



BİR TOPTAN GIDA İŞLETMESİNDE BÜTÜNLEŞİK SHANNON ENTROPI-GRI İLİŞKİSEL ANALİZ YÖNTEMİYLE NAKLİYE FİRMASI SEÇİMİ

Süleyman ÇAKIR¹

Özet

Lojistiğin en önemli bileşenlerinden birisi olan taşıma fonksiyonu, toplam lojistik maliyetleri içinde %40'lara varan önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle fiziksel dağıtımda dış kaynak kullanımını tercih eden işletmeler nakliye firması seçiminde özenli davranmalıdır. Stratejik önemiyle kıyaslandığında, literatürde nakliye firması seçimi problemini ele alan çalışma sayısının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada bütünleşik Shannon Entropi ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) modeliyle Türkiye'de faaliyet gösteren bir toptan gıda işletmesi için nakliye firması seçimi yapılmıştır. Uygulama sonucunda, bütünleşik Shannon Entropi-GİA yönteminin nakliye firması seçimi yanında diğer çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinin çözümünde de kullanılabilir, pratik bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Taşıma Lojistiği, Nakliye Firması Seçimi, Entropi Yöntemi, Gri İlişkisel Analiz.*

Transportation Firm Selection in Wholesale Food Company with Integrated Shannon Entropy-Grey Relational Analysis Method

Abstract

Transportation function is one of the crucial components of logistics with approximately %40 percentages of logistics costs. Thus, firms that outsource their physical distributions need to be careful in selecting the appropriate transportation

¹ Yrd.Doç.Dr., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama A.B.D.

firm. Compared with its strategic importance, the number of the studies concerning transportation firm selection in the literature is not sufficient. In this context, transportation firm selection for a wholesale food company operating in Turkey is employed by using integrated Shannon Entropy-Grey Relational Analysis (GRA). Consequently, it is concluded that combined Shannon Entropy-GRA method is an appropriate tool to solve multi-criteria decision making (MCDM) problems along with transportation firm selection.

Key Words: *Transportation logistics, Transportation firm selection, Entropy method, Grey relational analysis.*

1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler yoğun rekabetin yanında, müşteri istek ve beklentilerinin sürekli değişimi ve baş döndürücü teknolojik gelişmeler nedeniyle temel yeteneklerine (core competences) odaklanıp, diğer işletme fonksiyonlarını yerine getirmek için dış kaynak kullanma (outsourcing) yoluna gitmektedirler. Dış kaynak kullanımı “daha önce işletmenin iç dinamikleriyle yerine getirilen faaliyet ve süreçlerin bir dış partiye transferi” şeklinde tanımlanmaktadır (Ellram ve Billington, 2001:16). Buradaki “dış parti” ifadesiyle ana işi lojistik faaliyetleri olan üçüncü parti lojistik (3PL) firmaları kastedilmektedir. Türkiye’de faaliyet gösteren lojistik derneği (LODER)’in tanımına göre 3PL, “tedarik zinciri içindeki temel lojistik faaliyetlerden birkaçının (ardışık olarak en az üç farklı faaliyet, örneğin depolama, nakliye ve stok yönetimi) uzman lojistik firmalar tarafından üstlenilmesidir” (Keskin, 2008:74). İşletmeler 3PL şirketleriyle çalışarak temel yeteneklerine odaklanmalarının yanında önemli maliyet avantajları sağlamaktadır.

Türkiye’deki işletmeler lojistik faaliyetlerinin %85’ini kendi iç bünyesinde gerçekleştirmekte, sadece %15’inde dış kaynak kullanımı yoluna gitmektedir. Dış kaynak kullanımı sonucunda maliyetlerde %15-20 oranında düşüş sağlanabilmektedir (Babacan, 2003:12). Türkiye’deki işletmelerde dış kaynak kullanımı genelde taşıma ve depolama hizmetlerinde görülmektedir. Lojistiğin en önemli bileşenlerinden birisi olan taşıma fonksiyonu, toplam lojistik maliyetler içinde %40’lara varan önemli bir paya sahip olduğu halde henüz yeteri kadar incelenmemiştir (Köfteci ve Gerçek, 2010:5092). Müşterilere “değer” taşıyan taşıma faaliyeti stratejik bir fonksiyondur. Bu nedenle fiziksel dağıtım faaliyetlerinde dış kaynak kullanan işletmeler nakliye firması seçiminde özenli davranmalıdır. Taşıyıcı firma seçiminde karar verici birçok veriyi analiz etmek ve birçok faktörü dikkate almak zorundadır (Öztürk vd., 2008:785). En önemli sorun, genelde birbiriyle çelişen ve farklı ölçüm birimlerine sahip hedeflerin önceliklerinin belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Diğer bir sorun ise “geç teslimat” gibi

nitel faktörlerin değerlendirilmesiyle ilgilidir (Kulak ve Kahraman, 2005:192).

Literatürde taşıma lojistiğinin, çok amaçlı ulaştırma problemi olarak ele alındığı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Bunlar arasında Verma vd. (1997), Chanas ve Kuchta (1998), Li ve Lai (2000), Avineri vd. (2000) ve Liu ve Kao (2004)'nun çalışmaları gösterilebilir. Literatürdeki diğer çalışmaların genellikle nakliye firmalarının performansının ölçülmesine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak, Veri Zarflama Analizi (VZA) ile (Bowlin, 2004; Capobianco ve Fernandes, 2004; Scheraga, 2004; Liang vd. 2006), bulanık karar verme yöntemleri yardımıyla (Wang, 2009; Wang ve Lee, 2007), TOPSIS kullanılarak (Feng ve Wang, 2001), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yardımıyla (Steuer ve Na, 2003), bütünleşik bulanık AHP ve bulanık aksiyomatik tasarım algoritmaları kullanılarak (Çelik vd., 2009) ve Tobit analizi yardımıyla (Scheraga, 2004) finansal performans ölçümü yapılan çalışmalar verilebilir.

Literatürde nakliye firması seçimi probleminin ele alındığı çalışmaların az sayıda olduğu görülmektedir. Kulak ve Kahraman (2005) çalışmalarında, bulanık aksiyomatik tasarım ve bulanık AHP tekniklerini kullanarak uluslararası bir firmanın yük taşıma firması seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada beş değerlendirme kriteri kullanılarak dört alternatif arasından en uygun firma seçimi yapılmıştır. Uygulamada klasik AHP ve klasik aksiyomatik tasarım teknikleri ile elde edilen sonuçlar, bulanık AHP ve bulanık aksiyomatik tasarım yöntemleri ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bir başka çalışmada Öztürk vd. (2008), Denizli makine imalat sanayinde faaliyet gösteren bir işletmenin nakliye firması seçim problemi için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Firma yetkilileriyle görüşülerek belirlenen dokuz kritere göre altı alternatif arasından en uygun firma seçiminin yapıldığı uygulama sonucunda her iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Qureshi vd. (2009) ise Analitik Ağ Süreci (AAS) yaklaşımıyla üç alternatif arasından nakliye firması seçimini gerçekleştirmiştir. Uygulamada AAS modeli olarak Meade ve Sarkis (1999) ile Jharkharia ve Shankar (2007) tarafından geliştirilen toplam ağırlık kriteri yaklaşımı kullanılmıştır. Özgen ve Tanyaş (2011), Türkiye'de faaliyet gösteren ve Asya ve Avrupa ülkelerine ihracat yapan bir firma için gümrük müşavirliği ve uluslararası karayolu taşımacılığı yapacak bir firma seçim problemini ele aldıkları çalışmalarında, değerlendirme kriterleri arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkilerini de dikkate almak amacıyla bulanık AAS yöntemini kullanmışlardır. Wang ve Chen (2011), Kulak ve Kahraman (2005)'in çalışmalarında yer alan nakliye firması seçim problemine uyumlu bulanık tercih ilişkileri (consistent fuzzy preference relations) ve bulanık dilsel tercih ilişkileri (fuzzy linguistic preference relations) tekniklerini uygulamıştır. Elde edilen sonuçlar Kulak ve Kahraman

(2005) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Kabir ve Sumi (2012) çalışmalarında, Bangladeş'te faaliyet gösteren otomobil aküleri imalatı yapan bir fabrikanın tehlikeli endüstriyel atıklarının nakliyesi için uygun firma seçim problemini ele almışlardır. Uygulamada, bulanık Delphi yöntemi ile Graph teorisi ve Matris yaklaşımı (graph theory and matrix approach-GTMA) yönteminin bütünleşik kullanımı tercih edilmiştir. İlk aşamada, bulanık Delphi tekniğiyle en önemli değerlendirme kriterleri ve aday nakliye firmaları belirlenmiş, ikinci aşamada ise GTMA yöntemiyle firmalar sıralanmıştır.

Nakliye firması seçim kararı birbiriyle çelişebilen, kantitatif kriterler yanında uzman görüşlerini gerektiren kalitatif kriterleri de içeren ve işletmelerin rekabet avantajını doğrudan etkileyen stratejik bir karardır. Bir sistemde var olan eksik bilgi ve belirsiz ilişkiler o sistemin geleneksel yöntemlerle analizini zorlaştırmaktadır. Deng (1982) tarafından literatüre kazandırılan Gri sistem teorisi belirsiz, zayıf ve eksik bilgiyle karakterize edilen problemlerin çözümüyle ilgilenen pratik bir tekniktir. Bu bağlamda nakliye firması seçimi gri bir sistem olarak kabul edilebilir. Gri sistemin, minimum veri gerekliliği, kullanım kolaylığı ve beklenen değerlerin mantıklı olması gibi özellikleri klasik regresyon analizine karşı avantajlı yönleridir (Lu vd., 2008:2557). Gri sistem teorisinin önemli bir alt modellemesi olan GİA, alternatiflerin niceliksel değerlendirilmesi ve çoklu faktörler arasındaki karmaşık ilişkileri çözmek için uygun bir tekniktir.

Nakliye firması seçimi çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olduğundan değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması önemli bir aşamadır. Literatürde kriter ağırlıklandırma yöntemleri subjektif ve objektif yöntemler şeklinde ikiye ayrılmaktadır (Ma vd., 1999). Delphi ve AHP gibi subjektif yöntemlerde kriter sayısı arttığında tutarlı bir değerlendirme yapmak zorlaşmakta, ayrıca elde edilen ağırlıklar bir anlam ifade etmemektedir (Jessop, 2004). Subjektif yöntemlerin bahsedilen kısıtları nedeniyle literatürde bazı objektif ağırlıklandırma teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlere örnek olarak Shannon Entropi yöntemi (Shannon, 1948), CRITIC Yöntemi (Diakoulaki vd., 1995) ve Çok Hedefli Programlama (Choo ve Wedley, 1985) verilebilir. Bu yöntemlerde karar vericilerin yargılarına başvurmadan, matematiksel programlama tekniklerinden yararlanarak kriterler ağırlıklandırılmaktadır. Shannon Entropi yöntemi sosyal bilimlerin özellikle ekonomi ve yönetim bilimi alanlarında seçim, değerlendirme ve karar verme amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Ying ve Ru-chao, 2010:583). Shannon Entropi tekniğiyle elde edilen kriter ağırlıkları değerlendirme sisteminin düzensizlik derecesini ifade etmekte ve sistemdeki yararlı bilginin bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir.

Literatürde Shannon Entropi ve GİA yöntemlerinin bütünleşik kullanıldığı çalışmaların sayısında son yıllarda artış görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak, lojistik merkezi kuruluş yeri seçimi probleminin ele alındığı (Feng ve Yuan, 2011), 3PL şirketlerinin performanslarının karşılaştırıldığı (Ying ve Ru-chao, 2010), enerji nakil hatlarının operasyonel riskinin değerlendirildiği (Huang vd., 2010), personel seçiminin yapıldığı (Zhang ve Liu, 2012), bilgisayar kullanımının performansa etkisinin ölçüldüğü (Chou ve Tsai, 2009) ve konteyner şirketlerinin performansının değerlendirildiği (Lee vd, 2012) çalışmalar gösterilebilir.

Konunun stratejik önemi ve literatürdeki ilgili çalışma sayısı göz önüne alındığında nakliye firması seçimi problemini ele alan çalışma sayısının yetersiz olduğu görülmektedir. Literatürdeki bu eksikliği gidermeye katkı sunmak amacıyla bu çalışmada Shannon Entropi ve GİA yöntemlerinin melez kullanımıyla Türkiye’de faaliyet gösteren bir toptan gıda işletmesi için nakliye firması seçimi ele alınmıştır. Çalışmanın diğer bir amacı da önerilen modelin ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılabilir, pratik bir model olduğunun gösterilmesidir. Uygulamanın ilk aşamasında değerlendirmeye alınan yedi kriter Shannon Entropi tekniğiyle ağırlıklandırılmıştır. İkinci aşamada bu ağırlıklar kullanılarak GİA yöntemiyle beş alternatif arasından en uygun nakliye firması seçimi yapılmıştır. Kriter ağırlıklarının Shannon Entropi yöntemiyle belirlenmesi objektif bir değerlendirme yapmayı ve GİA’nın tahmin gücünü artırmayı sağlamaktadır.

Çalışmanın diğer bölümleri aşağıda belirtildiği gibi organize edilmiştir. İkinci bölümde Shannon Entropi ve GİA teknikleri tanıtılmıştır. Üçüncü bölümü çalışmanın uygulama kısmı oluşturmaktadır. Dördüncü bölümde sonuç ve öneriler yer almaktadır.

2. YÖNTEM

Aşağıda, çalışmada kullanılan Shannon Entropi ve GİA yöntemlerinin algoritmaları hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. Shannon Entropi Yöntemi

Gürültülü kanallarda bilginin iletimiyle ilgilenen Shannon (1948) tarafından, hesaplamalarındaki benzerlikten dolayı bilgi teorisine adapte edilen Entropi kavramı, belirli bir mesajın beklenen içeriğini ölçmektedir. Bu sayede mesajın tek yönlü olarak ilerlemesi sırasındaki bilgi kaybının miktarı belirlenmektedir. Kesikli olasılık dağılımı p_1, \dots, p_k ile gösterilen ve p_i 'ler arasındaki geniş varyasyonlu dağılımların küçük varyasyonlu dağılımlardan daha fazla bilgi (veya belirsizlik) içerdiğini belirtmektedir

(Chan vd. 1999: 2510). Entropi yönteminin uygulama aşamaları aşağıda açıklanmaktadır (Lee vd. 2012).

Aşama 1: Performans/değerlendirme matrisinin düzenlenmesi

m sayıda alternatif (değerlendirme nesnesi) ve n sayıda kriter varsa değerlendirme serisi eşitlik (1) ile gösterilen şekilde oluşturulmaktadır.

$$\begin{matrix} C_1 & \dots & C_j & \dots & C_n \\ \left[\begin{array}{cccc} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{array} \right] \end{matrix} \quad (1)$$

Aşama 2: Performans matrisinin normalize edilmesi

Birbirinden farklı kriterlerin etkilerini yok etmek amacıyla kriterler çeşitli tekniklerle standardize edilmektedir. Bu teknikler arasında en çok uygulanan yöntem eşitlik (2) ile gösterilen klasik normalizasyon yöntemidir.

$$\left[p_{ij} \right]_{m \times n} = \left[x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij} \right]_{m \times n} \quad (2)$$

Aşama 3: Tüm kriterlerin Entropi değerlerinin hesaplanması

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

Burada k , $0 \leq e_j \leq 1$ 'i sağlayan ve $k=1/\ln m$ şeklinde hesaplanan Boltzman sabiti' dir.

Aşama 4: Kriterlerin farklılık (çeşitlilik) derecesinin hesaplanması

Kriter j tarafından sağlanan bilginin farklılık derecesi (\bar{e}_j) eşitlik (4) ile hesaplanmaktadır.

$$\bar{e}_j = 1 - e_j \quad (4)$$

Aşama 5: Kriterlerin ağırlıklandırılmış Entropisinin (w_j) hesaplanması

Görelî ağırlıkların (0,1) arasında olması için aşama 4'te elde edilen değerler eşitlik (5) kullanılarak normalize edilir.

$$w_j = \bar{e}_j / \sum_{j=1}^n \bar{e}_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (5)$$

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

2.2. Gri İlişkisel Analiz

Gri sistem, gri sayılar ve gri değişkenlerle temsil edilen bilinmeyen bilgiyi içeren bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Chou ve Tsai, 2009:201). Beyaz bir sistem, sistem karakteristikleri ve parametreler gibi içsel bilgilerin tamamen bilindiği sistem olarak tanımlanırken eğer sistem hakkında hiçbir bilgi ve özellik bilinmiyorsa böyle bir sistem siyah sistem olarak adlandırılmaktadır. Gri sistem ise beyaz ve siyah sistemler arasındaki uzayı temsil etmektedir. Örneğin, “Y maddesinin ağırlığı yaklaşık 2 kg’dır” cümlesindeki “yaklaşık 2 kg” ifadesi içerdiği belirsizlikten dolayı “gri bilgi” olarak kabul edilir.

GİA yönteminde her bir faktör ile kıyas yapılan faktör (referans) serisi arasındaki ilişki derecesi belirlenir. Her bir faktörün bir dizi (sıra veya sütun) olarak tanımlandığı bu yöntemde faktörler arası etki derecesi ise gri ilişkisel derece olarak adlandırılır (Yılmaz ve Güngör, 2010). GİA yöntemi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Wu, 2002: 211).

Aşama 1: Başlangıç karar matrisinin düzenlenmesi

İlk aşamada $x_o = (x_o(1), x_o(2), \dots, x_o(j), \dots, x_o(n))$ şeklinde ifade edilen referans serisi ve $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(j), \dots, x_i(n))$ ile gösterilen karşılaştırma serisi düzenlenir. Karşılaştırma serisi X_i aşağıdaki matris biçiminde gösterilebilir:

$$x_i = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(m) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n(1) & x_n(2) & \dots & x_n(m) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Aşama 2: Veri setinin normalize edilmesi

Karşılaştırma serisi ile referans serisinden oluşan karar matrisi normalize edilerek boyutsuz duruma getirilmekte ve her bir verinin (0,1) aralığında değer alması sağlanmaktadır. Gri sistem teorisinde bu normalleştirme işlemine “gri ilişkisel oluşum” (grey relational generating) denilmektedir (Üstünişik, 2007: 56). Normalizasyon işleminde veri seti üç farklı kritere göre dönüştürülmektedir. Söz konusu kriterler “daha yüksek-daha iyi”, “daha küçük-daha iyi” ve “ideal olan en iyi” şeklindedir. İlk kriter olan “daha yüksek-daha iyi” dönüşümü eşitlik (7) yardımıyla yapılmaktadır:

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k) - \min x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (7)$$

Burada $\max x_i(k)$ j biriminin maksimum değerini, $\min x_i(k)$ ise j biriminin minimum değerini göstermektedir.

“Daha küçük-daha iyi” dönüşümü ise eşitlik (8) ile sağlanmaktadır.

$$x_i^*(k) = \frac{\max x_i(k) - x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (8)$$

“İdeal olan en iyi” dönüşümünde eğer hedef (ideal) değer $x_{ob}(k)$ ise ve $\max x_i(k) \geq x_{ob}(k) \geq \min x_i(k)$ ise gerekli formül eşitlik (9) ile ifade edilmektedir.

$$x_i^*(k) = \frac{|x_i(k) - x_{ob}(k)|}{\max x_i(k) - x_{ob}(k)} \quad (9)$$

Karşılaştırma serisi gibi x_0 referans serisi de eşitlik (7-9) kullanılarak normalize edilmelidir. Örneğin “daha küçük-daha iyi” dönüşümü uygulandığında referans serisi:

$$x_0^*(k) = \frac{\max x_0(k) - x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilir.

Aşama 3: Fark matrisinin düzenlenmesi

x_i^* karşılaştırma serisi ile x_0^* referans serisi arasında j . noktadaki farkın mutlak değeri $\Delta_{oi}(j)$ aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\Delta_{oi}(j) = |x_0^*(j) - x_i^*(j)|$$

$$= \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \cdots & \Delta_{01}(n) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \cdots & \Delta_{02}(n) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \Delta_{0m}(1) & \Delta_{0m}(2) & \cdots & \Delta_{0m}(n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

Aşama 4: Fark veri dizisine ait gri ilişkisel katsayıların hesaplanması

Fark matrisindeki her veri için eşitlik (12) ile gösterilen gri ilişkisel denklem kullanılarak gri ilişkisel katsayılar $\gamma_{oi}(j)$ hesaplanır.

$$\gamma_{oi}(j) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta_{oi}(j) + \zeta \Delta \max} \quad (12)$$

Burada, $\Delta \min = \min_{i=1}^n \min_{j=1}^m \Delta_{0i}(j)$; $\Delta \max = \max_{i=1}^n \max_{j=1}^m \Delta_{0i}(j)$ ve $\zeta = [0,1]$ olmaktadır. ζ ayırt edici katsayı olarak ifade edilmekte ve uygulamada genelde 0,5 değerini almaktadır (Zhai, 2009:7074).

Aşama 5: Gri ilişki derecesinin hesaplanması

Gri ilişki derecesi gri ilişki katsayılarının ağırlıklı toplamı olup eşitlik (13) ile gösterilen formülle hesaplanır:

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^n [w_i(j) * \gamma_{0i}(j)], \quad \sum_{j=1}^n w(j) = 1 \quad (13)$$

Burada $w(j)$, j . kriterin ağırlığı olup uygulama bağlamına göre kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Eğer her bir kriter kullanıcılar için eşit önemdeyse gri ilişkisel derece (Γ_{0i}) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j) \quad (14)$$

Karar verme aşamasında (Γ_{0i}) değerlerine göre sıralanan alternatifler arasından en yüksek değere sahip alternatif seçilmelidir. Gri ilişkisel derece, karşılaştırılan serinin referans seriye ne kadar benzer olduğunu gösterir. Gri ilişkisel derecenin "1" değerini alması karşılaştırılan iki serinin aynı olduğu anlamına gelmektedir.

3. UYGULAMA

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren ve yerli pazar yanında ağırlıklı olarak Azerbaycan Cumhuriyeti ve Gürcistan Cumhuriyeti ülkelerine karayolu taşımacılığıyla ihracat yapan bir toptan gıda firması, mallarının fiziksel dağıtımında hâlihazırda bir 3PL şirketiyle çalışmaktadır. Firmanın ilgili işletmeyle sözleşmesi yakın zamanda sona erecek olup firma yeni bir nakliye şirketiyle çalışmak istemektedir. Firma yöneticileri nakliye firması seçiminde bütünleşik Shannon Entropi-GİA yöntemini kullanmayı benimsemiş ve bu amaçla dört uzmandan oluşan bir komite kurulmuştur. Komite, uygun firma seçiminin Tablo 1'de belirtilen kriterlere göre yapılmasına karar vermiştir.

Tablo 1. Değerlendirme Kriterleri

| Kod | Kriter | Açıklama |
|----------------|-----------------------------|---|
| K ₁ | Taşıma maliyeti | Firmanın 1 tonluk yükün 1 km taşıma maliyeti |
| K ₂ | Finansal durum | Firmanın nakliye sektöründeki pazar payı ve karlılığı |
| K ₃ | Zamanında teslimat | Firmanın mallarını belirtilen sürede karşı tarafa teslim etme performansı |
| K ₄ | Tecrübe ve coğrafik yayılım | Firmanın uluslararası taşımacılıkla ilgili geçmiş referansı (imaj ve saygınlık) ve dağıtım yapılacak bölgeye hâkim olma durumu |
| K ₅ | Dokümantasyon yeterliliği | Firmanın ürünlerin nakliyesi ve gümrükleme ile ilgili resmi evrakları düzenleyebilme ve sunma yeteneği |
| K ₆ | Personel kalitesi | Firmanın müşteri hizmetleri personeli, şoför ve yükleme-boşaltma personelinin işinde uzmanlık ve üçüncü tarafa iyi ilişkiler kurma düzeyi |
| K ₇ | Hasar/kayıp geçmiş | Firmanın önceki taşımalarındaki mal hasar oranı ve hırsızlık, kayıp, bozulma vb. nedenlerle meydana gelen fire oranı |

3.1. Shannon Entropi Yöntemiyle Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

İlk aşamada, teklif alınan beş nakliye firması karar komitesi tarafından yukarıda bahsedilen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmenin kolay ve uyumlu olması açısından değerlendirme işlemi karar vericilerin her bir alternatifte 1-10 arası bir puan (“1” = çok kötü; “10”= mükemmel) verilerek yapılmıştır. Dört uzmanın ortak görüşünü yansıtan puanlardan oluşan performans matrisi Tablo 2’de gösterildiği gibi düzenlenmiştir.

Tablo 2. Performans/değerlendirme matrisi

| Alternatifler | Kriterler | | | | | | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ |
| A | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 6 | 7 |
| B | 6 | 7 | 8 | 6 | 9 | 7 | 9 |
| C | 7 | 6 | 9 | 9 | 5 | 7 | 6 |
| D | 6 | 7 | 9 | 8 | 6 | 9 | 8 |
| E | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 5 | 8 |

Eşitlik (1-5) ile belirtilen aşamaların uygulanması sonucu elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. Kriterlerin Ağırlıklandırılmış Entropi Değerleri

| Kriterler | Ağırlıklandırılmış Entropi Değeri |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Taşıma maliyeti | 0,078 |
| Finansal Durum | 0,071 |
| Zamanında teslimat | 0,082 |
| Tecrübe ve coğrafik yayılım | 0,123 |
| Dokümantasyon yeterliliği | 0,281 |
| Personel kalitesi | 0,245 |
| Hasar/kayıp geçmişi | 0,119 |

Tablo 3'te görüldüğü üzere dokümantasyon yeterliliği kriteri en yüksek ağırlığa (0,281) sahip olduğundan tüm kriterler arasında en önemli kriter olarak değerlendirilir.

3.2. GİA İle En Uygun Firmanın Seçimi

Uygulamanın ikinci aşamasında GİA yöntemiyle alternatifler sıralanarak en uygun nakliye firması seçilmiştir.

3.2.1. Başlangıç Karar Matrisinin Düzenlenmesi

GİA tekniğinde ilk olarak başlangıç karar matrisi düzenlenmektedir. Karar matrisi Tablo 2 ile gösterilen değerlendirme matrisidir. Başlangıç karar matrisi düzenlendikten sonra referans serisinin düzenlenmesi gerekmektedir. Referans serileri literatürde genellikle her bir kriter için kullanıcılar tarafından verilen en yüksek puan veya değerlerden oluşturulduğundan bu çalışmada da aynı yol benimsenmiştir. Referans serisinin (X) eklenmesiyle tekrar düzenlenen karar matrisi Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Karar Matrisi

| Alternatifler | Kriterler | | | | | | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ |
| X | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| A | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 6 | 7 |
| B | 6 | 7 | 8 | 6 | 9 | 7 | 9 |
| C | 7 | 6 | 9 | 9 | 5 | 7 | 6 |
| D | 6 | 7 | 9 | 8 | 6 | 9 | 8 |
| E | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 5 | 8 |

3.2.2. Veri Setinin Normalize Edilmesi

Değerlendirme kriterlerinin tümü en büyükmek istendiğinden Tablo 2'deki karar matrisi eşitlik (7) kullanılarak “daha yüksek-daha iyi” dönüşümüyle normalize edilmiştir. Söz konusu normalize karar matrisi Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Normalize Karar Matrisi

| Alternatifler | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| X | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| A | 0,50 | 1,00 | 0,00 | 0,33 | 0,75 | 0,25 | 0,33 |
| B | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 0,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| C | 0,50 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
| D | 0,00 | 0,50 | 1,00 | 0,67 | 0,25 | 1,00 | 0,67 |
| E | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,33 | 0,75 | 0,00 | 0,67 |

3.2.3. Fark Matrisinin Düzenlenmesi

Normalizasyon işleminden sonra eşitlik (11) kullanılarak karşılaştırma serisi ile referans serisi arasındaki farkın mutlak değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen fark matrisi Tablo 6'da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. Fark Matrisi

| Alternatifler | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| X | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| A | 0,50 | 0,00 | 1,00 | 0,67 | 0,25 | 0,75 | 0,67 |
| B | 1,00 | 0,50 | 0,50 | 1,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
| C | 0,50 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| D | 1,00 | 0,50 | 0,00 | 0,33 | 0,75 | 0,00 | 0,33 |
| E | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,67 | 0,25 | 1,00 | 0,33 |

3.2.4. Gri ilişkisel Katsayıların Hesaplanması

$\zeta = 0,5$ alınarak ve eşitlik (12) kullanılarak her bir kriter ile referans serisi arasındaki korelasyonu ifade eden gri ilişkisel katsayılar hesaplanmıştır. Elde edilen katsayı matrisi Tablo 7'de sergilenmektedir.

Tablo 7. Gri İlişkisel Katsayılar

| Alternatifler | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| A | 0,50 | 1,00 | 0,33 | 0,43 | 0,67 | 0,40 | 0,43 |
| B | 0,33 | 0,50 | 0,50 | 0,33 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| C | 0,50 | 0,33 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 0,50 | 0,33 |
| D | 0,33 | 0,50 | 1,00 | 0,60 | 0,40 | 1,00 | 0,60 |
| E | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 0,43 | 0,67 | 0,33 | 0,60 |

3.2.5. Gri İlişki Derecesinin Hesaplanması

GİA uygulamasında en son aşama olan her bir alternatifin gri ilişki derecesinin hesaplanmasında ağırlık değerleri (w_i) olarak Shannon Entropi uygulaması sonucu elde edilen değerler kullanılmıştır. Buna göre hesaplanan aday nakliye firmalarının gri ilişki dereceleri Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8. Gri İlişkisel Dereceler

| | K ₁ | K ₂ | K ₃ | K ₄ | K ₅ | K ₆ | K ₇ | Gri derece | Önem sırası |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|-------------|
| A | 0,039 | 0,071 | 0,027 | 0,053 | 0,187 | 0,098 | 0,051 | 0,526 | 4 |
| B | 0,026 | 0,036 | 0,041 | 0,041 | 0,281 | 0,123 | 0,119 | 0,666 | 1 |
| C | 0,039 | 0,024 | 0,082 | 0,123 | 0,094 | 0,123 | 0,040 | 0,524 | 5 |
| D | 0,026 | 0,036 | 0,082 | 0,074 | 0,112 | 0,245 | 0,071 | 0,646 | 2 |
| E | 0,078 | 0,071 | 0,027 | 0,053 | 0,187 | 0,082 | 0,071 | 0,569 | 3 |

Tablo 8 verilerine göre en yüksek Γ_{0i} değerine (0,666) sahip olan “B” firması en uygun nakliye firması olarak değerlendirilmektedir.

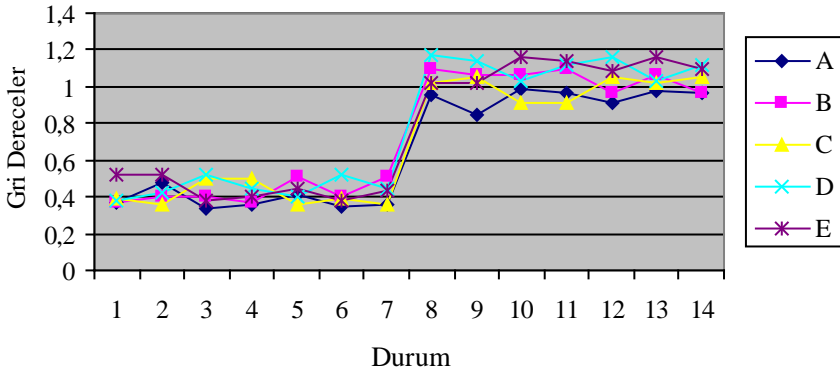
3.3. Duyarlık Analizi

Çalışmanın bu bölümünde kriter ağırlıklarında yapılacak değişimlerin alternatiflerin sıralamasını nasıl etkileyeceğini görmek amacıyla duyarlık analizi yapılmıştır. Bu sayede bütünleşik Shannon Entropi-GİA yönteminin hassaslığı ölçülmüştür. Bu amaçla, 14 farklı durum için gri ilişkisel dereceler hesaplanmıştır. İlk yedi durumda her bir kritere sırasıyla Shannon Entropi uygulamasıyla elde edilen ağırlıkların en yükseği (0,285) atanırken diğer altı kriterin tümüne en düşük ağırlık değeri (0,078) atanarak alternatifler sıralanmıştır. Sonraki yedi durumda ise sırasıyla her bir kritere en düşük ağırlık, diğer altı kritere ise en yüksek ağırlık verilerek sıralama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 9’da sergilenmektedir.

Tablo 9. Duyarlık Analizi Sonuçları

| Durum | Gri İlişkisel Dereceler | | | | |
|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D | E |
| 1 | 0,372 | 0,366 | 0,389 | 0,385 | 0,520 |
| 2 | 0,477 | 0,401 | 0,354 | 0,420 | 0,520 |
| 3 | 0,337 | 0,401 | 0,494 | 0,525 | 0,380 |
| 4 | 0,357 | 0,366 | 0,494 | 0,441 | 0,400 |
| 5 | 0,407 | 0,506 | 0,354 | 0,399 | 0,450 |
| 6 | 0,351 | 0,401 | 0,389 | 0,525 | 0,380 |
| 7 | 0,357 | 0,506 | 0,354 | 0,441 | 0,436 |
| 8 | 0,951 | 1,101 | 1,019 | 1,176 | 1,016 |
| 9 | 0,846 | 1,066 | 1,054 | 1,141 | 1,016 |
| 10 | 0,986 | 1,066 | 0,914 | 1,036 | 1,156 |
| 11 | 0,966 | 1,101 | 0,914 | 1,120 | 1,136 |
| 12 | 0,916 | 0,961 | 1,054 | 1,162 | 1,086 |
| 13 | 0,972 | 1,066 | 1,019 | 1,036 | 1,156 |
| 14 | 0,966 | 0,961 | 1,054 | 1,120 | 1,100 |

İlk sıralamada ikinci durumda yer alan “D” firması ise toplam altı durumda en yüksek gri ilişkisel dereceye sahip olarak en uygun alternatif olarak öne çıkmıştır. Aynı şekilde ilk durumda üçüncü sırada yer alan “E” firması da duyarlık analizi sonucunda toplam beş durumda en iyi alternatif olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu duyarlık analizine ilişkin grafik Şekil 1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.
Duyarlık Analizi

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada bütünleşik Shannon Entropi-GİA uygulamasıyla bir toptan gıda şirketi için en uygun nakliye firması seçimi yapılmıştır. GİA yöntemi farklı veri dizilerinin ilişkisel uzayındaki geometrik yakınlığın ölçülmesine dayalıdır. Alternatiflerin gri ilişki dereceleri gri ilişkisel katsayıların ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada değerlendirilecek veri sayısı nispeten az olduğunda ölçüm yanlı olmakta ve gri ilişkisel katsayıların dağılımı oldukça düzensiz çıkmaktadır (Chou ve Tsai, 2009). GİA yönteminin bu kısıtı göz önünde bulundurularak bu çalışmada değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları Shannon Entropi yöntemiyle hesaplanmıştır. Shannon Entropi yöntemi diğer ÇKKV tekniklerinde olduğu gibi karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini dikkate almakta, bunun yanında matematiksel işlemlere dayandığı için daha objektif sonuçlar sunabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen avantajlarına rağmen her çalışmanın olduğu gibi bu çalışmanın da bazı kısıtları bulunmaktadır. GİA yöntemi uygulamada esnek bir tekniktir. Örneğin, referans serisinin belirlenmesinde farklı karar vericiler tarafından farklı değerler atanması sıralama sonucunu etkilemektedir. Aynı zamanda, ayırt edici katsayının (ζ) değeri de uygulayıcı tarafından subjektif şekilde belirlenmektedir. Çalışmada yapılan duyarlık analizi sonucunda elde edilen farklı alternatif sıralamaları bütünleşik Shannon Entropi-GİA yönteminin kriter ağırlıklarının değişimine karşı oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Chan ve Wu (1998) tarafından da belirtildiği gibi bir ÇKKV probleminin çözümü için hangi yöntemin daha güvenilir ve sağlam sonuç verdiğini belirlemek çok zordur. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için aynı problem farklı birkaç ÇKKV teknikleriyle çözümlenerek sonuçlar karşılaştırılmalı ve son karar buna göre verilmelidir. Sonuç olarak, bütünleşik Shannon Entropi ve GİA yönteminin ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılabilir, güvenilir bir yöntem olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Avineri, Erel, Prashker, Joseph ve Ceder, Avishai (2000), Transportation Projects Selection Process Using Fuzzy Sets Theory, *Fuzzy Sets and Systems*, 116, 35–47.
- Babacan, Muazzez (2003), Lojistik Sektörünün Ülkemizdeki Gelisimi ve Rekabet Vizyonu, *Ege Akademik Bakış*, 3(1), 8-15.
- Bowlin, William F. (2004), Financial Analysis of Civil Reserve Air Fleet Participants Using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 154(3), 691–709.

- Capobianco, Heloisa Márcia Pires ve Fernandes, Elton (2004), *Capital Structure in The World Airline Industry*, **Transportation Research Part A**, 38, 421–434.
- Chan, Lai K. ve Wu, Ming L. (1998), Prioritizing the Technical Measures in Quality Function Deployment, **Quality Engineering**, 10(3), 467–479.
- Chan, L.K., Kao, H.P., Ng, A. ve Wu, M.L. (1999), Rating the Importance of Customer Needs in Quality Function Deployment by Fuzzy and Entropy Methods, **International Journal of Production Research**, 37(11), 2499–2518.
- Chou, Jhy-Rong ve Tsai, Hung-Cheng (2009), On-Line Learning Performance and Computer Anxiety Measure for Unemployed Adult Novices Using a Grey Relation Entropy Method, **Information Processing And Management**, 45, 200–215.
- Çelik, Metin, Er, Deha, I. ve Ozok, A. Fahri (2009), Application of Fuzzy Extended AHP Methodology on Shipping Registry Selection: The Case of Turkish Maritime Industry, **Expert Systems With Applications**, 36(1), 190–198.
- Chanas, Stefan ve Kuchta, Dorota (1998), Fuzzy Integer Transportation Problem, **Fuzzy Sets and Systems**, 98, 291–298.
- Choo, Eng Ung ve Wedley, William C. (1985), Optimal CriterionWeights in Repetitive Multicriteria Decision- Making, **Journal of Operational Research Society**, 36(11), 983-992.
- Deng, Ju-Long (1982), Control Problems of Grey System, **System and Control Letters**, 5(2), 288–294.
- Diakoulaki D., Mavrotas George ve Papayannakis, Lefteris (1995), Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The Critic Method, **Computers& Operations Research**, 22:763-770.
- Ellram, Lisa ve Billington, Corey (2001), Purchasing Leverage Considerations in the Outsourcing Decision, **European Journal of Purchasing & Supply Management**. 7, 15-27.
- Feng, Cheng-Min ve Wang, Rong-Tsu (2001), Considering the Financial Ratios on the Performance Evaluation of Highway Bus Industry, **Transport Reviews**, 21(4), 449–467.
- Feng, L.V. ve Yuan, Ren (2011), Study on Grey Relation Analysis Based on Entropy Method in Evaluation of Logistics Center Location, **IEEE Third International Conference On Measuring Technology And Mechatronics Automation**, Luoyang, Henan, 474-477.
- Huang, Yuansheng, Fang, Wei ve Chen, Shaohui (2010), Assessment on Operational Risk of Power Grid Enterprises Based on Entropy Weight and Improved Grey Relation Analysis, **Second International Workshop on Education Technology and Computer Science**.
- Jessop, Alan (2004), Minimally Biased Weight Determination in Personnel Selection, **European Journal of Operational Research**, 153, 433–444.
- Jharkharia, Sanjay ve Shankar, Ravi (2007), Selection of Logistics Service Provider: An Analytic Network Process (ANP) Approach, **Omega**, 35, 274–289.

- Kabir, Golam ve Sumi, Razia Sultana (2012), Integrating Fuzzy Delphi with Graph Theory and Matrix Methods for Evaluation of Hazardous Industrial Waste Transportation Firm, *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*, 4(3), 221-237.
- Keskin, Hakan, (2008), *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi: Geçmişi, Değişimi, Bugünü, Geleceği*, 2. Bs, İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kulak, Osman ve Kahraman, Cengiz (2005), Fuzzy Multi-Attribute Selection among Transportation Companies Using Axiomatic Design And Analytic Hierarchy Process, *Information Sciences*, 170,191–210.
- Köfteci, Sevil ve Gerçek, Haluk (2010), Yük Taşımacılığında Taşıma Türü Seçimi İçin Lojistik Maliyetlere Dayalı İkili Lojit Model, *İMO Teknik Dergi*, 5087-5112.
- Lee, Paul Tae-Woo, Lin,Cheng-Wei ve Shin, Sung-Ho (2012), A Comparative Study on Financial Positions of Shipping Companies in Taiwan and Korea Using Entropy and Grey Relation Analysis, *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5649–5657.
- Li, Lushu ve Lai, Kin-Keung (2000), A Fuzzy Approach to Multi-Objective Transportation Problem, *Computers & Operations Research*, 27, 43–57.
- Liang, Gin-Shuh., Liu, Chin-Feng, Lin, Wen-Cheng, Yeh, Chen-Huei (2006), A Data Envelopment Analysis of Shipping Industry Bond Ratings, *Tamkang Journal of Science And Engineering*, 9(4), 403–408.
- Liu, Shiang-Tai ve Kao, Chiang (2004), Solving Fuzzy Transportation Problems Based On Extension Principle, *European Journal of Operational Research*, 153(3), 661-674.
- Lu, I.J., Lin, Sue J. ve Lewis, Charles (2008), Grey Relation Analysis of Motor Vehicular Energy Consumption In Taiwan, *Energy Policy*, 36, 2556– 2561.
- Ma, Jian, Fan, Zhi-Ping ve Huang, Li-Hua (1999), A Subjective and Objective Integrated Approach to Determine Attributes Weights, *European Journal Of Operational Research*, 112, 397–404.
- Meade, L.M., Sarkis, J. (1999), Analyzing Organizational Project Alternatives for Agile Manufacturing Processes: An Analytical Network Approach, *International Journal of Production Research*, (37(2), 241-261.
- Özgen Arzum ve Tanyaş, Mehmet (2011), Joint Selection of Customs Broker Agencies and International Road Transportation Firms by A Fuzzy Analytic Network Process Approach, *Expert Systems With Applications*, 38, 8251–8258.
- Qureshi, M.N., Kumar, Pradeep ve Kumar, Dinesh (2009), Selection of Transportation Company: An Analytic Network Process (ANP) Approach, *The Icfai Journal Of Supply Chain Management*”, 10(10).
- Scheraga, Carl. A. (2004), Operational Efficiency versus Financial Mobility In The Global Airline Industry: A Data Envelopment and Tobit Analysis, *Transportation Research Part A: Policy And Practice*, 38(5), 383–404.
- Shannon, Claude. E. (1948), A Mathematical Theory of Communication, *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423, 623-656.

- Steuer, Ralph. E. ve Na, Paul (2003), Multiple Criteria Decision Making Combined With Finance: A Categorized Bibliographic Study, *European Journal of Operational Research*, 150, 496–515.
- Öztürk, Ahmet, Ertuğrul, İrfan ve Karakaşoğlu, Nilsen (2008), Nakliye Firması Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık Topsis Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 25(2), 785-824.
- Üstünişik, Naime Zerrin (2007), *Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Verma, Rakesh, Biswal, M.P., Biswas, A. (1997), Fuzzy Programming Technique to Solve Multi-Objective Transportation Problems with Some Non-Linear Membership Functions, *Fuzzy Sets and Systems*, 9, 37–43.
- Wang, Yue-Jie (2009), Combining Grey Relation Analysis with FMCGDM to Evaluate Financial Performance of Taiwan Container Lines, *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2424–2432.
- Wang, Yue-Jie ve Lee, Hsuan-Shih (2007), Generalizing Topsis for Fuzzy Multiple-Criteria Group Decision-Making, *Computers and Mathematics with Applications*, 53, 1762–1772.
- Wang, Tien-Chin ve Chen, Ying-Hsiu (2011), Fuzzy Multi-Criteria Selection Among Transportation Companies with Fuzzy Linguistic Preference Relations, *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11884-11890.
- Wu, Hsin-Hung (2002), A Comparative Study of Using Grey Relational Analysis in Multiple Attribute Decision Making Problems, *Quality Engineering*, 15(2), 209-217.
- Yılmaz, E. ve Güngör, F. (2010), Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerde Optimum Takım Tutucusunun Belirlenmesi, *2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Balıkesir.
- Ying, Zhang ve Ru-Chao, Zhang (2010), A study on the Third Party Logistics Service Providers' Performance Evaluation Based on the Weighted Entropy and Analysis Process of Grey Relation, *IEEE International Conference On Management Science & Engineering (17th)*, Melbourne, 582-587.
- Zhai, Lian-Yin, Khoo, Li-Pheng ve Zhong, Zhao-Wei (2009), Design Concept Evaluation in Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis, *Expert Systems with Applications*, 36, 7072-7079.
- Zhang, Ge ve Liu, Peide (2012), The Competency Evaluation Method of Human Resources Manager Based on Linguistic Variables: The Grey Relation Projection Model, *African Journal Of Business Management*, 6(11), 4343-4349.