

# Personel Seçimi için Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım

*An Integrated Approach Based on Grey System Theory for Personnel Selection*

Erkan KÖSE<sup>1</sup>, Hakan Soner APLAK<sup>2</sup>, Mehmet KABAK<sup>3</sup>

## ÖZET

Gri ilişkisel Analiz (GİA) belirli bir sistem içerisinde iki eleman ya da iki alt sistem arasında değişen ilişkinin ölçümünü ifade eder. GİA' de iki faktör arasındaki ilişkinin derecesi, faktörlerin sergilemiş oldukları seyirlerin geometrik olarak karşılaştırılması ile elde edilir. Faktörlerin sergilemiş oldukları seyir geometrik olarak birbirine ne kadar çok benzerse aradaki ilişkinin o denli güçlü olduğundan bahsedilir. Bu çalışmada hem subjektif hem de objektif kriterlerin yer aldığı grup karar verme problemlerinin çözümü için GİA ve Gri Analitik Ağ Süreci (GANP) bütünleşik olarak kullanılmıştır. Örnek uygulama olarak eğitim hizmetleri sağlayan bir kurum için personel seçim problemi ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar GİA' in personel seçim problemlerinin çözümü aşamasında başarı ile uygulanabileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gri ilişkisel analiz, gri analitik ağ süreci, çok kriterli karar verme, personel seçimi.

## ABSTRACT

Grey Relational Analysis (GIA) means measurement of variable relationship between two elements in a system or two subsystems. There is a relationship between two factors in GIA is obtained by comparing geometrical patterns of factors. It is mentioned that the more the patterns displayed by factors similar to each other the stronger the relationship between factors are. In this study GIA and Grey Analytic Network Process (GANP) are used to solve group decision making problems in which both subjective and objective criteria are taking place. As a case study personnel selection problem of an education institution is handled. Our results show that GIA can be used successfully in the process of solving personnel selection problems.

**Keywords:** Grey relational analysis, grey analytic network process, multi criteria decision making, personnel selection.

## 1. GİRİŞ

Disiplinler arası bir yaklaşım olan gri sistem teorisi ilk olarak 1980'li yılların başında Deng (1982) tarafından ortaya atılmıştır. Gri sistem teorisi belirsizliğin sayılaştırılmasında alternatif bir metottür. Ortaya çıkışındaki temel düşünce stokastik veya bulanık yöntemlerle üstesinden gelinemeyen belirsiz sistemlerin davranışlarını, sınırlı sayıda veri yardımı ile tahmin etmektir (Liu ve Lin, 2006).

Gri sistem teorisinin başlıca görevlerinden bir tanesi gözlem verilerine dayanarak sistemde yer alan faktörler arasındaki matematiksel ilişkiyi ortaya çıkarmaktır. Analiz edilen elemanlar arasındaki benzerlikler ya da farklılıklar "gri ilişki" olarak isimlendirilir.

Gri ilişkisel Analiz (GİA) faktörler arasında karmaşık ilişkilerin yer aldığı problemler için uygun bir çözüm yöntemidir. Bu özelliği nedeniyle literatürde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemlerinin çözümünde tek başına veya diğer yöntemlerle bütünleşik olarak sıkça kullanıldığı görülmektedir. Yeh ve Lu (2000) silah sistemlerinin seçiminde, Chen ve

Tzen (2004) mülteciler için ev sahibi ülkenin seçiminde, Song ve arkadaşları (2005) yazılım projelerinin değerlendirilmesinde GİA kullanmışlardır. Wu (2002), TOPSIS ve OCRA yöntemleri ile GİA'yı karşılaştırmış ve ÇKKV problemlerinin çözümü için tek bir metoda bağlı kalmak yerine birden fazla metod kullanılmasını tavsiye etmiştir. Song ve Jamalipour (2005) servis kalitesi açısından dinamik ortamda en iyi mobil ağı seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile birlikte, Jadidi ve arkadaşları ise (2008) tedarikçi seçiminde TOPSIS yöntemi ile birlikte GİA kullanmışlardır. Zhang ve Liu (2011), Pramanik ve Mukhopadhyaya (2011) personel seçim problemi için GİA ile sezgisel bulanık mantık tabanlı bütünleşik bir yaklaşım önerirken Goyal ve Grover (2012) ileri üretim sistemlerinin seçiminde bulanık mantık tabanlı GİA önermişlerdir. Wu ve Luyan (2012) yatırım kararlarının verilmesinde AHP ile birlikte GİA'dan faydalanmışlardır.

Bu çalışmada eğitim hizmetleri sağlayan bir kurum için personel seçim problemi ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan kurumda personel seçimi dört kişilik uzman ekip tarafından gerçekleştirilmektedir. Adaylar her

<sup>1</sup> Dr., Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, erkankose93@gmail.com

<sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, haplak@kho.edu.tr

<sup>3</sup> Doç. Dr., Mehmet Kabak, Kara Harp Okulu Dekanlığı, mkabak@kho.edu.tr

bir uzman tarafından daha önceden belirlenen sekiz farklı kritere göre değerlendirilmektedir. Problem bu hali ile hem subjektif hem de objektif kriterlerin yer aldığı grup karar verme problemidir.

Literatürde personel seçimi için ÇKKV yöntemleriyle yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. KelemenisandAskounis (2010) personel seçimi için TOPSIS tabanlı yeni bir çalışma önermiş, bulanık TOPSIS yöntemini veto eşik değerleriyle kullanmışlardır. Dursun ve Karsak (2010) TOPSIS yöntemi ve iki ögeli dilsel temsil modelini kullanarak personel seçimine yönelik bir bulanık model önermişlerdir. Lazarevic-Petrovic (2001) bulanık AHP ile, Güngör ve arkadaşları (2009) nicel ve nitel kriterleri dikkate alarak AHP ile personel değerlendirmesi yapmışlardır. Gibney ve Shang (2007) ise AHP ile dekan seçimi probleminde çözüm önermişlerdir. Chen, Hwang ve Hung (2009) personel seçimi ve değerlendirmesini PROMETHEE sıralama yöntemi ile yapmıştır. Wang (2009) Ar-Ge personeli seçimi için gri teori ve TOPSIS metotlarını kullanmıştır. Çalışmada, kriter ağırlıkları ve adayların niteliklerini gösteren dilsel değişkenler gri sayılarla ifade edilmiş, sıralama gri ilişki derecelerine göre yapılmıştır. Ayub, Kabir ve Alam (2009) ise bulanık Analitik Ağ Süreci (ANP) ile personel seçimi probleminde çözüm önermişlerdir. Kabak ve arkadaşları (2012) keskin nişancı seçiminde kriter ağırlıklarını ANP ile bulmuş, sıralamayı TOPSIS ve ELECTRE yöntemleriyle yapmıştır.

Çalışmada ele alınan problemin çözümü için literatürde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden farklı olarak gri sistem teori tabanlı bütünleşik bir yaklaşım kullanılmıştır. Karar verme sürecinde kullanılan kriter ağırlıkları Gri Analitik Ağ Süreci (GANP) kullanılarak belirlenmiş daha sonra GİA kullanılarak adayların ideal noktaya olan uzaklıklarına göre sıralamaları yapılmıştır. Sonuçları test etmek maksadıyla problem TOPSIS, ANP ve ELECTRE yöntemleri kullanılarak çözülmüş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ulaşılan sonuçlar GİA ve GANP' nin personel seçimi problemlerinin çözüm aşamasında başarı ile uygulanabileceğini göstermiştir.

GANP'de klasik ANP'den farklı olarak kriterler ve alternatifler için değerlendirme yaparken kesin değerler yerine gri sayılar kullanılmaktadır. Bu yaklaşım özellikle karar vericilerin yeterli tecrübelerinin bulunmadığı ve eksik bilginin yer aldığı durumlarda problemin çözümünü kolaylaştırmaktadır. Literatürde GİA ve ANP' nin birlikte kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Chen ve Tzeng, 2011; Hsu, 2012). Ancak GİA ve GANP 'nin birlikte kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu açıdan

yapılan bu çalışmanın literatüre katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde gri sistem teorisi ile ilgili temel tanımlamalara yer verilmiş, GANP ve GİA konuları detaylı olarak incelenmiştir. Üçüncü bölümde eğitim hizmetleri sağlayan bir firma için personel seçim problemi örnek bir uygulama olarak ele alınmış, son bölümünde ulaşılan sonuçlar tartışılmış ve genel bir değerlendirme yapılmıştır.

## 2. GRİ SİSTEM TEORİSİ

Disiplinler arası bir yaklaşım olan gri sistem teori, küçük örneklem ve zayıf bilginin yer aldığı problemlere çözüm bulabilmek için 1980'li yılların başında Deng (1982) tarafından ortaya atılmıştır. Ortaya çıkışındaki temel düşünce stokastik veya bulanık yöntemlerle üstesinden gelinemeyen belirsiz sistemlerin davranışlarını, sınırlı sayıda veri yardımı ile tahmin etmektir. Sosyal, ekonomik, endüstriyel, tarımsal, biyolojik sistemler gibi pek çok sistem ismini ilgili olduğu alandan alır. Gri sistemler ismi ise incelenen konuya ait bilgi düzeyi esas alınarak seçilmiştir (Liu ve Lin, 2006). Gri sistem teoride, herhangi bir sisteme ilişkin tüm bilgiler biliniyorsa bu tür sistemler için beyaz sistem, hiçbir bilgi bilinmiyorsa siyah sistem, kısmen bilgi sahibi olduğumuz sistemler için de gri sistem tanımlamaları kullanılmaktadır. Siyah, gri ve beyaz sistemlerin çeşitli açılardan karşılaştırılması Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1:** Siyah, Gri ve Beyaz Sistemlerin Karşılaştırılması

(Liu ve Lin, 2006)

	Siyah	Gri	Beyaz
Bilgi	Bilinmiyor	Tam değil	Biliniyor
Görünüm	Karanlık	Gri	Parlak
Süreç	Yeni	Geçiş aşamasında	Eski
Özellik	Keşmekeş	Kompleks	Düzenli
Yöntem	Olumsuz	Değişken	Olumlu
Davranış	Hoşgörü	Tolerans	Katı
Sonuç	Sonuç yok	Birden fazla çözüm	Tek çözüm

Bulanık matematik ve gri sistem teori deterministik olmayan sistemler için yapılan çalışmalarda kullanılan en yaygın yöntem ve teorilerdir. Farklı tipteki belirsizliklerle uğraşmalarına rağmen bu teorilerin ortak noktası, eksik bilgi ve belirsizliğin olduğu durumlarda anlamlı ve işlevsel sonuçlar çıkarabilme gücüne sahip olmalarıdır.

Bulanık matematiğin gücü, tanımsal belirsizliğe sahip problemlere çözüm bulabilmesinde yatmaktadır. Bulanık matematik kullanılarak incelenen bütün nesnelere belirgin içsellik, belirgin olmayan uzantı karakteristiğine sahiptirler. Örneğin "genç adam" bulanık bir kavramdır. Genç adam

denildiğinde neyin kastedildiğini herkes bilir ancak tam olarak hangi yaş aralığındaki insanların bu tanımlamaya uyduğunu söylemek oldukça güçtür.

Bulanık matematikten farklı olarak gri sistem teori ile incelenen nesnelere belirgin uzantı, belirgin olmayan içsellik karakteristiğine sahiptirler (Deng, 1996). Örneğin "T.C Hükümeti, ülke nüfusunu 2050 yılına kadar 90 ile 100 milyon arasında tutmayı planlıyor" ifadesindeki 90 ile 100 milyon aralığı, gerçek değeri hakkında herhangi bir bilgi sahibi olmadığımız ancak sınırları kesin olarak bilinen bir gri kavramdır.

Gri sistem teori, küçük örneklem ve zayıf bilginin yer aldığı problemlere çözüm bulabilmek için geliştirilmiştir. Gri sistemlerin karakteristik özelliklerini bulanık matematikle tam olarak açıklamak mümkün değildir. Teknik olarak söylemek gerekirse, bulanık matematik kavramsal belirsizliğe sahip problemleri, geçmiş tecrübeler yardımıyla, üyelik fonksiyonlarını kullanarak çözmeye çalışır. Herhangi bir geçmiş tecrübemizin bulunmadığı, gerekli dağılımları tesis edemediğimiz veya oldukça küçük bir örnekleme erişebildiğimiz durumlarla gri sistem teori memnuniyet verici uygulamalar yapabilmeye gücüne sahiptir (Liu ve Lin, 2006).

Gri sistem teori temel olarak sistemler arasındaki ilişkinin analizi, model kurulması, tahmin ve karar problemlerinde sıkça kullanılan bir yöntemdir (Wen, 2004). Gri sistem teorisinin uğraş alanını gri üretim, GİA, gri modelleme, gri karar verme, gri kontrol ve gri tahmin olmak üzere altı temel başlık altında incelemek mümkündür (Kose vd., 2011).

Tüm gri sistemler gri sayılar, gri eşitlikler veya gri matrisler yardımı ile tanımlanır. Gri sayılar, gerçek değerleri tam olarak bilinmeyen ancak hangi aralıkta değer alması gerektiği bilinen sayılardır. Hem alt hem de üst sınır değerine sahip gri sayılar aralık gri sayılar olarak ifade edilir ve  $\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}]$  şeklinde gösterilirler. Bu gösterimde  $\underline{a}$ ,  $\otimes$  gri sayısının alt limit değerini  $\bar{a}$  ise üst limit değerini temsil eden sabit sayılardır.

$$\otimes_1 \in [a, b], a < b \quad \text{ve} \quad \otimes_2 \in [c, d], c < d$$

olmak üzere  $\otimes_1$  ve  $\otimes_2$  aralık gri sayıları arasındaki matematiksel işlemler aşağıda gösterilen kurallara göre gerçekleştirilir.

$$\text{Toplama Kuralı: } \otimes_1 + \otimes_2 \in [a+c, b+d]$$

$$\text{Çıkartma Kuralı: } \otimes_1 - \otimes_2 \in [a-d, b-c]$$

$$\text{Çarpma Kuralı: } \otimes_1 * \otimes_2 \in [\min \{ac, ad, bc, bd\}, \max \{ac, ad, bc, bd\}]$$

$$\text{Bölme Kuralı: } \otimes_1 / \otimes_2 \in [\min \{a/c, a/d, b/c, b/d\}, \max \{a/c, a/d, b/c, b/d\}]$$

$$\text{Skaler Çarpım Kuralı: } \otimes \in [a, b], a < b \text{ ve } k \text{ pozitif}$$

gerçek sayı olmak üzere  $\otimes$  gri sayısının  $k$  ile skaler çarpımı  $k * \otimes \in [ka, kb]$  şeklinde tanımlanır.

Gri Sayıların Durulaştırılması:  $\otimes \in [a, b], a < b$  olmak

üzere aralık gri sayıların durulaştırılmış değeri  $\tilde{\otimes} = \alpha a + (1 - \alpha)b$ ,  $\alpha \in [0, 1]$  şeklinde hesaplanır.  $\alpha = 1/2$  için elde edilen durulaştırma değerine, eşit ağırlıklı ortalama durulaştırması denir. Aralık gri sayılar durulaştırılırken dağılım bilgisine sahip olunmadığı durumlarda genellikle eşit ağırlıklı ortalama durulaştırma yöntemi kullanılır (Liu ve Lin, 2006).

### 2.1. Gri Analitik Ağ Süreci (GANP)

AHP 1970'lerde Profesör Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen, birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dâhil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHP, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir. AHP'de problemin hiyerarşik yapıda modellenmesi için kriter, alt kriter ve alternatifler arasında etkileşim olmadığı, bağımsız oldukları kabul edilir (Saaty, 1985; Saaty, 2000). Ancak, çoğu karar probleminde kriterlerin kendi içerisinde veya alternatifler ve kriterler arasındaki ilişki göz ardı edilemez. Örneğin ürün seçimi probleminde fiyat ile kalite veya araç performansında motor gücü ile hız arasında ilişki olması gibi. Bu problemler, yatay seviyedeki veya daha yüksek seviyedeki elemanlarla daha düşük seviyedeki elemanlar arasındaki ilişki ve bağımlılık sebebiyle hiyerarşik olarak yapılandırılmazlar. Bu sebeple, yine Saaty tarafından AHP'nin uzantısı olarak Analitik Ağ Süreci (ANP) geliştirilmiştir.

ANP'de karar verme problemi bir ağ yapısı ile modellenmekte ve modelleme aşamasındaki kriterler arasındaki bağımlılıklar ve kriter içindeki iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır. Bundan dolayı ANP karar verme problemlerinin daha etkin ve daha doğru bir şekilde çözülmesini sağlamaktadır (Saaty, 1996). Yukarıda da belirtildiği üzere AHP karar verme problemlerini bir hiyerarşi yapı içerisinde modellerken, ANP hiyerarşiden uzak bir ağ yapısı içerisinde modellemektedir. Bu yapılar Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir. ANP'de; problem tanımlanıp model oluşturulduktan sonra ağ yapısına göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur, karar vericilerin değerlendirmelerine göre öncelik

vektörleri hesaplanır ve alternatifler sıralanır. ANP'in detaylarına birçok çalışmadan kolaylıkla ulaşılabilir (Mohanty vd., 2005; Jharkharia ve Shankar, 2007; Onut vd., 2009; Kabak vd., 2012). Bütünleşik yöntem sunan bazı çalışmalarda ise ANP sadece kriter ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılır, alternatifler TOPSIS, PROMETHEE vb. diğer ÇKKV yöntemleriyle değerlendirilir.

Karar vericiler kriterler veya alternatifler için değerlendirme yaparken her zaman kesin bilgilere sahip olmayabilir. Bu durumlarda gri teori tabanlı yaklaşımlar başarıyla uygulanabilir (ZhangandLiu, 2011). GANP'de klasik ANP'den farklı olarak bu muğlaklıktan dolayı ikili karşılaştırma matrislerinde karar vericiler tarafından Tablo 2'de verilen gri sayılar kullanılır (Li vd., 2007; Mohammad vd., 2011).

**Tablo 2:** Kriter Ağırlıkları için Ölçek

Dilsel İfade	Gri Sayı	Gri Karşılık Sayı
Eşit derecede önemli	[1, 1]	[1, 1]
Zayıf derecede önemli	[1, 3]	[1/3, 1]
Kuvvetli derecede önemli	[3, 5]	[1/5, 1/3]
Çok kuvvetli derecede önemli	[5, 7]	[1/7, 1/5]
Aşırı derecede önemli	[7, 9]	[1/9, 1/7]

Bir ikili karşılaştırma matrisi

$(\otimes a_{ij} = [a_{ij}^-, a_{ij}^+]; i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$  gibi gri sayıları kullanarak aşağıdaki gibi oluşturulur (Onut vd., 2009):

$$A = \begin{pmatrix} [a_{11}^-, a_{11}^+] & [a_{12}^-, a_{12}^+] & \dots & [a_{1n}^-, a_{1n}^+] \\ [a_{21}^-, a_{21}^+] & [a_{22}^-, a_{22}^+] & \dots & [a_{2n}^-, a_{2n}^+] \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ [a_{m1}^-, a_{m1}^+] & [a_{m2}^-, a_{m2}^+] & \dots & [a_{mn}^-, a_{mn}^+] \end{pmatrix}$$

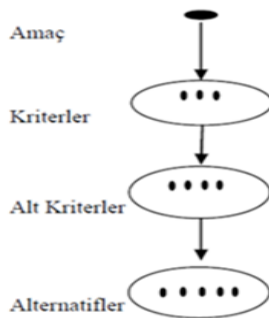
$a_{mn}$  değeri satırdaki m elemanı ile sütundaki n elemanının karşılaştırılması sonucu varılan kararı gösterir. GANP kriter ağırlıklarının bulunması ve alternatiflerin sıralanması için kullanılabilir. Bu çalışmada GANP kriter ağırlıklarının hesaplanması için kullanılacak, alternatiflerin sıralanması GIA ile yapılacaktır.

## 2.2. Gri İlişkisel Analizi

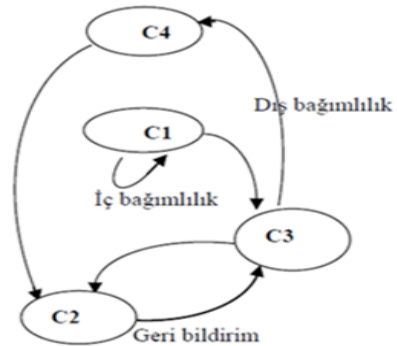
Gri ilişki belirli bir sistem içerisinde iki eleman ya da iki alt sistem arasında değişen ilişkinin ölçümünü ifade etmektedir (Feng ve Wang, 2000). Analiz edilen elemanlar arasındaki benzerlikler ya da farklılıklar "gri ilişki" olarak isimlendirilmektedir.

GIA iki farklı sistem veya aynı sistemde yer alan iki eleman arasındaki zamanla değişen ilişkilerin ölçümünü sağlayan güçlü bir metottur. Sınırlandırılmış gri ilişki derecesi ve global gri ilişki derecesi olmak üzere iki farklı yöntemi vardır. İlk yöntemde referans seri verilir ve referans seriden olan uzaklıklara göre diğer serilerin sıralaması yapılır. İkincisinde ise her seri referans seri olabilir ve öz vektör yöntemi kullanılarak serilerin sıralaması yapılır (Wen, 2004).

Sosyal, ekonomik, ekolojik, eğitim ve benzeri soyut sistemler bir çok faktörü içinde barındırmaktadır. Bu faktörler arasındaki bazı karşılıklı ilişkiler sistemin



**Şekil 1:** Hiyerarşik Yapı



**Şekil 2:** Ağ yapısı

gelişimi ve yönelimini belirler. Karar vericiler genellikle aşağıdaki sorulara cevap bulabilmek için bu faktörlerle ilgilenirler (Liu ve Lin, 2006):

- Pek çok faktör/kriter arasından hangileri diğerlerine oranla daha önemlidir?
- Sistemin gelişimi açısından hangi faktörler diğerlerinden daha etkilidir?
- Sistem içerisindeki hangi faktörler desteklenmelidir ki istenilen yönde değişim sağlanabilsin?
- Sistem içerisindeki hangi faktörler kontrol altında tutulmalıdır ki istenilen yönde değişime mani olmasınlar?

İstatistik bilim dalı içerisinde yer alan regresyon analizi, varyans analizi, temel bileşenler analizi gibi teknikler bu sorulara cevap bulabilmek için geliştirilmiş yöntemlerdir. Ancak bu yöntemler aşağıda sıralanan dezavantajlara sahiptirler (Liu ve Lin, 2006):

- Büyük miktarda veriye ihtiyaç vardır. Aksi takdirde istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar elde etmek oldukça zordur.
- Elde edilen veriler bilinen bazı dağılımlara uygun olmalıdır.
- Oldukça uzun ve karmaşık matematiksel işlemler gereksinim duyulmaktadır.
- Genellikle nitel araştırma sonuçları nicel analizlerle farklı sonuçlar üretir ve bu durum incelen sistemin farklı algılanmasına neden olur.

Pek çok faktör ve az sayıda verinin bulunduğu durumlarda, iki süreç arasındaki korelasyonun ortaya çıkartılmasında veri yetersizliği nedeni ile istatistiksel tabanlı regresyon analiz yöntemleri sağlıklı sonuçlar üretmez. İşte bu gibi durumlar GİA' in gücünü gösterdiği en uygun ortamlardır.

GİA' de iki faktör arasındaki ilişkinin derecesi, faktörlerin sergilemiş oldukları seyirlerin geometrik olarak karşılaştırılması ile elde edilir. Faktörlerin sergilemiş oldukları seyir geometrik olarak birbirine ne kadar çok benzerse aradaki ilişkinin o denli güçlü olduğundan bahsedilir.

GİA' in uygulama adımları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır (Liu ve Lin, 2006).

#### Adım 1: Referans serinin oluşturulması

Referans seri mevcut alternatiflerin her bir kriter için aldıkları en yüksek (maliyet türü kriterler için en düşük) değerlerden veya kriterler için daha önceden belirlenmiş ideal değerlerden oluşur. Örneğin "yabancı dil notu" şeklinde tanımlanan bir kriterin referans serideki değeri ya mevcut alternatifler arasından en yüksek yabancı dil notuna karşılık gelir

ya da o sınav türü için ideal not olan 100 tam puan şeklinde belirlenir. n adet kriterin değerlendirildiği bir problem için referans seri aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\chi_0 = (\chi_0(1), \chi_0(2), \chi_0(3), \dots, \chi_0(n)) \quad (1)$$

Adım 2: Verilerin normalize edilmesi

Verilerin normalizasyonu farklı ölçü birimlerine sahip verilerin yer aldığı seriler arasında karşılaştırma yapabilmek için gereklidir. Ham veri setleri  $X_i^0(k)$  ile gösterilmek üzere  $X_i(k)$  normalize değerleri üç farklı duruma göre hesaplanır.

Daha büyük daha iyi durumunda normalizasyon:

$$\chi_i(k) = \frac{\chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \quad (2)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

Daha düşük daha iyi durumunda normalizasyon:

$$\chi_i(k) = \frac{\max \chi_i^0(k) - \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \quad (3)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

İdeal değer daha iyi durumunda normalizasyon:

$$\chi_i(k) = 1 - \frac{|\chi_i^0(k) - \chi^0|}{\max \chi_i^0(k) - \chi^0} \quad (4)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

Adım 3: Gri ilişki katsayılarının hesaplanması

$$\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{oi}(k) + \xi \Delta_{\max}} \quad (5)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

$$\Delta_{oi}(k) = |X_0(k) - X_i(k)| \quad (6)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| \quad (7)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)| \quad (8)$$

$i=1, \dots, m; k=1, \dots, n$

Eşitlik (6)' daki  $\Delta_{oi}(k)$  ifadesi normalize edilmiş değerler için referans seri ile karşılaştırılan seri arasındaki farkı ifade etmektedir.  $\xi \in (0,1)$  ise  $\Delta_{\min}$  ile  $\Delta_{\max}$  arasındaki çözünürlüğü ayarlamakta kullanılan bir katsayıdır ve genellikle 0,5 alınır.

Adım 4: Gri ilişki derecelerinin hesaplanması

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \quad (9)$$

Gri ilişki derecesi referans seri ile karşılaştırılan serinin benzerlik derecesini gösteren bir ölçüttür. Diğer bir deyişle şayet  $\gamma(X_0, X_2) > \gamma(X_0, X_1)$  ise  $X_2$  serisi geometrik olarak  $X_1$  serisine oranla referans seriye daha benzer özelliklere sahip bir seridir denir.

Şayet kriterler farklı ağırlık değerlerine sahipse bu durumda gri ilişki derecesi kriter ağırlıkları ile gri ilişki katsayıları çarpılarak hesaplanır.

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \cdot W_i(k) \quad (10)$$

### 3. UYGULAMA

Bu çalışmada eğitim hizmetleri sağlayan bir kurum için personel seçim problemi ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan kurumda personel seçimi insan kaynakları bölümünde görevli dört kişilik uzman ekip tarafından ( $D_1, D_2, D_3, D_4$ ) gerçekleştirilmektedir. Söz konusu ekip kararlarını toplu karar verme tekniği ile almaktadır. Adaylar ( $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ ) daha önceden kurum tarafından belirlenen sekiz farklı kriter göre ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$ ) değerlendirilmektedir. Adayların değerlendirmesinde kullanılan kriterler ve bu kriterlere ilişkin açıklamalar Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 3:** Adayların Değerlendirmesinde Kullanılan Kriterler ve Açıklamaları

Kriter Adı	Açıklama
$C_1$ Anlama ve Anlatma Yeteneği	Adayların anlatım ve iletişim becerilerine ilişkin subjektif değerlendirmelerdir.
$C_2$ Görev Bilinci	Adayların sorumluluk alma, aldığı görevi yerine getirme konularında sahip oldukları yeteneklere ilişkin subjektif değerlendirmelerdir.
$C_3$ Sosyal Uyum (Birlikte çalışabilme)	Adayların grup içerisinde uyumlu çalışabilme yeteneklerine ilişkin subjektif değerlendirmelerdir.
$C_4$ Rol Model Olması	Adayların örnek olma, model teşkil etme yeteneklerine ilişkin subjektif değerlendirmelerdir.
$C_5$ Öğretmenlik Deneyimi (İş tecrübesi)	Adayların yıl bazında geçmiş iş tecrübelerini gösteren objektif değerlendirmelerdir.
$C_6$ Bilimsel Yeterlilik	Adayların eğitim kurumu tarafından yapılan bilimsel yeterlilik sınavından aldığı notu göstermektedir.
$C_7$ Yabancı Dil Bilgisi	Adayların eğitim kurumu tarafından yapılan yabancı dil sınavından aldığı notu göstermektedir.
$C_8$ Akademik Çalışmaları	Adayların bilimsel dergi ve kongrelerde yayınlanmış çalışmalarını için kurum tarafından oluşturulan dönüşüm tablosu kullanılarak hesaplanan akademik yayın puanıdır.

Problem bu hali ile hem subjektif hem de objektif kriterlerin yer aldığı grup karar verme problemidir. Karar vericilerden her bir adayı  $C_1, C_2, C_3$  ve  $C_4$  subjektif kriterlerine göre değerlendirmeleri istenmiştir. Adayların subjektif kriterlere değerlendirmesinde kullanılan skala ve gri sayı karşılıkları Tablo 4'de, karar vericiler tarafından her bir adaylar için yapılan değerlendirmeler ise Tablo 5'de sunulmuştur.

**Tablo 4:** Subjektif Kriter için Değerlendirme Skalası (Li vd., 2007; Mohammad vd., 2011)

Değerlendirme	Gri Sayı Karşılığı
Çok Zayıf (VP)	[0,10]
Zayıf (P)	[10,30]
Orta Derecede Zayıf (MP)	[30,40]
Ortalama (F)	[40,50]
Orta Derecede İyi (MG)	[50,60]
İyi (G)	[60,90]
Çok İyi (VG)	[90,100]

**Tablo 5:** Adayların Subjektif Kriterlere Göre Değerlendirmesi

		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
$C_1$	$D_1$	VG	G	G	G	G
	$D_2$	MG	G	MG	VG	G
	$D_3$	G	G	G	VG	G
	$D_4$	VG	VG	G	VG	G
$C_2$	$D_1$	G	VG	F	MG	F
	$D_2$	G	MG	MG	MG	MG
	$D_3$	G	VG	G	MG	G
	$D_4$	VG	VG	F	MG	F
$C_3$	$D_1$	F	G	VG	G	VG
	$D_2$	MG	G	VG	G	VG
	$D_3$	G	F	G	G	VG
	$D_4$	MG	MG	G	G	VG
$C_4$	$D_1$	VG	VG	MG	G	G
	$D_2$	VG	G	MG	VG	G
	$D_3$	G	MG	F	VG	MG
	$D_4$	G	G	G	VG	G

Tablo 5'deki subjektif değerlendirmelerin gri sayı karşılıkları Tablo 6'da gösterilmiştir.

**Tablo 6:** Subjektif Değerlendirmelerin Gri Sayı Karşılıkları

		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	[90 100]	[60 90]	[60 90]	[60 90]	[60 90]
	D <sub>2</sub>	[50 60]	[60 90]	[50 60]	[90 100]	[60 90]
	D <sub>3</sub>	[60 90]	[60 90]	[60 90]	[90 100]	[60 90]
	D <sub>4</sub>	[90 100]	[90 100]	[60 90]	[90 100]	[60 90]
C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	[60 90]	[90 100]	[40 50]	[50 60]	[40 50]
	D <sub>2</sub>	[60 90]	[50 60]	[50 60]	[50 60]	[50 60]
	D <sub>3</sub>	[60 90]	[90 100]	[60 90]	[50 60]	[40 50]
	D <sub>4</sub>	[90 100]	[90 100]	[40 50]	[50 60]	[40 50]
C <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	[40 50]	[60 90]	[90 100]	[60 90]	[90 100]
	D <sub>2</sub>	[50 60]	[60 90]	[90 100]	[60 90]	[90 100]
	D <sub>3</sub>	[60 90]	[40 50]	[60 90]	[60 90]	[90 100]
	D <sub>4</sub>	[50 60]	[50 60]	[60 90]	[60 90]	[90 100]
C <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	[90 100]	[90 100]	[50 60]	[60 90]	[60 90]
	D <sub>2</sub>	[90 100]	[60 90]	[50 60]	[90 100]	[60 90]
	D <sub>3</sub>	[60 90]	[50 60]	[40 50]	[90 100]	[50 60]
	D <sub>4</sub>	[60 90]	[60 90]	[60 90]	[90 100]	[60 90]

İkinci bölümde açıklanan gri sayı matematiksel işlemleri ve ortalama durulaştırma yöntemi kullanılarak karar vericilerin yapmış olduğu değerlendirmeler durulaştırılmış ve Tablo 7'deki değerler elde edilmiştir.

**Tablo 7:** Durulaştırılmış Değerler

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	80	77,5	80	75	70
C <sub>2</sub>	80	86,25	85	68,75	55
C <sub>3</sub>	57,5	58,75	62,5	73,75	85
C <sub>4</sub>	85	80	75	67,5	57,5

Adayların C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub> ve C<sub>8</sub> objektif kriterlerine göre değerlendirme sonuçları ise Tablo 8'de gösterildiği gibidir.

**Tablo 8:** Objektif Kriterlere Göre Adayların Değerlendirmesi

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
C <sub>5</sub>	2	4	0	5	3
C <sub>6</sub>	75	81	80	90	79
C <sub>7</sub>	83	90	95	88	82
C <sub>8</sub>	60	45	20	85	70

Değerlendirmede kullanılan kriterlerin yapısı incelendiğinde hepsinin fayda tarzı kriterler olduğu görülmektedir. Referans seri başvuran adaylar arasından her bir kriter için en yüksek değer seçilerek oluşturulmuştur. Bu duruma göre oluşturulan referans serisi aşağıda gösterildiği gibidir.

$$X_0 = \{80, 86.25, 85, 85, 5, 90, 95, 85\}$$

İncelenen seriler farklı ölçü birimlerine sahip veriler içerdiğinden bu seriler arasında karşılaştırma yapabilmek için Eşitlik (2)'de açıklanan daha büyük daha iyi durumunda normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin her bir kriter için aldığı normalize edilmiş değerler Tablo 9'da, Eşitlik (5) kullanılarak hesaplanan gri ilişki katsayıları Tablo 10'da sunulmuştur.

**Tablo 9:** Normalize Edilmiş Değerler

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	X <sub>0</sub>
C <sub>1</sub>	1.00	0.75	1.00	0.50	0.00	1.00
C <sub>2</sub>	0.80	1.00	0.96	0.44	0.00	1.00
C <sub>3</sub>	0.00	0.04	0.18	0.59	1.00	1.00
C <sub>4</sub>	1.00	0.81	0.63	0.36	0.00	1.00
C <sub>5</sub>	0.40	0.80	0.00	1.00	0.60	1.00
C <sub>6</sub>	0.00	0.40	0.33	1.00	0.26	1.00
C <sub>7</sub>	0.07	0.61	1.00	0.46	0.00	1.00
C <sub>8</sub>	0.61	0.38	0.00	1.00	0.76	1.00

**Tablo 10:** Gri İlişki Katsayıları

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	1.00	0.66	1.00	0.50	0.33
C <sub>2</sub>	0.71	1.00	0.92	0.47	0.33
C <sub>3</sub>	0.33	0.34	0.37	0.55	1.00
C <sub>4</sub>	1.00	0.73	0.57	0.44	0.33
C <sub>5</sub>	0.45	0.71	0.33	1.00	0.55
C <sub>6</sub>	0.33	0.45	0.42	1.00	0.40
C <sub>7</sub>	0.35	0.56	1.00	0.48	0.33
C <sub>8</sub>	0.56	0.44	0.33	1.00	0.68

Adayların değerlendirilmesinde kullanılan kriterler farklı ağırlık değerlerine sahiptir. Gri ilişki derecelerinin hesaplanabilmesi için ikinci bölümde açıklanan GANP yardımıyla kriter ağırlıklarının hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu maksatla değerlendirmede kullanılacak sekiz kriter arasındaki iç bağımlılıklar karar vericilerin görüşlerine göre belirlenmiştir. Örneğin eğitiminin anlama ve anlatma yeteneğini (C<sub>1</sub>); öğretmenlik deneyimi (C<sub>5</sub>), bilimsel yeterliliği (C<sub>6</sub>) ve akademik çalışmaları (C<sub>8</sub>) etkilemektedir. Diğer kriterlerin iç bağımlılıkları Tablo 11'de, kriterlerin gri ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 12'de gösterilmiştir.

**Tablo 11:** Kriterler Arasındaki İç Bağımlılıklar

Etkilenen Kriter	Etkileyen Kriter
C <sub>1</sub>	C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>8</sub>
C <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub>
C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub>
C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>8</sub>
C <sub>5</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>8</sub>
C <sub>6</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>7</sub> , C <sub>8</sub>
C <sub>7</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>8</sub>
C <sub>8</sub>	C <sub>1</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub>

**Tablo 12:** Kriterlerin İçin Gri İkili Karşılaştırmalar Matrisi

	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>		C <sub>3</sub>		C <sub>4</sub>		C <sub>5</sub>		C <sub>6</sub>		C <sub>7</sub>		C <sub>8</sub>	
C <sub>1</sub>	[1,00	1,00]	[1,00	3,00]	[3,00	5,00]	[1,00	3,00]	[3,00	5,00]	[0,33	1,00]	[5,00	7,00]	[1,00	3,00]
C <sub>2</sub>	[0,33	1,00]	[1,00	1,00]	[3,00	5,00]	[1,00	1,00]	[3,00	5,00]	[0,33	1,00]	[5,00	7,00]	[1,00	3,00]
C <sub>3</sub>	[0,20	0,33]	[0,20	0,33]	[1,00	1,00]	[1,00	1,00]	[1,00	3,00]	[0,20	0,33]	[1,00	3,00]	[1,00	3,00]
C <sub>4</sub>	[0,33	1,00]	[1,00	1,00]	[1,00	1,00]	[1,00	1,00]	[5,00	7,00]	[0,14	0,20]	[3,00	5,00]	[1,00	3,00]
C <sub>5</sub>	[0,20	0,33]	[0,20	0,33]	[0,33	1,00]	[0,14	0,20]	[1,00	1,00]	[0,20	0,33]	[1,00	1,00]	[0,33	1,00]
C <sub>6</sub>	[1,00	3,00]	[1,00	3,00]	[3,00	5,00]	[5,00	7,00]	[3,00	5,00]	[1,00	1,00]	[5,00	7,00]	[1,00	3,00]
C <sub>7</sub>	[0,14	0,20]	[0,14	0,20]	[0,33	1,00]	[0,20	0,33]	[1,00	1,00]	[0,14	0,20]	[1,00	1,00]	[0,20	0,33]
C <sub>8</sub>	[0,33	1,00]	[0,33	1,00]	[0,33	1,00]	[0,33	1,00]	[1,00	3,00]	[0,33	1,00]	[3,00	5,00]	[1,00	1,00]

Kriterler arasındaki iç bağımlılıkları hesaplamak için benzer şekilde sekiz adet ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. C<sub>1</sub> kriteri için oluşturulan gri iç karşılaştırma matrisi örnek olarak Tablo 13'de gösterilmiştir. Tablo 12 ve Tablo 13 oluşturulurken karar vericilerden subjektif olarak her bir kriterin diğer bir kriterine göre önem derecelerini belirlemeleri istenmiştir. Daha sonra Tablo 2 yardımıyla, yapılan subjektif değerlendirmeler gri sayılara dönüştürülmüştür.

**Tablo 13:** C<sub>1</sub> Kriteri İçin Gri İç Bağımlılıklar Matrisi

	C <sub>5</sub>		C <sub>6</sub>		C <sub>8</sub>	
C <sub>5</sub>	[1,00	1,00]	[0,20	0,33]	[0,33	1,00]
C <sub>6</sub>	[3,00	5,00]	[1,00	1,00]	[3,00	5,00]
C <sub>8</sub>	[1,00	3,00]	[0,20	0,33]	[1,00	1,00]

Benzer değerlendirmeler diğer kriterler için de yapılmış ve ikinci bölümde detaylı olarak açıklanan GANP yöntemi ile Tablo 14'de gösterilen durulaştırılmış kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Gri sayıların durulaştırılması için ikinci bölümde açıklanan eşit ağırlıklı ortalama durulaştırması kullanılmıştır.

**Tablo 14:** Durulaştırılmış Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Durulaştırılmış Kriter Ağırlıkları
C <sub>1</sub>	0,328
C <sub>2</sub>	0,062
C <sub>3</sub>	0,026
C <sub>4</sub>	0,100
C <sub>5</sub>	0,072
C <sub>6</sub>	0,181
C <sub>7</sub>	0,054
C <sub>8</sub>	0,177

Elde edilen durulaştırılmış kriter ağırlıkları Eşitlik (10)'da yerine yazılarak Tablo 15'de gösterilen gri ilişki dereceleri hesaplanmıştır. Gri ilişki derecelerinin birbirlerine bu kadar yakın değerler alması alternatifler arasında bariz farklılıkların bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 15:** Gri İlişki Dereceleri

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
$\gamma(X_i, X_j)$	0,693	0,607	0,668	0,708	0,442

İki seri arasındaki gri ilişki derecesi ne kadar yüksekse o seriler arasındaki geometrik benzerlik o denli yüksek demektir. Ulaşılan sonuçlar incelendiğinde referans seriye geometrik olarak en yakın serinin 0,708 gri ilişki derecesi ile A<sub>4</sub> serisi olduğu görülmektedir. Bu sonuç yapılan değerlendirmeler ışığında en iyi adayın dört numaralı aday olduğunu belirtmektedir. Adayların en iyiden en kötüye sıralanması ise aşağıda gösterildiği gibi gerçekleşmiştir. Bu sıra aynı zamanda karar vericilerin tercih sıralamasını göstermektedir.

$$A_4 > A_1 > A_3 > A_2 > A_5$$

ÇKKV yöntemlerinde farklı kriter ağırlıklarının farklı sonuçlar doğurması olası bir durumdur. Bu amaçla karar vericilerden kriter ağırlıklarının hesaplanması için yapmış oldukları değerlendirmeleri kendilerince makul sınırlar dahilinde değiştirmeleri istenmiştir. Değişik kriter ağırlıkları için beş farklı senaryo denenmiş ve bu senaryolara karşılık gelen gri ilişki dereceleri ve alternatiflerin sıralaması incelenmiştir. Tablo 16'da beş farklı senaryoda kullanılan durulaştırılmış kriter ağırlıkları, Tablo 17'de ise bu kriter ağırlıklarına karşılık gelen gri ilişki dereceleri ve alternatiflerin sıralamaları gösterilmiştir. Tablo 17'deki veriler incelendiğinde A<sub>4</sub> alternatifinin iki farklı senaryoda en iyi bir diğer senaryoda ise ikinci en iyi alternatif olduğu görülmektedir. A<sub>3</sub> alternatifi ise üç farklı senaryoda en iyi, bir senaryoda ise ikinci en iyi alternatif konumundadır. Diğer alternatifler hiçbir senaryoda en iyi alternatif olamamışlardır. Bu durum yapılacak seçimde A<sub>4</sub> veya A<sub>3</sub> alternatifinin seçilmesinin uygun olacağı anlamına gelmektedir.



**Tablo 16:** Farklı Senaryolar İçin Durulaştırılmış Kriter Ağırlıkları

Kriter	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>
Senaryo_I	0,15	0,25	0,05	0,05	0,05	0,2	0,15	0,1
Senaryo_II	0,15	0,15	0,05	0,05	0,2	0,2	0,1	0,1
Senaryo_III	0,12	0,16	0,04	0,2	0,04	0,21	0,12	0,11
Senaryo_IV	0,2	0,2	0,1	0,1	0,05	0,15	0,1	0,1
Senaryo_V	0,15	0,18	0,1	0,12	0,1	0,15	0,15	0,05

**Tablo 17:** Farklı Senaryolar İçin Gri İlişki Dereceleri

$\gamma(X_p, X_j)$		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
Senaryo_I	Derece	0,594	0,660	0,715	0,665	0,427
	Sıra	4	3	1	2	5
Senaryo_II	Derece	0,573	0,639	0,623	0,743	0,461
	Sıra	4	2	3	1	5
Senaryo_III	Derece	0,640	0,642	0,659	0,663	0,423
	Sıra	3	4	2	1	5
Senaryo_IV	Derece	0,641	0,646	0,695	0,641	0,457
	Sıra	3-4	2	1	3-4	5
Senaryo_V	Derece	0,608	0,649	0,688	0,640	0,451
	Sıra	3-4	2	1	3-4	5

Elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacıyla aynı problem TOPSIS, ANP ve ELECTRE yöntemleri kullanılarak çözülmüştür. Tablo 18, adayların TOPSIS yöntemine göre pozitif ideal çözümden ( $S_i^*$ ) ve negatif ideal çözümden ( $S_i^-$ ) uzaklık değerleri ile yakınlık katsayıları ( $C_i^+$ ) ve sıralamalarını göstermektedir. Adaylar diğer ÇKKV yöntemlerine göre değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar ise karşılaştırmalı olarak Tablo 19'de sunulmuştur.

**Tablo 18:** TOPSIS Çözümü

	Uzaklık Değerleri		Sıralama	
	$S_i^*$	$S_i^-$	$C_i^+$	Sıra
A <sub>1</sub>	0,7011	0,6639	0,486	3
A <sub>2</sub>	0,2314	1,0742	0,823	2
A <sub>3</sub>	1,1593	0,1170	0,092	5
A <sub>4</sub>	0,1836	1,0661	0,853	1
A <sub>5</sub>	0,8517	0,3367	0,283	4

**Tablo 19:** Karşılaştırmalı Sonuçlar

Sıralama	TOPSIS	ANP	ELECTRE
1	A <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>
2	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>
3	A <sub>1</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>
4	A <sub>5</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
5	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde A<sub>4</sub> alternatifinin, TOPSIS yöntemine göre yapılan sıralamada birinci, ANP ve ELECTRE yöntemlerine göre yapılan sıralamada ise ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. A<sub>3</sub> alternatifi ise tüm yöntemlerde en kötü alternatif olmuştur. Bu sonuçlara dayanarak her ne kadar farklı yöntemler için farklı sıralamalar elde edilse de A<sub>4</sub> alternatifinin diğerlerine göre daha iyi bir alternatif olduğunu ve yapılacak seçimde bu alternatife öncelik verilmesi gerektiğini söylemek mümkündür.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada hem subjektif hem de objektif kriterlerin yer aldığı personel seçim problemlerinin çözümü için gri sistem teori tabanlı bütünleşik bir yaklaşım önerilmiştir. Kriter ağırlıklarının hesaplanmasında GANP kullanılmıştır. GANP'nin ANP' den farkı ikili karşılaştırmalar sürecinde gri sayıların kullanılmasına izin vermesidir. Bu sayede kesin olmayan yargıları geleneksel ANP'de olduğu gibi tek bir sayı ile göstermek yerine uygun bir aralıkla temsil etmek mümkün olmaktadır. En uygun adayın belirlenmesinde ise GİA'dan yararlanılmıştır. GİA referans seri ile karşılaştırılan serilerin geometrik benzerliklerini ortaya çıkartmaya yönelik etkili bir yöntemdir. Referans seriye benzerlik ne kadar fazla olursa alternatifin tercih edilirliliği o denli yüksek olmaktadır. Elde edilen sonuçları test etmek amacıyla aynı problem TOPSIS, ANP ve ELECTRE yöntemleri kullanılarak çözülmüştür. Ulaşılan sonuçlar dört yöntemin de en iyi aday konusunda hemen-hemen uzlaşma içerisinde olduklarını göstermiştir.

Bu çalışma ile personel seçimi problemlerinin çözümünde gri sistem teori tabanlı yaklaşımların başarı ile uygulanabileceği örnek bir uygulama ile gösterilmeye çalışılmıştır. Personel seçimi için önerilen bütünleşik model; ürün/araç seçimi, tedarikçi seçimi, ulaşım politikalarının belirlenmesi, enerji kaynaklarının önceliklendirilmesi gibi birçok ÇKKV probleminde uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ayub, M., Kabir, J. ve Alam, G.R. (2009) "Personnel Selection Method Using Analytic Network Process (ANP) and Fuzzy Concept" 12th International Conference on Computer and Information Technology, 373-377.
- Chen, M.F. ve Tzeng, G.H. (2004) "Combining Grey Relational and Topsis Concepts for Selecting an Expatriate Host Country" *Mathematical and Computer Modelling*, 40:1473-1490.
- Chen, C.H. ve Tzeng, G.H. (2011) "Assessment Model for Improving Educational Curriculum Materials Based on The DANP Technique with Grey Relational Analysis" *IJISLM*, 6(2): 23-36.
- Chen, C.T., Hwang, Y.C. ve Hung, W.Z. (2009) "Applying Multiple Linguistic PROMETHEE Method for Personnel Evaluation and Selection" IEEE International Conference, 1312-1316.
- Deng, J.L. (1982) "Control Problems of Grey Systems" *Systems & Control Letters*, 5: 288-294.
- Deng, J.L. (1996) "Difference among Grey, Probability, Fuzzy" *Journal of Grey System*, 3: 256-262.
- Dursun, M. ve Karsak, E.E. (2010) "A Fuzzy MCDM Approach for Personnel Selection" *Expert Systems with Applications*, 37:4324-4330.
- Feng, C.M. ve Wang, R.T. (2000) "Performance Evaluation for Airlines Including The Consideration Financial Ratios" *Journal of Air Transport Management*, 6:133-142.
- Gibney, R. ve Shang, J. (2007) "Decision-Making in Academia: A Case of The Dean Selection Process" *Mathematical and Computer Modelling*, 46:1030-1040.
- Goyal, S. ve Grover, S. (2012) "Applying Fuzzy Grey Relational Analysis for Ranking The Advanced Manufacturing Systems" *Grey Systems: Theory and Application*, 2(2):284-298.
- Güngör, Z., Serhadlıoğlu, G. ve Kesen, S.E. (2009) "A fuzzy AHP Approach to Personnel Selection" *Applied Soft Computing*, 9:641-646.
- Hsu, P.F. (2012) "Selection Model Based on ANP and GRA for Independent Media Agencies" *Quality & Quantity*, 46(1): 1-17.
- Jadidi, O., Hong, T.S., Firouzi, F. ve Yusuf, R.M. (2008) "An Optimal Grey Based Approach Based on TOPSIS Concepts for Supplier Selection Problem" *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 4(2):104-117.
- Jharkharia, S. ve Shankar, R. (2007) "Selection of Logistics Service Provider: An Analytic Network Process (ANP) Approach" *Omega*, 35:274-289.
- Kabak, M., Burmaoğlu, S. ve Kazancıoğlu, Y. (2012) "A Fuzzy Hybrid MCDM Approach for Professional Selection" *Expert Systems with Applications*, 39(3):3516-3525.
- Kelemenis, A.M. ve Askounis, D. (2010) "A New TOPSIS-Based Multi-Criteria Approach to Personnel Selection" *Expert Systems with Applications*, 37(7):4999-5008.
- Kose, E., Temiz, I. ve Erol, S. (2011) "Grey System Approach for Economic Order Quantity Models Under Uncertainty" *The Journal of Grey System*, 1:71-82.
- Lazarevic-Petrovic, S. (2001) "Personnel Selection Fuzzy Model" *International Transactions in Operational Research*, 8:89-105.
- Li, G.D., Yamaguchi, D. ve Nagai, M. (2007) "A Grey-Based Decision-Making Approach to The Supplier Selection Problem" *Mathematical and Computer Modeling*, 46:537-581.
- Liu, S. ve Lin, Y. (2006) "Grey Information: Theory and Practical Applications" *Springer*, 11-21.
- Mohammad, Y.N., Vahid, B. ve Majid, A. (2011) "Planning a Model for Supplier Selection with AHP and Grey Systems Theory" *Business and Management Review*, 1(7):09-19.
- Mohanty, R.P., Agarwal, R., Choudhury, A.K. ve Tiwari, M.K. (2005) "A Fuzzy ANP Based Approach to R&D Project Selection: A Case Study" *International Journal of Production Research*, 43(24):5199-5216.
- Onut, S., Kara, S.S. ve Isık, E. (2009) "Long Term Supplier Selection Using a Combined Fuzzy MCDM Approach: A Case Study for a Telecommunication Company" *Expert Systems with Applications*, 36:3887-3895.
- Pramanik, S. ve Mukhopadhyaya, D. (2011) "Grey Relational Analysis Based Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Group Decision-Making Approach for Teacher Selection in Higher Education" *International Journal of Computer Applications*, 34(10):21-29.
- Saaty, T.L. (1985) *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (1996) *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, Pittsburgh, RWS Publications.
- Saaty, T.L. (2000) *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with Analytic Hierarchy Process*, Pittsburgh, RWS Publications.
- Song, Q. ve Jamalipour, A. (2005) "An Adaptive Quality-of-Service Network Selection Mechanism for Heterogeneous Mobile Networks" *Wireless Communications and Mobile Computing*, 5: 697-708.

Song, Q., Shepperd, M. ve Mair, C. (2005) "Using Grey Relational Analysis to Predict Software Effort with Small Data Sets" 11th IEEE International Software Metrics Symposium, 10-35.

Wang, D. (2009) "Extension of TOPSIS Method for R& D Personnel Selection Problem with Interval Grey Number" International conference on IEEE IEEM, 1-4.

Wen, K.L. (2004) *Grey Systems: Modeling and Prediction*, Tucson USA, Yang Sky Scientific Press.

Wu, H.H. (2002) "A Comparative Study of Using Grey Relational Analysis in Multiple Attribute Decision-Making Problems" *Quality Engineering*, 15(2): 209-217.

Wu, Q. ve Luyan, L. (2012) "Research on Investment Decision-Making of Construction Engineering Projects Based on the Grey Relation Grade" *Advanced Science Letters*, 15(1): 407-409.

Yeh, M.F. ve Lu, H.C. (2000) "Evaluating Weapon Systems Based on Grey Relational Analysis and Fuzzy Arithmetic Operations" *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 23(2):211-221.

Zhang, S.F. ve Liu, S.Y. (2011) "A GRA-Based Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Group Decision Making Method for Personnel Selection" *Expert Systems with Applications*, 38: 11401-11405.

