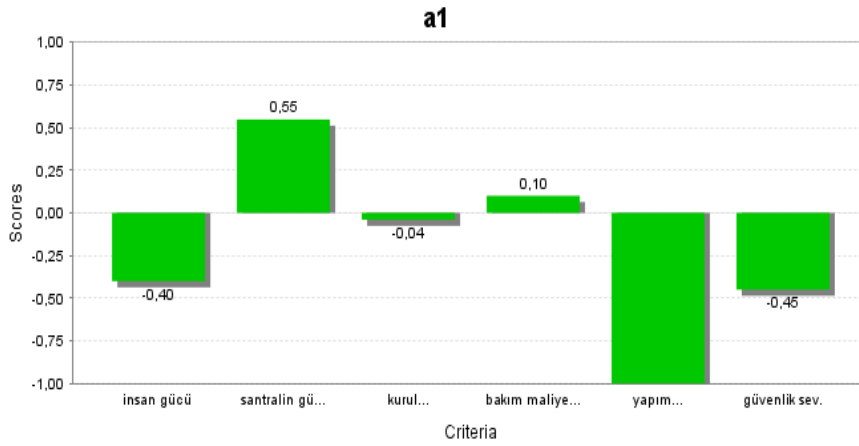
PROMETHEE II sonuçlarının elde edilmesinden sonra problemin GAIA grafik gösterimi Grafik 4'de olduğu gibidir.



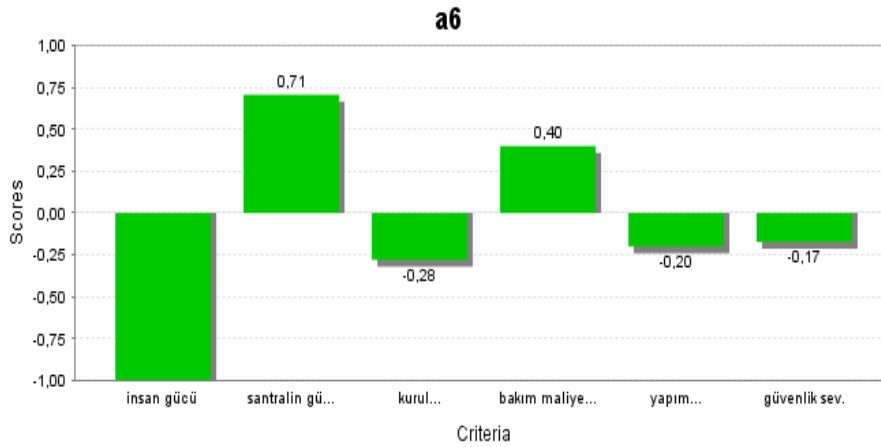
**Grafik 4:** Hidroelektrik Santrallerinin Sıralanmasına Ait GAIA Grafik Gösterimi

GAIA düzlemi üzerinde alternatifler nokta, kriterler de vektör olarak gözükmektedir. Ayrıca karar çubuğu (Decision Stick) düzlem üzerinde  $\pi$  ile gösterilmektedir. Sıralanması istenilen hidroelektrik santrallerin GAIA düzlemi üzerindeki dağılımları Grafik 4'de 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 istikamette 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 5:**  $a_1$  Alternatifinin Profili



**Grafik 6:**  $a_6$  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.

Bu bölümde, 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.

#### 4. GAIA grafik gösteriminin sonuç ve yorumları

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).

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 (Mareschal ve Brans, 2005).

- 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).

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 tercihleri 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 olacaktır.

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

• Karar çubuğunun gösterdiği istikametteki kriterlerin ağırlıklarının diğer kriterlerden büyük olduğu kriterlere değişik ağırlıklar verilerek görülebilir. Kriterlere verilen ağırlıklar değiştikçe karar çubuğunun gösterdiği istikamet değiştiği GAIA düzlemi üzerinde interaktif olarak görülebilmektedir (De Smet ve Lidouh, 2012).

GAIA düzlemi üzerindeki yorumlar bize düzlemin daha kapsamlı anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Kriterler, alternatifler ve karar çubuğunun pozisyonlarının daha iyi anlaşılmasıyla, elde edilecek GAIA düzlemlerinin PROMETHEE sonuçlarını 2 boyutlu bir düzlem üzerinde göstermekten daha fazla bir zenginlik kattığı görülecektir. Ancak her zaman göz önünde bulundurulması gereken konu ise GAIA düzleminin PROMETHEE net akım sonuçları ile beraber kullanılmasıdır.

GAIA düzleminin ortaya koyduğu grafik gösterim, PROMETHEE yönteminin sonuçlarını görsel olarak ortaya koymakta ve diğer ÇKKV yöntemleri gibi basit bir sıralama yapmanın ötesinde KV ve araştırmacılara çabuk, basit ve anlaşılabilir bir bakış açısı sunmaktadır. Bu sunum, ÇKKV yöntemlerine farklı bir yaklaşım getirmekte ve karar verme prosesine fayda sağlamaktadır.

## KAYNAKÇA

Albadvi, A., Chaharsooghi, S.K. ve Esfahanpour, A. (2007). Decision Making in Stock Trading: An Application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research*, 177, 673–683.

Atıcı, K.B. & Ulucan, A. (2009). Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 161-186.

Brans, J.P. (1982). *L'ingenierie de la Decision: Elaboration D'instruments D'aide A La Decision. La Methode PROMETHEE*. Universite Laval, Colloque D'aide A La Decision, Quebec, Canada, 183-213.

Brans, J.P. & Vincke, P. (1985). A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM. *Management Science*, 31(6), 647-656.

Brans, J.P., Vincke, P. ve Mareschal, B. (1986). How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method. *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238.

Brans, J.P. & Mareschal, B. (2005). *PROMETHEE Methods*. In J.Figueira, S. Greco ve M. Ehrgott, ed. "Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Survey", Springer Science, New York.

Dağdeviren, M., & Eraslan, E. (2008). PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 69-75.

De Smet, Y. & Lidouh, K. (2012). *An introduction to Multicriteria Decision Aid: The PROMETHEE and GAIA Methods*. <http://code.ulb.ac.be/~yvdesmet/>, Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2012.

Genç, T. & Masca, M. (2013). TOPSIS ve PROMETHEE yöntemleri ile elde edilen üstünlük sıralamalarının bir uygulama üzerinden Karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 539-567.

Kutay, N. & Tektüfekçi, F. (2012). Yönetmel Muhasebe Kararlarının Verilmesinde Bir Araç Olarak PROMETHEE Sıralama Yöntemi ve Bir Uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 83-96.

Lidouh, K., De Smet, Y., Zımanyı, E. (2009). GAIA Map: A Tool for Visual Ranking Analysis in Spatial Multicriteria Problems. *IEEE Computer Society Press*, 393-402.

Mareschal, B. ve Brans, J.P. (1988). Geometrical Representations for MCDA. *European Journal of Operational Research*, 34, 69-77.

Özgüven, N. (2012). PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Özel Alışveriş Siteleri Üzerine Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27, 195-201.

Prvulovic, S., Tolmac, D., Radovanovic, L. (2011). Application of PROMETHEE-GAIA Methodology in the Choice of Systems for Drying Paltry-Seeds and Powder Materials. *Journal of Mechanical Engineering*, 57, 778-784.



Soba, M. (2012). PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama. *Journal of Yasar University*, 28, 4708-4721.

Yılmaz, B. & Dağdeviren, M. (2011). *PROMETHEE için Decision Lab Yazılımı ve Örnek Bir Problem Üzerinde Uygulanması*. Endüstri Mühendisliği Yazılımları ve Uygulamaları Kongresi, İzmir, 30 Eylül-01/02 Ekim 2011, 95-105.

**Bu sayfa bilerek boş bırakılmıştır**  
**This page [is] intentionally left blank**