

EN UYGUN OTOMOBİLİN GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ VE ELECTRE YÖNTEMLERİ İLE SEÇİMİ

AN OPTIMAL AUTOMOBILE SELECTION BY USING GREY RELATIONAL ANALYSIS AND ELECTRE METHODS

Arş.Gör. Bilal ŞİŞMAN¹
Doç.Dr. Ali ELEREN²

ÖZET

Otomobil sektörü, yapısındaki çeşitlilik ve rekabetçi özelliğinden dolayı müşterilere birçok marka ve model sunmaktadır. Her bir marka ve model arasında şekil ve fiziksel donanım yönünden farklılıklar vardır. Bu farklılıklar müşterilerin daha kolay ve güvenilir karar vermelerine yardımcı olmaktadır. Otomobil firmaları için bu zamana kadar yapılan çok kriterli seçim modeli tekniklerinin uygulaması çok fazla değildir. Bu yüzden çalışmada iki metodun birden kullanılması literatüre yenilik katmıştır. Çalışmanın amacı, model yılı, bugüne kadar kat edilen mesafe, fiyat, yakıt tüketimi, bagaj büyüklüğü, performans ve motor gücü gibi nicel özellikler ve yakıt sistemi, şanzıman tipi, renk gibi nitel özelliklere sahip kriterler ile farklı marka otomobiller arasından en uygun olanını seçmektir. Çalışmada otomobil satın alma kararı için ELECTRE ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) çok kriterli karar yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda yöntemler birbirinden farklı sonuçlar vermiştir. Karar verici hangi kriterlerin kendisi için daha çok önemli olduğunu düşünerek hareket etmeli ve seçimini ona göre yapmalıdır.

ABSTRACT

Due to its inherent diversity and competitiveness, automobile industry offers variety of brands and models. There are hardware&shape-related differences between each single brand and model. These differences helps the clients make easier and reliable decisions. So far, there are not too many multi-criteria choosing models developed for automobile industry. Therefore, the application of two different methods in this study has contributed innovation to the literature. The purpose of this study is to choose the most appropriate car among various brands&models using criteria implying quantitative (such as model year, the distance traveled to date, price, fuel consumption, trunk size, engine power, performance etc.) and qualitative (such as fuel system, transmission type, color, etc.) features.

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, bsisman@aku.edu.tr

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, aeleren@hotmail.com

In the current study, ELECTRE and GRA (Gray Relational Analysis) multi-criteria methods have been used for car-purchasing decision. As a result, the methods produced different conclusion. The decision-maker should develop action with the awareness of which criteria have much more important for himself and he should make his choice accordingly.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Electre, Gri İlişkisel Analiz, Otomobil Seçimi

Keywords: Multi-criteria Decision Making, Electre, Gri Relational Analysis, Automobile Selection

1. GİRİŞ

İnsanlar, büyük şehir merkezlerindeki nüfusun artışı ve şehirlerin genişlemesi ile taşıma araçlarına daha fazla ihtiyaç duymaktadırlar. Hükümet politikaları, altyapı gelişmişlik seviyesi ve ekonomi gibi daha birçok faktöre bağlı olarak ülkelerin ulaşım için kullanabileceği pek çok seçenek vardır. Bu seçeneklerden biri de otomobillerdir. Otomobil satın alma kararı vermek bir birey için oldukça önemlidir. İnsanlar otomobil satın alırken sadece fiyatına bakarak satın almazlar. Güvenlik, yakıt, performans vs. gibi kriterler de karar vermede etkilidir. Her kriterin önem derecesi (ağırlığı) farklı olabilir ve genelde herkes aynı kriter ağırlığına göre değerlendirme yapmaz. Bazı insanlar için fiyat daha önemli iken bazıları için güvenlik veya performans daha önemli olabilir.

Çok seçenekli karar verme problemlerinde, hangi alternatifin en iyi olduğunu bulmak çok karmaşık bir işlemdir (Brans ve Mareschal, 1998). Bu yüzden, müşteriler otomobil satın alma kararını vermeden önce uzmanlara danışma, onların fikirlerini alma, farklı kriterleri derecelendirme ve bu kriterler için farklı alternatifleri değerlendirme yollarına giderler. Müşteriler için ekonomi, sosyal, teknik ve kişisel davranışlar kadar otomobilin teknik özellikleri, performansı ve güzelliği de önemlidir (Yousefi ve Vencheh, 2010).

Otomobil seçimine ilişkin çalışmalarda genel amaç belirlenen kriterlere göre en uygun seçeneğin seçilmesidir. Güngör ve İşler (2005), AHP yöntemi ile tüketicilerin objektif kriterlerinin yanında bulanık subjektif kriterleri de dikkate alarak otomobil seçim sorununa çözüm önerisi sunmuşlardır. Terzi v.d (2006), otomobil seçmek amacıyla, satın alıcı ve satıcının etkilerini hesaba katarak AHP ve hedef programlama yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Ballı v.d (2007), otomobil seçim problemi için dilsel değerlerle ifade edilen kriterlere göre PROMETHEE metodu kullanmışlardır. 7 farklı otomobil modelini, 4 ayrı kritere göre değerlendirilerek karar vericinin en iyi sonuca ulaşması amaçlanmıştır.

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile ilgili geliştirilen ve uygulanan pek çok çalışma vardır. ELECTRE ve PROMETHEE teknikleri rüzgâr santral projelerinin ve hidroelektrik santral projelerinin seçiminde (Atıcı ve Ulucan, 2009), TOPSIS ve ELECTREE yöntemleri coğrafi

verilerden yararlanarak ideal katı atık sahası seçimine yönelik en uygun katık atık depolama bölgesini belirlemede (Baysal ve Tecim, 2006), ELECTRE ve AHP teknikleri en uygun tedarikçinin seçilmesinde (Soner ve Önüt, 2006), ELECTRE metodu ulaştırma yatırımlarının değerlendirilmesinde (Karacasu,2007) kullanılmıştır.

Performans ölçümünde kullanılan Gri İlişkisel Analiz (GİA) tekniği; finansal oranlar kullanılarak havayolu şirketlerinin performanslarının ölçülmesinde (Feng ve Wang, 2000), finansal oranlar yardımıyla Avusturya'daki üç büyük bankanın performanslarını kıyaslanmasında (Chan ve Tong, 2007), şirket performansına en fazla etkileyen oranların hangisinin olduğunun tespitinde (Yuan, 2007) kullanılmıştır.

Otomobil sektöründe müşterilere çok çeşitli marka ve modeller sunulmaktadır. Her bir marka ve model arasında fiziksel donanım ve şekil yönünden farklılıklar vardır. Aynı zamanda tüketiciler de otomobil satın almadan önce birçok kriteri göz önünde bulundurup karar vermektedirler. Çalışmada otomobil seçimi için model yılı, bugüne kadar kat edilen mesafe, renk, bagaj büyüklüğü ve motor gücü dikkate alınmıştır. Aynı zamanda fiyat, yakıt sistemi, şanzıman tipi, performans, yakıt tüketimi gibi teknik özelliklerde yer almaktadır. Çalışmanın amacı, hem nitelik hem de nicelik özelliklere sahip bu kriterler ile farklı marka otomobiller arasından en uygun olanını seçimi sağlamak için Electre ve GİA yöntemleri kullanılmış ve karar vericiye iki farklı seçenek sunulmuştur. Bu tekniklerin çalışmada tercih edilmesinin nedeni, hem nitel hem de nicel verileri analiz etmede kullanışlı olması ve daha önce en uygun otomobil seçimi çalışmalarında kullanılmamış olmasıdır. Çalışma bir otomobil satın almak isteyen müşteriye, birden fazla yöntem ile farklı açılardan bakmasına yardımcı olabilecek niteliğe sahiptir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çok kriterli karar modellerinden GİA ve ELECTRE yöntemlerinden bahsedilmiş ve adım adım uygulama süreçleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde otomobil satın alma üzerine bir uygulama yapılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar yer almaktadır.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR MODELLERİ

Çok kriterli bir karar probleminde, en uygun seçeneğin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), (ELECTRE) ve gibi ispatlanmış ve uygulanabilir birçok model vardır. Bu bölümde Gri İlişkisel Analiz ve ELECTRE yöntemlerinden bahsedilecektir.

2.1. Gri İlişkisel Analiz

Çok kriterli karar verme teknikleri, farklı kriterleri dikkate alan kararların sağlıklı verilmesinde kullanılmaktadır. Bu teknikler arasında en göze çarpanlarından biri de gri ilişkisel analizdir. İlk defa 1982 yılında Prof. Julong Deng (1989) tarafından ortaya atılan “gri teori” fikri, bugün “GRI İLİŞKİSEL ANALİZ” (GİA) adıyla etkin olarak kullanılan yöntemin temelini oluşturmuştur. Çok değişkenli istatistiklerle dağılım gereksimi ihtiyacı olmayan, yeterli veri içermeyen ve belirsizlik nedeniyle

modellenemeyen problemlerde gri teori çözüm önermektedir. Son yirmi yılda gri sistem teorisi, farklı disiplinlerde kullanılan popüler bir analiz yöntemi olmuştur (Üstünişik, 2007). GİA kesinlik içermeyen ve yetersiz bilginin olduğu durumlarda ortaya çıkan ve böyle bir ortamda işletme yöneticilerine doğru kararın verilmesinde yardımcı olan bir karar verme yöntemidir (Chan ve Tong, 2007).

Peker ve Baki (2011)'ye göre, GİA altı adımdan oluşmaktadır. Bu adımlarda yapılacak işlemler maddelerde açıklanmıştır.

i. Karar Matrisinin Oluşturulması

$m \times n$ 'lik karar matrisinde m alternatifleri n ise kriterleri temsil etmektedir.

$$\begin{array}{cccc} X_1(1) & X_1(2) & \dots & X_1(n) \\ X_2(1) & X_2(2) & \dots & X_2(n) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_m(1) & X_m(2) & \dots & X_m(n) \end{array} \quad (1)$$

(1) numaralı matristeki $X_i(k)$ değeri; i . alternatifin k . kriterini ifade etmektedir.

ii. Referans Serisinin Oluşturulması

Referans serisi çalışmanın uygulama alanına göre değişebilmektedir. Bu çalışmada referans seri $X_0=(1,1,\dots,1)$ şeklinde tanımlanmıştır. Amaç, alternatifler arasından referans seriyeye en yakın olan seriyi bulabilmektir (Özdemir ve Deste, 2009).

iii. Karşılaştırma Serisinin Oluşturulması (Verilerin Normalize Edilmesi)

Eğer göstergeler arasında birbirinden farklı ölçütler kullanılıyorsa, bunları karşılaştırmak oldukça zordur. Bu yüzden verilerin normalize edilmesi gerekmektedir. Bu işlem (2), (3) ve (4) numaralı formüller yardımı ile gerçekleştirilir:

$$Xi(k) = [xi(k) - \min xi(k)] / [\max xi(k) - \min xi(k)] \quad (2)$$

$$Xi(k) = [\max xi(k) - xi(k)] / [\max xi(k) - \min xi(k)] \quad (3)$$

$$Xi(k) = 1 - | xi(k) - ui | / \max | xi(k) - ui | \quad (4)$$

Burada (2) no'lu formül yarar (en büyüklerin en iyisi), (3) no'lu formül maliyet (en kötülerin en iyisi) ve (4) no'lu formül ise ortalama (ideal değer en iyi) tip kriter değerlerini standart değerlere dönüştürmede kullanılır.

iv. Mutlak Değer Tablosunun Oluşturulması

Mutlak değer tablosu için kriterlerin katsayı farklılıkları hesaplanır. Katsayı farklılığı, sıra sayısı ile referans değeri arasındaki farktır. ΔXi katsayı farkı aşağıdaki gibi hesaplanır:

(5)

$$\Delta X_i(k) = | Y_0(1) - X_i(1) |, | Y_0(2) - X_i(2) | \dots | Y_0(n) - X_i(n) |$$

v. *Farklı Veri Dizilerine Ait Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Hesaplanması*

Fark veri dizisi içerisinde Δ_{enb} ve Δ_{enk} değerleri hesaplanır:

Δ_{enb} = dizi içindeki en büyük değişim değeri

Δ_{enk} = dizi içindeki en küçük değişim değeri

$$K(j) = (\Delta_{enk} + \delta \Delta_{enb}) / (\Delta_i(j) + \delta \Delta_{enb}) \quad (6)$$

Formülde geçen $\Delta_i(j)$; Δ_i fark veri dizisindeki j. değeri göstermektedir. δ katsayısı Δ_{enb} veri dizisindeki en uç değeri küçültmek amacıyla kullanılır ve genelde 0,5 alınır.

vi. *Gri İlişki Derecesinin Hesaplanması*

$$\Gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n K(m) \quad (7)$$

(7) nolu denklem i. alternatifin gri ilişki derecesini temsil eder. Eğer kriterler için farklı ağırlıklar söz konusu ise gri ilişkisel derecesi şu şekilde ifade edilir.

$$\Gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n K(m)w(m) \quad (8)$$

(8) no'lu formülde $w(m)$; n. kriterin ağırlığını gösterir. Bütün kriterlerin ağırlıklarının toplamı 1'e eşit olmalıdır. Ağırlıklar Delphi Tekniği ile belirlenmiştir. Tekniğin uygulama aşamasında, konunun uzmanı kişiler ile görüşülmüş ve bir otomobilin kalitesini etkileyen unsurların önem derecesine göre puanlanması sağlanmıştır.

2.2. ELECTRE I Yöntemi

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, alternatif karar noktaları arasında ikili üstünlük kıyaslama ile çalışmaktadır.

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak kriterlerin bulunduğu değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi başlangıç matrisidir ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (X) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisindeki elemanların normalize edilmesidir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (9)$$

Normalizasyon işleminin sonunda X matrisi elde edilir:

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

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması

Her bir değerlendirme faktörünün önemi farklı olabilir. Karar verici bu farklılıkları göz önünde bulundurarak değerlendirme faktörlerine ağırlık (w_i) belirlemek durumundadır ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Daha sonra Y matrisi aşağıda gösterildiği gibi oluşturulmalıdır.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4: Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Setlerinin Belirlenmesi

Y matrisi ile uyum ve uyumsuzluk setleri belirlenir. Alternatif karar noktaları değerlendirme seçenekleri ile birbirlerine göre kıyaslanır ve setler (10) no'lu formülde gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir:

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (10)$$

Formül temel olarak satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır. Çoklu karar problemindeki uyum seti sayısı ($m.m - m$) tanedir. Çünkü uyum setleri oluşturulurken k ve l indisleri için $k \neq l$ olmalıdır. Bir uyum setindeki eleman sayısı ise en fazla

değerlendirme faktörü sayısı (n) tane olabilir. Uyumsuzluk seti elemanları ise, uyum seti dışında kalan elemanlardır (D_{kl}).

Adım 5: Uyum (C) ve Uyumsuzluk Matrislerinin (D) Oluşturulması

Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisinin elemanları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (11)$$

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (12)$$

C matrisi gibi D matrisi de $m \times m$ boyutludur ve $k = l$ için değer almaz. D matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım 6: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması

Uyum üstünlük matrisi (F) $m \times m$ boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin (\underline{c}) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değerinin (\underline{c}) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (13)$$

Formüldeki m karar noktası sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla \underline{c} değeri, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir. F matrisinin elemanları (f_{kl}), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $c_{kl} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 1$, eğer $c_{kl} < \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 0$ dır.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de $m \times m$ boyutludur ve F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri (\underline{d}) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (14)$$

Diğer bir deyişle \underline{d} değeri $\frac{1}{m(m-1)}$ ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir. G matrisinin elemanları da (g_{kl}), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $d_{kl} \geq \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 1$, eğer $d_{kl} < \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 0$ dır.

Adım 7: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması

Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak $m \times m$ boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterir.

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

Örneğin $e_{21} = 1$, $e_{31} = 1$ ve $e_{23} = 1$ değerlerini alır. Bu durumda karar noktaları A_i e ($i = 1, 2, \dots, m$) sembolüyle ifade edilirse, karar noktalarının önem sırası A_2 , A_3 ve A_1 şeklinde oluşacaktır.

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR MODELLERİNİN OTOMOBİL SEÇİMİNDE UYGULANMASI

Çalışmada bazı kriterlere göre birden fazla otomobil markası içinden en uygun olanının seçilmesi için iki çok kriterli karar modeli (GİA ve ELECTRE) kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kriterler; müşterilerin, satıcıların ve teknisyenlerin fikirlerine, uzman görüşlerine ve literatür taramasına dayandırılarak belirlenmiştir. Çok fazla kriter ikili karşılaştırmalarda zorluk çıkmasına neden olduğu için eleme yapılmış ve toplamda 10 kriter belirlenmiştir. Dikkate alınması uygun olan kriterler aracın modeli, aracın bugüne kadar kat ettiği mesafe, fiyatı, yakıt sistemi, şanzıman tipi, rengi, yakıt tüketimi, bagaj hacmi, motor gücü, performansdır.

Veriler internet ortamından (arabam.com, sahibinden.com, arabalar.com, vw.com gibi) temin edilmiştir. Modele dahil edilen otomobil marka ve modeller 40.000–70.000 TL arasında fiyatı olan, sıfır veya ikinci el, 1400–1600 motor hacmine sahip, sedan, benzinli veya dizel özelliklere sahiptir.

Tablo 1: Kriterler ve Açıklamaları

Kriter No	Kriter İsmi	Açıklaması
A1	Model yılı	2011 model için 1, 2012 model için 2 ağırlığı verilmiştir.
A2	Kat edilen mesafe	Kat edilen mesafe km cinsinden olup 10.000'e bölünmüştür.
A3	Fiyat	TL üzerinden otomobil satış fiyatı olup 10.000'e bölünmüştür.
A4	Yakıt sistemi	Dizel için 2, benzinli için 1 ağırlığı verilmiştir.
A5	Şanzıman tipi	Manüel vites için 2, yarı otomatik vites için 3, otomatik vites için 5 ağırlığı verilmiştir.
A6	Renk	Bir haberde yer alan ankette elde edilen veriler göz önüne alınarak renklere ağırlık puanları verilmiştir.
A7	Yakıt tüketimi	Ortalama (şehir içi-şehir dışı) yakıt tüketimi alınmıştır.
A8	Bagaj hacmi	Bagajın litre cinsinden değeridir.
A9	Motor gücü	Aracın beygir gücü (HP) değeridir.
A10	Performans	Aracın 100km/s hıza ulaşma süresidir.

Görüldüğü gibi A1, A4, A5, A6 kriterleri nicel veri olma özelliğine sahiptir. Hesaplama kolaylığı açısından bu veriler sayısallaştırılarak işleme tabi tutulmuştur. Hesaplama adımlarında A1, A4, A5, A6, A8 ve A9 kriterleri en büyük en iyi (EBEİ); A2, A3, A7, A10 kriterleri ise en küçük en iyi (EKEİ) prensibine göre değerlendirilecektir.

Tablo 2: Otomobil Alternatifleri ve Kriterler

Kri	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
	EBEİ	EKEİ	EKEİ	EBEİ	EBEİ	EBEİ	EKEİ	EBEİ	EBEİ	EKEİ
K1	2012	7.000	69.000	dizel	yarı otomatik	beyaz	5	439	112	11,6
K2	2011	9.800	54.500	benzin	otomatik	beyaz	7,2	439	156	9,8
K3	2011	55.000	59.500	dizel	yarı otomatik	beyaz	4,6	439	112	12,6
K4	2012	6.000	49.750	benzin	otomatik	kırmızı	6,8	440	125	12,2
K5	2011	21.000	58.750	dizel	yarı otomatik	beyaz	4,7	510	105	11,7
K6	2012	0	53.100	dizel	otomatik	gümüş	4,5	510	105	11,7
K7	2011	22.000	49.000	dizel	manüel	beyaz	4,5	372	115	10,9
K8	2011	4.300	47.500	benzin	manüel	beyaz	7,2	450	124	11,9
K9	2012	0	58.500	dizel	manüel	gümüş	5,5	450	90	12
K10	2011	17.000	52.750	benzin	manüel	siyah	7,7	500	180	8,9
K11	2011	7.500	61.000	benzin	manüel	beyaz	7,7	500	180	8,9

3.1. Gri İlişkisel Analiz Uygulaması

Kriterlere göre en uygun otomobil seçiminde kullanılan ilk yöntem GİA yöntemidir. Problemin çözümünde, yöntemin adımları tek tek uygulanarak şu sonuçlar elde edilmiştir:

i. Karar matrisinin oluşturulması

Öncelikle $m \times n$ 'lik karar matrisi oluşturulmalıdır.

Tablo 3: Karar Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
K1	2	0,7	6,9	2	3	1	5	439	112	11,6
K2	1	0,98	5,45	1	5	1	7,2	439	156	9,8
K3	1	5,5	5,95	2	3	1	4,6	439	112	12,6
K4	2	0,6	4,975	1	5	0,17	6,8	440	125	12,2
K5	1	2,1	5,875	2	3	1	4,7	510	105	11,7
K6	2	0	5,31	2	5	0,48	4,5	510	105	11,7
K7	1	2,2	4,9	2	2	1	4,5	372	115	10,9
K8	1	0,43	4,75	1	2	1	7,2	450	124	11,9
K9	2	0	5,85	2	2	0,48	5,5	450	90	12
K10	1	1,7	5,275	1	2	0,49	7,7	500	180	8,9
K11	1	0,75	6,1	1	2	1	7,7	500	180	8,9

ii. Referans serisinin eklenmesi

Alternatiflerin referans serisine en yakın olan karşılaştırılabilir serinin bulunması için referans seri oluşturulmalıdır.

Tablo 4: Referans Serisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
RS	2,00	0,00	4,75	2,00	5,00	1,00	4,50	510,00	180,00	8,90
K1	2	0,7	6,9	2	3	1	5	439	112	11,6
K2	1	0,98	5,45	1	5	1	7,2	439	156	9,8
K3	1	5,5	5,95	2	3	1	4,6	439	112	12,6
K4	2	0,6	4,975	1	5	0,17	6,8	440	125	12,2
K5	1	2,1	5,875	2	3	1	4,7	510	105	11,7
K6	2	0	5,31	2	5	0,48	4,5	510	105	11,7
K7	1	2,2	4,9	2	2	1	4,5	372	115	10,9
K8	1	0,43	4,75	1	2	1	7,2	450	124	11,9
K9	2	0	5,85	2	2	0,48	5,5	450	90	12
K10	1	1,7	5,275	1	2	0,49	7,7	500	180	8,9
K11	1	0,75	6,1	1	2	1	7,7	500	180	8,9

iii. Karşılaştırma serisinin oluşturulması ve verilerin normalize edilmesi

Verilerin normalize edilebilmesi için (2) ve (3) numaralı formüller kullanılmıştır. Bu matriste A1, A4, A5, A6, A8 ve A9 kriterleri için (2) numaralı denklem. A2, A3, A7 ve A20 kriterleri içinde (3) numaralı denklem kullanılmıştır.

Tablo 5: Verilerin Normalize Edilmesi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
RS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K1	1,00	0,87	0,00	1,00	0,33	1,00	0,84	0,49	0,24	0,27
K2	0,00	0,82	0,67	0,00	1,00	1,00	0,16	0,49	0,73	0,76
K3	0,00	0,00	0,44	1,00	0,33	1,00	0,97	0,49	0,24	0,00
K4	1,00	0,89	0,90	0,00	1,00	0,00	0,28	0,49	0,39	0,11
K5	0,00	0,62	0,48	1,00	0,33	1,00	0,94	1,00	0,17	0,24
K6	1,00	1,00	0,74	1,00	1,00	0,37	1,00	1,00	0,17	0,24
K7	0,00	0,60	0,93	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,28	0,46
K8	0,00	0,92	1,00	0,00	0,00	1,00	0,16	0,57	0,38	0,19
K9	1,00	1,00	0,49	1,00	0,00	0,37	0,69	0,57	0,00	0,16
K10	0,00	0,69	0,76	0,00	0,00	0,39	0,00	0,93	1,00	1,00
K11	0,00	0,86	0,37	0,00	0,00	1,00	0,00	0,93	1,00	1,00

iv. Uzaklıkların alınması ve mutlak değer tablosunun oluşturulması

Referans serisi ile sıra değerleri arasındaki farklar alınarak katsayı farklılıkları hesaplanır.

Tablo 6: Mutlak Değer Tablosu

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
RS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K1	0,00	0,13	1,00	0,00	0,67	0,00	0,16	0,51	0,76	0,73
K2	1,00	0,18	0,33	1,00	0,00	0,00	0,84	0,51	0,27	0,24
K3	1,00	1,00	0,56	0,00	0,67	0,00	0,03	0,51	0,76	1,00
K4	0,00	0,11	0,10	1,00	0,00	1,00	0,72	0,51	0,61	0,89
K5	1,00	0,38	0,52	0,00	0,67	0,00	0,06	0,00	0,83	0,76
K6	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,83	0,76
K7	1,00	0,40	0,07	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,72	0,54
K8	1,00	0,08	0,00	1,00	1,00	0,00	0,84	0,43	0,62	0,81
K9	0,00	0,00	0,51	0,00	1,00	0,63	0,31	0,43	1,00	0,84
K10	1,00	0,31	0,24	1,00	1,00	0,61	1,00	0,07	0,00	0,00
K11	1,00	0,14	0,63	1,00	1,00	0,00	1,00	0,07	0,00	0,00

v. Gri ilişkisel katsayı matrisinin oluşturulması

Her bir alternatif için gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulur.

Tablo 7: Gri İlişkisel Katsayı Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
W	0,154	0,077	0,173	0,115	0,096	0,038	0,135	0,096	0,077	0,038
K1	1,000	0,797	0,333	1,000	0,429	1,000	0,762	0,493	0,398	0,407
K2	0,333	0,737	0,606	0,333	1,000	1,000	0,372	0,493	0,652	0,673
K3	0,333	0,333	0,473	1,000	0,429	1,000	0,941	0,493	0,398	0,333
K4	1,000	0,821	0,827	0,333	1,000	0,333	0,410	0,496	0,450	0,359
K5	0,333	0,567	0,489	1,000	0,429	1,000	0,889	1,000	0,375	0,398
K6	1,000	1,000	0,657	1,000	1,000	0,444	1,000	1,000	0,375	0,398
K7	0,333	0,556	0,878	1,000	0,333	1,000	1,000	0,333	0,409	0,481
K8	0,333	0,865	1,000	0,333	0,333	1,000	0,372	0,535	0,446	0,381
K9	1,000	1,000	0,494	1,000	0,333	0,444	0,615	0,535	0,333	0,374
K10	0,333	0,618	0,672	0,333	0,333	0,449	0,333	0,873	1,000	1,000
K11	0,333	0,786	0,443	0,333	0,333	1,000	0,333	0,873	1,000	1,000

vi. Gri ilişkisel derecelerinin hesaplanması

Her bir kriterin ağırlığı (w) veya önem derecesi ile gri ilişkisel katsayılar çarpılarak Gri İlişki Derecesi hesaplanmış olur. Kriterlerin önem dereceleri toplamı 1.00'e eşit olmalıdır

Tablo 8: Gri İlişkisel Dereceler

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	GİD
W	0,154	0,077	0,173	0,115	0,096	0,038	0,135	0,096	0,077	0,038	
K1	1,000	0,797	0,333	1,000	0,429	1,000	0,762	0,493	0,398	0,407	0,664
K2	0,333	0,737	0,606	0,333	1,000	1,000	0,372	0,493	0,652	0,673	0,559
K3	0,333	0,333	0,473	1,000	0,429	1,000	0,941	0,493	0,398	0,333	0,571
K4	1,000	0,821	0,827	0,333	1,000	0,333	0,410	0,496	0,450	0,359	0,659
K5	0,333	0,567	0,489	1,000	0,429	1,000	0,889	1,000	0,375	0,398	0,634
K6	1,000	1,000	0,657	1,000	1,000	0,444	1,000	1,000	0,375	0,398	0,848
K7	0,333	0,556	0,878	1,000	0,333	1,000	1,000	0,333	0,409	0,481	0,648
K8	0,333	0,865	1,000	0,333	0,333	1,000	0,372	0,535	0,446	0,381	0,550
K9	1,000	1,000	0,494	1,000	0,333	0,444	0,615	0,535	0,333	0,374	0,655
K10	0,333	0,618	0,672	0,333	0,333	0,449	0,333	0,873	1,000	1,000	0,547
K11	0,333	0,786	0,443	0,333	0,333	1,000	0,333	0,873	1,000	1,000	0,542

GİA çoklu karar yöntemini kullanarak otomobil satın almak isteyen bir müşteri Tablo 8’de çıkan sonuçlara göre, ilk olarak K6, ikinci olarak K1, üçüncü olarak ise K4 otomobilleri tercih edecektir. Çalışmanın bundan sonraki aşamasında, aynı problem birde ELECTRE yöntemi ile uygulanmış ve iki yöntem çıkan sonuçlara göre karşılaştırılmıştır.

3.2. ELECTRE I Uygulaması

Kriterlere göre en uygun otomobil seçiminde kullanılan ikinci yöntem ELECTRE yöntemidir. Yöntemin temelinde alternatiflerin birbiri göre üstünlük ilişkisi vardır. ELECTRE yönteminde uyum ve uyumsuzluk indeksleri vardır. Bu sayede üstünlük ilişkisi kurulabilir. Bu indeksler alternatiflerin seçilmesini sağlayan tatmin veya tatminsizliğin ölçüsünü gösterirler (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010). Problemin çözümünde, yöntemin adımları tek tek uygulanarak şu sonuçlar elde edilmiştir:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Değerlendirme Faktörleri incelendiğinde A2, A3, A7, A10 numaralı kriterlerin EKEİ diğer faktörlerin ise EBEİ olması gerektiği görülmektedir. Tüm kriterlerin değer olarak yönlerinin aynı olması için A2, A3, A7 numaralı kriterlerin değerleri 10’dan, A10 değerleri 20’den çıkartılarak yeni bir veri tablosu oluşturulmuş ve yöntemde yeni tablo kullanılmıştır.

Tablo 9: Normalleştirilmiş Karar Matrisi

	2	9,3	3,10	2	3	1	5	439	112	8,4
	1	9,02	4,55	1	5	1	2,8	439	156	10,2
	1	5	4,05	2	3	1	5,4	439	112	7,4
	2	9,4	5,02	1	5	0,17	3,2	440	125	7,8
	1	7,9	4,12	2	3	1	5,3	510	105	8,3
A=	2	10	4,69	2	5	0,48	5,5	510	105	8,3
	1	7,8	5,10	2	2	1	5,5	372	115	9,1
	1	9,57	5,25	1	2	1	2,8	450	124	8,1
	2	10	4,15	2	2	0,48	4,5	450	90	8
	1	8,3	4,72	1	2	0,49	2,3	500	180	11,1
	1	9,25	3,90	1	2	1	2,3	500	180	11,1

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması

A matrisindeki değerler Denklem (9) yardımı ile standart hale getirilmiştir.

Tablo 10: Standart Karar Matrisi

	0,42	0,32	0,21	0,37	0,27	0,36	0,35	0,29	0,26	0,28
	0,21	0,31	0,31	0,19	0,45	0,36	0,20	0,29	0,36	0,34
	0,21	0,15	0,27	0,37	0,27	0,36	0,38	0,29	0,26	0,25
	0,42	0,32	0,34	0,19	0,45	0,06	0,23	0,29	0,29	0,26
	0,21	0,27	0,28	0,37	0,27	0,36	0,38	0,33	0,24	0,28
X=	0,42	0,34	0,32	0,37	0,45	0,17	0,39	0,33	0,24	0,28
	0,21	0,27	0,34	0,37	0,18	0,36	0,39	0,24	0,26	0,31
	0,21	0,33	0,35	0,19	0,18	0,36	0,20	0,29	0,29	0,27
	0,42	0,34	0,28	0,37	0,18	0,17	0,32	0,29	0,21	0,27
	0,21	0,29	0,32	0,19	0,18	0,18	0,16	0,33	0,41	0,37
	0,21	0,32	0,26	0,19	0,18	0,36	0,16	0,33	0,41	0,37

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

GİA yöntemi uygulamasında her bir otomobil için kullanılan ağırlıklar bu yöntemin uygulamasında da kullanılacaktır. Ağırlıklandırılmış yeni standart karar matrisi şu şekildedir.

Tablo 11: Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi

Y=	0,064	0,024	0,036	0,043	0,026	0,014	0,047	0,028	0,020	0,011
	0,032	0,024	0,053	0,021	0,043	0,014	0,027	0,028	0,027	0,013
	0,032	0,012	0,047	0,043	0,026	0,014	0,051	0,028	0,020	0,009
	0,064	0,025	0,059	0,021	0,043	0,002	0,030	0,028	0,022	0,010
	0,032	0,021	0,048	0,043	0,026	0,014	0,050	0,032	0,018	0,011
	0,064	0,026	0,055	0,043	0,043	0,007	0,052	0,032	0,018	0,011
	0,032	0,020	0,060	0,043	0,017	0,014	0,052	0,023	0,020	0,012
	0,032	0,025	0,061	0,021	0,017	0,014	0,027	0,028	0,022	0,010
	0,064	0,026	0,048	0,043	0,017	0,007	0,043	0,028	0,016	0,010
	0,032	0,022	0,055	0,021	0,017	0,007	0,022	0,031	0,032	0,014
	0,032	0,024	0,046	0,021	0,017	0,014	0,022	0,031	0,032	0,014

Adım 4: Uyum (C_{kl}) ve uyumsuzluk (D_{kl}) setlerinin belirlenmesi

Bu adımda uyum ve uyumsuzluk setleri oluşturulmalıdır. Bu yüzden bütün sıralı değerler tek tek incelenmiş ve Adım 5 ve 6'da uyum ve uyumsuzluk matrisleri hazırlanmıştır.

Adım 5: Uyum (C) ve uyumsuzluk matrislerinin (D) oluşturulması

Tablo 12: Uyum (C) matrisi

C=	0	0,612	0,688	0,478	0,592	0,420	0,574	0,574	0,650	0,612	0,612
	0,517	0	0,746	0,363	0,650	0,248	0,573	0,650	0,421	0,612	0,709
	0,728	0,536	0	0,287	0,612	0,229	0,498	0,536	0,459	0,536	0,709
	0,670	0,843	0,708	0	0,574	0,498	0,497	0,574	0,498	0,747	0,747
	0,652	0,536	0,785	0,421	0	0,363	0,574	0,670	0,593	0,632	0,805
	0,843	0,843	0,881	0,746	0,957	0	0,670	0,708	0,995	0,670	0,843
	0,574	0,613	0,803	0,498	0,727	0,574	0	0,574	0,670	0,709	0,709
	0,459	0,785	0,650	0,536	0,516	0,287	0,708	0	0,517	0,785	0,785
	0,613	0,574	0,651	0,650	0,517	0,382	0,536	0,670	0	0,574	0,747
	0,383	0,651	0,612	0,363	0,516	0,325	0,535	0,574	0,574	0	0,881
	0,421	0,592	0,477	0,363	0,381	0,152	0,573	0,612	0,344	0,822	0

Tablo 13: Uyumsuzluk (D) matrisi

0	0,545	0,348	1	0,374	1	0,733	0,787	1	0,593	0,373
1	0	1	1	1	1	0,983	0,314	1	0,161	0,161
1	0,705	0	1	1	1	1	0,568	1	0,405	0,422
0,952	0,356	0,669	0	0,669	1	0,684	0,356	0,819	0,302	0,356
1	0,733	0,138	1	0	1	1	0,557	1	0,461	0,461
0,383	0,280	0,223	0,177	0,223	0	0,223	0,223	0	0,411	0,411
1	1	0,708	1	0,759	1	0	0,191	1	0,375	0,375
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,621
0,708	0,817	0,272	1	0,272	1	0,348	0,403	0	0,494	0,494
1	1	1	1	1	1	1	0,711	1	0	0,728
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Adım 6: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması

Uyum üstünlük matrisini oluşturulabilmesi için uyum eşik değerinin belirlenmesi gerekir. $\underline{c} = \frac{1}{11*10} \sum_{k=1}^{11} \sum_{l=1}^{11} c_{kl} = 0,596$. F matrisinin elemanları

Tablo 14'teki gibidir.

Tablo 14: Uyum Üstünlük (F) Matrisi

0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0

Uyumsuzluk üstünlük matrisinin oluşturulabilmesi içinde uyumsuzluk eşik değerinin hesaplanması gerekmektedir.

$\underline{d} = \frac{1}{11*10} \sum_{k=1}^{11} \sum_{l=1}^{11} d_{kl} = 0,734$. G matrisinin elemanları Tablo 15'teki gibidir.

Tablo 15: Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrisi

0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0
G=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Adım 7. Toplam Baskınlık Matrisinin Oluşturulması

Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları $(e_{kl}) f_{kl}$ ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi $m \times m$ boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

Tablo 16: Toplam Baskınlık (E) Matrisi

0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0

Adım 8. Karar Noktalarının Önem sırasının Belirlenmesi

Son adımda E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterir. ELECTRE çok kriterli karar yöntemi ile otomobil satın almak isteyen bir müşteri Tablo 16'da çıkan sonuçlara göre ilk olarak K8, ikinci olarak K7 ve K11 modellerini seçecektir.

4. SONUÇLAR

İnsanlar, küreselleşme ile birlikte bütün istek ve ihtiyaçlarını rahatlıkla yerine getirebilmektedirler. Rekabetin yoğun olarak yaşandığı günümüz dünyasında, üreticiler buldukları sektörün en iyisi olmaya

çalışıyorlar. Bu açıdan bakıldığında otomobil sektöründe bulunan üreticiler, her kesime hitap edebilecek çok sayıda marka ve model sunmaktadırlar. Tüketiciler ise çok sayıda seçeneğin bulunduğu böylesi bir ortamda otomobil satın alırken birçok faktörü göz önünde bulundurup ardından karar vermek zorundadırlar. Çalışmada kullanılan yöntemlerin formülasyon kolaylığına ve bilgisayar aracılığı ile kısa sürede hesaplanabilme özelliğine sahip olması tüketicilerin yaşadığı bu zorluğu ortadan kaldırmaktadır.

Çalışmada birden fazla alternatifin ve kriterin olduğu otomobil seçim probleminde çok kriterli karar yöntemlerinden GİA ve ELECTRE yöntemleri kullanılmıştır. GİA yöntemi, müşteriye sırasıyla K6, K1 ve K4 otomobil modellerini sunarken ELECTRE yöntemi sırasıyla K8, K7 ve K11 modellerini sunmuştur. ELECTRE yöntemi, müşterilerin bir seçeneğe karar vermeden önce tatmin olma ve doyumsuzluk kriterlerini dikkate aldığından dolayı maliyet odaklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca ELECTRE yönteminde araçların model yılı ve kat edilen mesafe kriterleri karar vermede etkili olmuştur. Burada karar verici hangi kriterlerin kendisi için daha çok önemli olduğunu düşünerek hareket etmeli ve seçimini ona göre yapmalıdır.

Karar vericiler, özellikle çok kriterli karar ortamlarında bütün alternatifleri değerlendirmeli ve kendisi için en uygun alternatifi seçmelidir. Gelecek çalışmalarda, bir anket yardımıyla müşterilerin davranışları gözlemlenebilir ve Veri Zarflama Tekniği gibi metotlar ile alternatifler arasında verimlilik ölçümü yapılabilir.

KAYNAKÇA

1. ATICI, Kazım Barış ve Aydın Ulucan, (2009), “Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 27, Sayı 1, s.161–186.
2. BALLI, Serkan, Bahadır Karasulu ve Serdar Körükoğlu, (2007), “En Uygun Otomobil Seçimi Problemi için Bir Bulanık Promethee Yöntemi Uygulaması”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt 22, Sayı 1, s.139–147.
3. BAYSAL, Gökçe ve Vahap Tecim, (2006), “Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizinin Coğrafi Bölge Sistemler (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleriyle Uygulaması”, *Fatih Üniversitesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, İstanbul.
4. BRANS, Jean-Pierre ve Bruna Mareschal, (1998), *How To Decide With Promethee*, Visual Decision Inc. Montreal, Canada, <<http://www.visualdecision.com>>.
5. CHAN, Joseph ve Thomas Tong, (2007) “Multi-criteria Material Selections and-of-life Product Strategy: *Grey Relational Analysis Approach*”, *Materials and Design*, Cilt 28, Sayı 5, s.1539–1546.

6. DENG, Julong L. (1989) ,“Introduction to Grey System”, *The Journal of Grey System*, Cilt 1 Sayı 1, s.1–24.
7. ERTUĞRUL, İrfan ve Nilsen Karakaşoğlu, (2010), “Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 25 Sayı 2, s.23–41.
8. FENG, Cheng-Min ve Rong-Tsu Wang, (2000), “Performance Evaluation for Airlines Including the Consideration of Financial Ratios”, *Journal of Air Transport Management*, Cilt 6, Sayı 3, s.133–142.
9. GÜNGÖR, İbrahim ve Didar Büyüker İşler, (2005), “Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi”, *Zonguldak Kara Elmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 1 Sayı 2, s.21–33.
10. KARACASU, Murat, (2007), “Kentiçi Toplu Taşıma Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Karar Destek Modeli (Electre Yöntemi) Kullanımı”, *7. Ulaştırma Kongresi*, İstanbul.
11. ÖZDEMİR, Ali İhsan ve Mustafa Deste, (2009), “Gri İlişkisel Analiz ile Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt 38 Sayı 2, s.147–156.
12. PEKER, İskender ve Birdoğan Baki, (2011), “Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile Türk Sigortacılık Sektöründe Performans Ölçümü”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Cilt 4, Sayı 7, s.1–17
13. SONER, Selin ve Semih Önüt, (2006), “Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Bir Electre-Ahp Uygulaması”, *Journal of Engineering and Natural Sciences-Sigma*, Cilt 4, s.110–120
14. TERZİ, Ümit, Sinan Emre Hacaloğlu, ve Zerrin Aladağ, (2006), “Otomobil Satın Alma Problemi için Bir Karar Destek Modeli”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 5 Sayı 10, s.43–49.
15. ÜSTÜNİŞİK, N.Z. (2007) *Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
16. YOUSEFİ, Ali ve Abdollah Hadi Vencheh, (2010), “An Integrated Group Decision Making Model an Its Evaluation by DEA for Automobile Industry”, *Expert Systems With Applications*, Cilt 37, Sayı 12, s.8543–8556.
17. Yuan, Xiong. (2007), “Grey Relation Evaluation of Financial Situation of Listed Company”, *Journal of Modern Accounting and Auditing*, Cilt 3, Sayı 2, s. 41–44.
18. ZHAİ, Lian-ying, Li-Pheng Khoo, ve Zhao-Wei Zhong, (2009), “Design Concept Evaluation in Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis”, *Expert System with Applications*, Cilt 36, Sayı 3, s.7072–7079.