



Plastik Boru ve Kaynak Makinesi Seçim Problemi için Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Gri İlişkisel Analiz Yöntemlerinin Entegrasyonu

Kemal Gürol KURTAY*, Hakan Ayhan DAĞISTANLI** ve Serpil EROL***

Öz

Tedarikçi seçim problemleri, işletmenin tüm beklentilerini maksimum seviyede karşılayabilecek doğru tedarikçiyi belirleme açısından çok önemlidir. Tedarikçi seçimi için öncelikle alternatif tedarikçilerin değerlendirileceği kriterlerin titizlikle tespit edilmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu noktada karar vericilerin yorumlarında oluşabilecek farklardan dolayı kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi gerekliliği unutulmamalıdır. Alternatiflerin önem dereceleri belirlenmiş bu kriterlere bağlı kalarak karar vericiler tarafından nicel veya nitel olarak değerlendirilmesi ve sıralanması işlemiyle problemin çözümü gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, plastik boru kaynak makinesi ve makineye ait yardımcı elemanların ihracatını yapan bir firmanın karşılayamadığı siparişlere farklı bir bakış açısıyla çözüm üretmek amaçlı gerçekleştireceği makine alım problemi için en iyi tedarikçi seçimi amaçlanmıştır. Alternatif tedarikçileri değerlendirmek maksadıyla literatürde yaygın olarak kullanılan hiyerarşik yapıyı belirlemek için uzman görüşleri göz önünde bulundurularak 5 ana kriter ve 19 alt kriter belirlenmiştir. Kriterlerin önem dereceleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle hesaplanmıştır. AHP sonucunda elde edilen ağırlıklarında dikkate alındığı alternatif 5 tedarikçinin değerlendirilmesi ve sıralanması işlemi Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

* Dr. Öğretim Görevlisi, Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, kkurtay@kho.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4268-2401

** Öğretim Görevlisi, Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, rdagistanli@kho.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2205-183X

***Profesör Doktor, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, serpiler@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6885-3849

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Gri İlişkisel Analiz, Makine Seçimi.

Integration of Analytical Hierarchy Process and Gray Relational Analysis Methods for Plastic Pipe and Welding Machine Selection Problem

Abstract

Supplier selection problems are significant in determining the right supplier that can meet all expectations of the enterprise at the maximum level. First of all, the criteria for evaluating alternative suppliers are carefully determined for supplier selection. At this point, it should not be forgotten to determine the importance of the criteria due to the differences that may occur in the interpretations of decision-makers. The solution of the problem is realized by the process of quantitative or qualitative evaluation and ranking of the alternatives by adhering to these criteria whose degrees of importance are determined. This study aims to choose the best supplier for the machine purchase problem in order to find a solution from a different point of view to the orders that a company exporting plastic pipe welding machines and its auxiliary elements cannot meet. For the purpose of evaluating alternative suppliers in order to determine the hierarchical structure widely used in the literature, five main criteria and nineteen sub-criteria were determined by considering expert opinions. The importance levels of the criteria were calculated by the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. Five alternative suppliers, considered in the weights obtained as a result of AHP, were evaluated and listed with the Gray Relational Analysis method.

Keywords: *Supplier Selection, Multi-Criteria Decision Making, Analytic Hierarchy Process, Grey Relational Analysis, Machinery Selection.*

Giriş

Günümüz üretim sektörü incelendiğinde çeşitli alanlarda faaliyet gösteren üretim işletmelerinin öncelikli hedefi, pazarda bulunan müşterilere ait taleplerin tamamına hitap edecek ürün çeşitliliğine sahip olmaktır. Üretim işletmeleri, kuruluş aşamasında her ne kadar pazar araştırması yaparak hedef kitleye ait beklentileri tespit etmiş olsa dahi ilerleyen yıllarda ürün ömrünün dolması, hedef

kitle beklentilerinin farklılaşması gibi sebepler meydana geldiği için bazı talepleri karşılayamamaktadır. İşletmeler ürün çeşitliliğini artırmak, karşılayamadığı taleplere ait üretimi gerçekleştirebilmek amacıyla istenilen nitelikleri taşıyan bir makine alımı yaparak problemi çözmeye yönelik adımlar atmaktadır. Bu noktada işletmeler için makine alımını gerçekleştirecek alternatif makine üreticileri arasından seçim yapmaya yönelik bir karar verme problemi meydana gelmektedir.

Makine seçim problemlerinin sonucunda verilecek karar, üretim işletmeleri için doğrudan üretim tesisinin yerleşimi, verimliliği, etkinliği, çalıştırılacak işçi sayısı gibi pek çok faktörü etkilediğinden dolayı uzmanlık gerektiren ve zamana ihtiyaç duyulan bir süreçtir (Arslan ve Budak, 2004). Seçime karar verecek yöneticiler, bu süreci ayrıntılı şekilde ele almalı alternatif makine üreticilerinin sunduğu ürünleri iyi irdeleyerek nihai sonuca ulaşmalıdır. Bu noktada seçim problemlerinde sıkça karşılaşılan ürün kalitesi, maliyet gibi değerlendirmelerin yanında müşterilerden gelen talepler, kendi üretim tesislerinin mevcut koşulları, her iki işletme arasında gerçekleşecek olan satış ve satın alma departmanları arasındaki prosedürler gibi nitel ve nicel birden fazla ölçütün bir arada dikkate alınmasını gerektiren Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemlerinden bahsetmek mümkündür.

Bu çalışmada plastik boru kaynak makinesi ve yardımcı elemanları üreten bir işletmenin makine seçim problemi ele alınmıştır. İşletme yöneticileri gelen talepleri değerlendirdiğinde, üretim hattında müşterilerin arzu ettiği özelliklere cevap verecek ebatta ürün üretebilecek nitelikte makinenin olmadığını tespit etmiştir. Bu taleplere ait müşterilerine kısa vadede fason üretim gibi çözümler getirseler de bu durumun uzun vadede elde edilmesi muhtemel potansiyel kâr kaybına sebep olduğunu gördüklerinden dolayı makine alım problemi ortaya çıkmıştır. Makinelere ait teknik özelliklerin yanında, işletmede ilgili departmanlarda çalışan teknik eleman, mühendis, müdür ve üst düzey yönetici kadrolarına ait beklentilerin dikkate alınmasıyla makine alım problemi kriterlerinin tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Belirlenen bu kriterlere ait karar verici değerlendirmeleri nihai seçim kararına etki edeceğinden, kriterlere ait karşılaştırmaların yapılarak ağırlıklandırılma yoluna gidilmesinin daha doğru olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple kriterlerin ağırlıklandırılmasında Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemine başvurulmuştur. Subjektif olarak değerlendirilmesi gereken kriterleri içeren problemler gerçek hayat uygulamalarında sıklıkla

karşımıza çıkmaktadır. Bu tarz problemlere dair uygulamalarda ÇKKV yöntemleri ile ifade edilebilmesi için bulanık mantık ve gri sistem teorileri karşımıza çıkmaktadır. Bulanık mantık ile bütünleşik ÇKKV yöntemlerine dair çalışmalar makine alım problemlerinde mevcuttur. Ancak gri sistem teorisini temel alarak geliştirilmiş Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile seçim yapılan çalışma sayısının azlığı dikkat çekmektedir. Bu sebeple, satın alma yapılacak alternatif makine üreticilerinin sıralanmasında kesinlik içermeyen verilerle çalışıp değerlendirme ve sıralama özelliğine sahip olduğu çok çeşitli alanlarda yapılan çalışmalarca sınanmış Gri İlişkisel Analiz yöntemi kullanılmıştır. Nihai amaç işletmenin tüm birimlerinin beklentilerinin alınmasıyla ve kriterlere dair hesaplanan ağırlıkların ışığında en uygun alternatifin karar vericilere sunulmasıdır.

Literatür Taraması

Literatür çalışması yapılırken ürün çeşitliliğini artırmak amacıyla alım yapma gereksinimi duyan işletmelerdeki makine seçim problemleri üzerinde durulmuştur. Makine seçim problemi üzerine 1990'lı yıllardan itibaren çok sayıda çalışma yapılmış ve literatürde mevcut çok kriterli karar verme yöntemleri tekil veya birleştirilmiş şekilde problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Makine alımı için 1990'lı yıllardan günümüze kadar çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır.

Agrawal, Kohli ve Gupta (1991) tarafından çok kriterli robot seçimi ve Agrawal, Verma ve Agarwal (1992) tarafından esnek imalat sistemlerinde tutucu aparatı seçim problemlerinde yapılan çalışmalar TOPSIS ile çözüme gittiklerini göstermektedir. Luong (1998), bilgisayar destekli üretimde alınacak yeni bir makineye ait seçim için yaptığı çalışmada AHP ile çözüm önerisi getirmiştir. Parkan ve Wu (1999), robot seçim problemi için TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Karsak ve Kuzgunkaya (2000), üretici bir işletmeye ait makine alım problemi için yaptıkları çalışmada ilk yatırım, bakım ve işçilik maliyetlerini minimum tutarak maksimum kaliteye sahip en uygun makineyi Çok Amaçlı Programlama ile seçmişlerdir. Örnek teşkil etmesi açısından değinilen bu çalışmalar dikkate alındığında 1991 yılından 2000'li yılların başına kadar çok kriterli karar verme yöntemlerinden yalnızca bir tanesiyle çalışıldığı söylenebilir.

Bozdağ ve arkadaşları (2002), bilgisayarla tümleşik üretim sistemini destekleyecek bir makine seçimi için 4 farklı bulanık metot kullanarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Ayağ ve Özdemir (2006), sözel değerlerin de çözüme

dâhil edildiği yeni ürünler için gerekli makine takımı seçim probleminde bir CNC tezgâh seçimi için Bulanık AHP kullanmışlardır. Ertuğrul (2007) tarafından nevresim takımları üreten bir tekstil işletmesinde yapılan çalışmada kalite, maliyet, servis ve verimlilik kriterleri ile ürünler üzerinde baskı yapacak en iyi baskı makinesi seçimi için Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. İç ve Yurdakul (2008) tarafından makine ekipmanları faaliyet alanı üzerine yapılan çalışmada makine ekipman seçim problemleri için bulanıklığın sonuçlara olan etkisi Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile ortaya koyulmuştur. 2000'li yıllardan 2010'lu yıllara kadar bulanık mantık ile bütünleştirilmiş özellikle AHP yönteminin sıkça kullanıldığı bunun yanında diğer yöntemlerle de sonuç elde edilmeye çalışıldığı görülmektedir.

2010'lu yılların devamındaki çalışmalar incelendiğinde ise Yılmaz ve Dağdeviren (2010) tarafından yapılan çalışmada kaynak makinesi üretimi üzerine çalışılan bir firmada seçim problemi için PROMETHEE ve Bulanık PROMETHEE yöntemlerini kullandıkları görülmektedir. Samvedi, Jain ve Chan (2012) tarafından imalattaki esnekliği, üretkenliği ve siparişlere yanıt verebilme yeteneğini artırabilmek için en uygun takım tezgahının alınması üzerine yapılan çalışmada bulanık AHP yardımıyla kriter ağırlıkları belirlenmiş daha sonra alternatiflere ait sıramala Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemiyle yapılmıştır. Organ (2013) tarafından tekstil firmasında yapılan çalışmada yeni bir dokuma tezgâhı alım problemi için DEMATEL yöntemine başvurulmuştur. Kısa ve Perçin (2017) tarafından doğal taşlar üzerine faaliyet gösteren bir firmada istenilen yeni ürünlerin biçimlendirmesini yapacak mermer kesme makinesi seçimi için Bulanık DEMATEL ve Bulanık VIKOR yöntemleri ile çalışılmıştır. Kabak ve Dağdeviren (2017) tarafından freze makinesi alım problemi için yapılan çalışmada belirlenen 4 ana kriter ve 14 alt kritere ait ağırlıklar ANP yöntemi ile bulunmuştur. Daha sonra 4 alternatif freze makinesi GİA yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Akın (2019) tarafından yatak ve uyku ürünleri sektöründe faaliyet gösteren firmada yapılan incelemeler sonrası tespit edilen, ürünler üzerindeki işlemlerin müşterilerin beğenisini etkilemesi sebebiyle yatak kenarı bordür dikim makinesi alımı için yapılan çalışmada ENTROPI, Range Of Value (ROV) ve Criteria Importance Through Intercriteria Correlation Range Of Value (CRITIC ROV) yöntemleri ile sonuçlara ulaşılmıştır. Faydalı ve Erkan (2020) tarafından yapılan çalışmada bir tekstil firmasının değişik niteliklerdeki ürünlerin paketlenmesi amacıyla alacağı makine için seçim problemi ele alınmıştır. Belirlenen 7 kriter dikkate alınarak 4

alternatif firma Bulanık VIKOR yöntemiyle sıralanmaya çalışılmıştır. Yazıcı, Eren ve Alakaş (2020) tarafından yapılan çalışmada çelik ve alüminyum hammadde ile çeşitli malzemeler üreten bir firmanın siparişlerini karşılamak maksadıyla işleme merkezi alım problemi ele alınmıştır. Uzman görüşleri ile belirlenen 5 ana kriter ve 11 alt kriter ANP yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmış daha sonra ise 3 alternatif firma PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Li, Wang, Fan, Li ve Chen tarafından (2020) yapılan çalışmada bir takım tezgâhı seçim problemi üzerine çalışılmıştır. Takım tezgâhı seçim probleminde öznel ve nesnel değerlendirmeler bir araya getirilmeye çalışılmıştır. Öznel ağırlıklar bulanık DEMATEL yöntemiyle nesnel ağırlıklar ise ENTROPİ yöntemiyle hesaplanmıştır. Daha sonra ise alternatiflere ait sıralama için durulaştırılmış VIKOR yöntemine başvurulmuştur. Olabanji ve Mpofo (2021) tarafından boru bükme makinesi alım problemi için kavramsal tasarımların değerlendirmesi yapılmıştır. Optimal sonuçların elde edilebilmesi için Bulanık AHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması önyargısız şekilde yapılmış daha sonra boru bükme makinesinin alternatif tasarımlarına ait sıralama için bulanık GİA yöntemine başvurulmuştur. 2010 ve sonrasında yapılan bu çalışmalar, her ne kadar geçmişte kullanılan yöntemlerden de yararlanmış olsa dahi makine seçim problemi için daha önce denenmemiş yöntemlerle çalışıldığını tespit etmemize yardımcı olmaktadır. Çalışmaların diğer bir ortak özelliği olarak günümüze doğru yaklaştıkça karar vericilerin alternatif tedarikçileri değerlendirirken belirlediği kriterleri yalnız nicel verilerle değil sübjektif yargılarla da değerlendirdiği sonucuna varılmıştır.

Tolun ve Tümtürk (2020) tarafından tarım makineleri sektörü üzerine yapılan çalışmada, 2010 yılından bu yana literatür incelenmiş ve sübjektif ifadelerin bulanık mantık temelli yaklaşım yerine gri ilişkisel analiz yöntemiyle de değerlendirilebileceği ortaya koyulmuştur.

Aynı şekilde son on yıllık dönem incelendiğinde yapılan çalışmalar, çevrebilim, ekonomi, muhasebe, yazılım, inşaat, satış ve pazarlama dâhil olmak üzere çok çeşitli alanlarda Gri İlişkisel Analiz yönteminin kullanıldığını göz önüne sermektedir. Bu çalışmalarda her sektörün ihtiyaçları gereğince kriterler üzerine çalışılmış ve literatürde bulunan AHP, VIKOR, DEMATEL gibi çok kriterli karar verme yöntemleriyle bütünleşik yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir.

Sonuç olarak, makine seçimi için farklı dönemlerde, farklı yöntemlerle ve pek çok sektörde çalışmalar mevcuttur. 2010 yılından bu yana klasik yöntemlerin yerine birden fazla yöntemin birleşimiyle yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir.

AHP ve GİA yöntemlerinin birlikte kullanımı, uzman görüşlerini kriter ağırlıkları ile probleme yansıtması ve dilsel değişkenlerle yapılan karşılaştırmaların gri sayı karşılığını kullanarak matematiksel ifade edilebilmesi açısından karar probleminin çözümünde avantaj sağlamaktadır. Bu iki yöntem son yıllarda birbirinden farklı pek çok problemin çözümü için değişik alanlarda bütünleşik şekilde kullanılmasına rağmen makine seçim problemi için bütünleşik kullanımına ait ender çalışma bulunmaktadır. Plastik boru kaynak makinesi sektöründe yapılan çalışmanın hem bulanık veriler yerine gri ilişkiler kullanması hem de makine seçim problemi için AHP ve GİA ikilisini yan yana getirmesi bakımından literatüre olumlu anlamda katkı sunacağı ve bu alandaki boşluğu dolduracağı değerlendirilmektedir.

Araştırmanın Yöntemi

a. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi, 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir (Saaty, 1977). AHP dikkat edilmesine ihtiyaç duyulan çok sayıda ölçütü kullanarak, karar verilecek alternatiflerin skorlarını hesaplama aynı zamanda bu skorlar yardımıyla alternatifleri sıralama özelliğine sahip olan çok kriterli karar verme tekniğidir (Zahedi, 1986). Karar problemlerinde AHP yöntemine başvurmanın en önemli avantajı, çok farklı sektörlerde karşılaşılan seçim yapma gerekliliği durumlarında uygulanabilir olmasıdır. Yöntemin literatürdeki çalışmalara sağladığı en büyük kolaylık ise karar vericilerin deneyim ve tecrübelerinden faydalanarak nitel ve nicel ölçütlerin kullanımına izin vermesidir (Bayrakdaroğlu ve Ege, 2008). Bu sayede AHP'nin temel adımları uygulanırken problemi çözmeye çalışan araştırmacılar için esneklik sağlamaktadır. AHP tek başına çok kriterli karar verme problemlerinde direkt çözücü olarak kullanıldığı gibi pek çok bütünleşik uygulamada kriter ağırlıklarını belirlerken başvurulan bir yöntem olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da kriter ağırlıkları AHP ile hesaplanmış, daha sonra alternatif üreticiler arasından seçim yapma aşamasına gelindiğinde Gri İlişkisel Analiz yöntemine başvurulmuştur. AHP' de yöntem adımları öncelikle karar problemin tanımlanması ile başlar. Problemin tanımlanmasının ardından AHP'nin en önemli özelliklerinden olan karar probleminin birbirleri ile hiyerarşik yapıda ilişkili hali oluşturulması işlemine geçilir (Aktaş, Doğanay, Gökmen, Gazibey ve Türen, 2015). Bu yapıya göre ikili

karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Kriterlerin ikili şekilde karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilen Saaty’nin 1-9 ölçeği kullanılarak mümkün hale gelir.

Tablo 1. Saaty’nin İkili Karşılaştırma Ölçeği

| Önem Derecesi | Önem Derecesinin Anlam Karşılığı |
|---------------|---|
| 1 | Her iki kriterin eşit derecede önemli olması |
| 3 | 1. Kriterin 2. Kriterden daha önemli olması |
| 5 | 1. Kriterin 2. Kriterden çok önemli olması |
| 7 | 1. Kriterin 2. Kriter göre çok güçlü önemli olması |
| 9 | 1. Kriterin 2. Kriter göre mutlak üstün önemli olması |
| 2,4,6,8 | Ara değerler |

Ölçek kullanılarak karşılaştırılan kriterler sonucunda bir karşılaştırma matrisi elde edilir. Matriste i’inci kriter ile j’inci kriterle ait önem derecesinin karşılaştırılmasından elde edilecek derece a_{ij} ile gösterilirse matris aşağı genel gösterimi yapıldığı şekilde ifade edilebilecektir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \text{ (m x n boyutlu)}$$

İkili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonraki adım, kriterlerin karşılaştırma değerlerinin o sütuna ait toplam değere bölünerek normalizasyon işleminin gerçekleşmesidir. Daha sonra ise öncelikler vektörünün bulunması gerekmektedir. Normalizasyon işlemine ait formül Eşitlik (1), öncelikler vektörü işlemine ait formül Eşitlik (2)’de verilmiştir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$w_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Bu aşamadan sonra önem dereceleri arasında tutarlılığın test edilmesi gerekmektedir. AHP’ de tutarsızlık seviyesinin 0,10 değerinin altında kalması kabul edilebilir bir seviye olarak belirtilmiştir (Saaty, 1994). AHP’ de tutarlılık indeksi (CI) kriter sayısı ve temel değer olarak ifade edilen (λ) katsayısının

kıyaslanması ile hesaplanır. Tutarlılık oranı (CR) ise tutarlılık indeksinin (CI), Tablo 2'de verilen rassallık indeksine (RI) bölünmesi ile hesaplanır. Tutarlılık indeksi için kullanılan formül Eşitlik (3), tutarlılık oranı için kullanılan formül Eşitlik (4)'te verilmiştir.

Tablo 2. Rassallık İndeksi Değerleri

| N | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 |

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen Tutarsızlık Oranı (CR) 0,10 değerinin aşar ise karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi ihtiyacı ortaya çıkar. Eğer tutarsızlık söz konusu değil ise elde edilen kriter ağırlıkları farklı yöntemlerde kullanılabilir.

b. Gri İlişkisel Analiz (GİA)

GİA, 1989 yılında matematikçi Deng tarafından öneri olarak sunulan Gri Sistem Teorisi (GST)'nin bir parçası olarak geliştirilmiştir (Julong, 1989). GİA örneklem kümesinin veya örneklemin değerlendirildiği yargı kümelerinin küçük olduğu durumlarda örnekleme ait dağılım bilinmediği için kullanılan derecelendirme ve sıralama kabiliyetlerine sahip bir karar verme yöntemidir (Wen, 2004). GİA, hiyerarşik yapısı karışık sistemlerin karar aşamasında yardımcı olmak için sıkça başvurulan bir tekniktir. Bu sebeple çok kriterli karar verme tekniklerine başvurulması gereken problemlerin çözümünde yalın olarak veya diğer yöntemlerle entegre şekilde kullanılmaktadır (Köse, Aylak ve Kabak, 2013). GİA'da yöntem adımları veri setinin belirlenmesi ve karar matrisinin meydana getirilmesi adımıyla başlar. Hazırlanacak olan veri setinde i alternatifler, j ise alternatiflerin kriterler değerlendirilirken aldığı değerler olarak ifade edilirse x_{ij} 'lerden oluşan karar matrisi aşağıda genel gösterimi yapıldığı gibi yapılır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \text{ (m x n boyutlu)}$$

Karar matrisi oluşturulduktan sonra referans serisi ve karşılaştırma matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Bu işlemi yapabilmek için veri setindeki en küçük veya en büyük değerler kullanılır. Daha sonra belirlenen referans serisi X matrisinin en üst satırına eklenerek karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Karşılaştırma matrisi elde edildikten sonraki işlem, GİA yönteminde kullanılan verilerin aynı birime dönüştürülmesi için gerekli olan normalizasyon adımdır. Bu işlem gri sistem teorisinde gri oluşum olarak da adlandırılmaktadır (Tsai, Chang ve Chen, 2003). Normalizasyon işlemi için fayda, maliyet ve optimallik durumlarına bakılır. Sırasıyla bu durumlar için kullanılan formüller Eşitlik (5), Eşitlik (6) ve Eşitlik (7)'de verilmiştir.

$$X_i^* = \frac{x_i(j) - \min_j x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (5)$$

$$X_i^* = \frac{\max_j x_i(j) - x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (6)$$

$$X_i^* = \frac{|x_i(j) - x_{ob}(j)|}{\max_j x_i(j) - x_{ob}(j)} \quad (7)$$

Bu değerlerin hesaplanması sonucunda normalizasyon matrisi elde edilmiş olur. Tüm değerler 0-1 aralığında değer alır. Normalizasyon matrisinin genel gösterimi ise aşağıda X^* ile isimlendirilen matriste gösterildiği gibi yapılır.

$$X^* = \begin{bmatrix} x^*_{11} & \cdots & x^*_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x^*_{m1} & \cdots & x^*_{mn} \end{bmatrix}$$

Referans seriden X^* matrisi çıkarılarak elde edilecek değerler ile de Δ matrisi elde edilir. Matris içerisindeki hesaplamaların yapıldığı formül Eşitlik (8) 'de verilmiştir.

$$\Delta_{ij} = |x^*_{0j} - x^*_{ij}| \quad (8)$$

Δ mutlak değer matrisine ait genel gösterim ise aşağıda verildiği gibi yapılır.

$$\Delta_{0i} = \begin{bmatrix} \Delta_{11} & \cdots & \Delta_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{m1} & \cdots & \Delta_{mn} \end{bmatrix}$$

Bu işlem basamağı da gerçekleştirildikten sonra gri ilişkisel katsayıların bulunması gerçekleştirilir. Katsayıların hesaplanması için kullanılan formül Eşitlik (9)'da verilmiştir.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (9)$$

Formülde kullanılan Δ_{\max} ve Δ_{\min} mutlak fark matrisinde elde edilen en büyük ve en küçük değerleri ifade etmektedir. ζ ifadesi ise ayırıcı katsayısı olarak tanımlanır. 0-1 aralığında değer alabilir. Literatürde kullanılan genel kabul 0,5 değerini alması yönündedir. GİA'daki son işlem basamağı gri ilişkisel katsayıları kullanarak gri ilişkisel derecelerin hesaplanmasıdır. Gri ilişkisel derece diye bahsedilen kavram gri ilişkisel katsayıların kriter ağırlıkları ile çarpılmasıdır. Bu noktaya gelindiğinde iki konu ortaya çıkmaktadır. Birinci durum kriter ağırlıklarının eşit önem derecesine sahip olmasıdır. Problem bu şekilde dizayn edilmiş ise formül olarak Eşitlik (10) kullanılır. Eğer değişik çok kriterli karar verme yöntemlerinin yardımıyla elde edilmiş kriter ağırlıkları (w_i) söz konusu ise formül olarak Eşitlik (11) kullanılır.

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j) \quad (10)$$

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^n [w_i(j) \cdot \gamma_{0i}(j)] \quad (11)$$

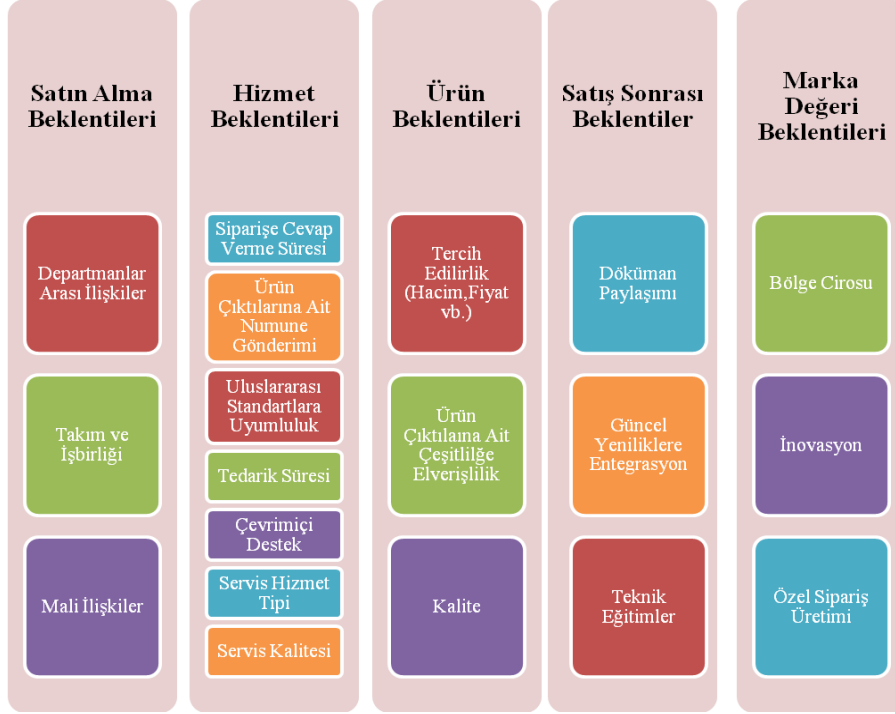
Gri ilişkisel dereceler hesaplandıktan sonra elde edilen matematiksel puanlar büyükten küçüğe sıralanır. En yüksek puan değerine sahip alternatif karar vericilere problemin çözümü için en iyi alternatif olarak önerilebilir.

Uygulama

Bu çalışmada kullanılan veriler ve makine alım problemi için alternatifleri değerlendirdiğimiz işletme, İstanbul Pendik bölgesinde plastik boru kaynak makinesi ve yardımcı elemanları üretimi üzerine faaliyet göstermektedir.

Çalışmada işletme yöneticilerinin isteği doğrultusunda, tüm departmanların talepleri de göz önünde bulundurarak 7 gruptan 21 kişi ile yapılan değerlendirmelerde kriterler ve kriterler arası hiyerarşik yapı belirlenmiştir. Çalışılan birimler üretim (saha) mühendisleri, üretim planlama mühendisleri, satın alma yetkilileri, finans ve muhasebe, kalite kontrol, bakım ve teknik hizmetler gruplarından oluşmaktadır. Ele alınan problemdeki makine ile ilgili bu gruplarda yetkili olarak görevli mühendis ve uzman yardımcısı pozisyonlarında çalışan 21 kişi ile değerlendirmeler yapılmıştır. Kriterlerin belirlenmesi işlemi için 3 görüşme yapılmıştır. İlk görüşme adımında niteliksel yöntemlerden uzman paneli adı da verilen karar verici kişilerin makine alım problemi ile alakalı beklentileri alınmıştır. Bu beklentilere göre yöneticilerden ziyade tüm departmanların bu sürece dâhil olduğu bilgisi edinilmiştir. Bu sebeple ikinci görüşme basamağında makine alımı ile doğrudan ilgisi bulunduğu düşünülen farklı departmanların beklentileri için çalışanlarla dikkat ettikleri hususlara dair konu başlıkları bir havuzda yöntemiyle toplanmıştır. Havuzda toplanan 42 kriter üzerinden eliminasyon yapılmıştır. Eleme işlemi yapılırken aynı departmandaki bireylerin üzerinde durdukları kriterler, birbirinin yerine ikame olabilecek olan kriterler kesişim kümesi olarak saptanmıştır. Son olarak ilişki ağacı oluşturularak ana beklentiler ve alt beklentiler şeklinde kriterler tasnif edilerek hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Bu kriterleri baz alarak alternatif tedarikçiler arasından en uygun olanın belirlenip makine alım işleminin gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Değerlendirmelere ilişkin işlemler yapılırken satın alma konusunda doğrudan rol alan uzman görüşleri alınmıştır. Bu görüşlere göre Satın Alma, Hizmet, Ürün, Satış Sonrası ve Marka Değerine ait beklentilerden oluşan 5 ana kriter ve bu kriterlere ait 19 alt kriter ile çalışılmıştır. Oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 1’de verilmiştir. Uzman görüşüne başvuru kriter karşılaştırmaları yapılırken her gruptaki yönetici ve uzman kadrolarının farklı şekilde değerlendirmelerinden kaynaklı olarak, AHP yardımıyla her bir kriterin önem derecesi belirlenmiş daha sonra GİA ile en iyi tedarikçi sıralamasına gidilmiştir. Bu aşamada başvuru kriter görüşleri geometrik ortalama yöntemini kullanarak birleştirilmiştir. Problemde ana ve alt kriterlere dair AHP ile yapılan hesaplamalar örnek teşkil etmesi açısından kriterlerin kendi arasında kıyaslamaları için karşılaştırma değerleri Tablo 3, bu karşılaştırmalara ait normalizasyon hesaplamaları ve son olarak tutarlılık kontrolü için yapılan hesaplamalar Tablo 4’te verilmiştir. Hesaplamalar sonucu elde edilen ağırlıklar ise hiyerarşik yapı içerisinde Tablo 5’te gösterilmiştir.

Alternatif Tedarikçiler Arasından Seçim Yapma



Şekil 1. Kriterlerin Belirlenmesinden Sonra Oluşan Hiyerarşik Yapı.

Departmanlar Arası İlişkiler: Satın alma departmanı ile alternatif firmanın satış ve pazarlama departmanları arasındaki iletişimi değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterdir.

Takım ve İşbirliği: Satın alma departmanı ile firmanın diğer departmanları arasında makine alımı gerçekleştikten sonra koordinasyonda yaşanacak durumları değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterdir.

Mali İlişkiler: Ürüne dair finansal konuları ürün fiyatı, vergi indirimleri, ödeme planı vb. durumları değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterdir.

Sipariş Cevap Verme Süresi: Yapılacak makine alımı için firmalardan ürünlerine dair bilgileri ve teklifleri içeren paylaşımlar istenmektedir. Ürün siparişi

öncesinde yapılan paylaşım işlemleri için firma dönüt sürelerini kıyaslayabilmek amacıyla tespit edilen kriterdir.

Ürün Çıktılarına Ait Numune Gönderimi: Firma satın almayı cevap veremediği özellikteki ürünlerin kaybindan dolayı yapmak istemektedir. Satın alınacak makinenin çıktısı olan plastik ürün numunelerin incelenme amacıyla gönderiminde problemler yaşanmaktadır. Numune gönderim durumu ve numune özelliklerini değerlendirmek için belirlenen kriterdir.

Uluslararası Standartlara Uyumluluk: Gerek teknik çerçevede kullanılacak parçalar ve bu parçaların yerine kullanılabilecek alternatiflerin ürün ağaçlarından vb. kontrolünün yapılması gerekse istenen uluslararası standartlarda olması ve bunların birinci elden incelenmesi için paylaşılmasının karşılaştırılması amacıyla değerlendirmeye alınan kriterdir.

Tedarik Süresi: Makine sipariş edildikten sonra hali hazırda satışa hazır olma durumu, uluslararası ticari işlemlere dair süre farklılıkları (gümrük vb.) değerlendirme amacıyla belirlenen kriterdir.

Çevrimiçi Destek: Firmaların ürün ile yaşanması olası arıza vb. durumlarda vermeyi kabul ettiği çevrimiçi hizmetleri değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterdir.

Servis Hizmet Tipi : Online olarak çözülemeyip ürüne dair fiili işlem yapılması gereken durumlarda firmaların taahhüt ettikleri servis tipleri farklılık göstermektedir. Bu durum anlaşmalı servisler, yetkili servisler ve tüm servisler olarak açıklanabilir. Bu servis tiplerinin farklılığı yan sanayi parça kullanımı, orijinal parça kullanımı ve gerektiğinde müşterinin isteğine göre her ikisine de yetki sahibi olma durumlarını içermektedir. Alternatiflere ait servisleri karşılaştırmak amacıyla kritere yer verilmiştir.

Servis Kalitesi: Servis hizmetlerine dair memnuniyetleri değerlendirmek amacıyla belirlenen bir kriterdir.

Tercih Edilirlik (Hacim, Fiyat vb.): Her ne kadar firmaların birbirlerine yakın fiziki özelliklerde ve fiyat skalasında ürünlerin satışını gerçekleştirdikleri bilinse de tamamen göz ardı etmek mümkün olmadığından tek bir başlık altında kıyaslama yapmak amacıyla belirlenen kriterdir.

Ürün Çıktılarında Çeşitliliğe Dair Elverişlilik: Çeşitli yardımcı malzemeler kullanarak, istenen ürün çıktılarında plastik boru boy ve ebatlarında çeşitliliğe gidilip gidilemeyeceğinin değerlendirilmesi amacıyla belirlenen kriterdir. Bu

sebeplerle karşılanamayan siparişlere cevap verebilme açısından önemli olduğu kıymetlendirilmektedir.

Kalite: Makinelerin ürün çıktılarının kalitelerini karşılaştırmak amacıyla belirlenmiştir. Beklentinin en yüksek olduğu kriterlerden bir tanesidir.

Doküman Paylaşımı: Teknik ve ticari doküman paylaşımlarının istenilen zaman ve içerikte yapılma durumunu değerlendirmeye almak amacıyla tespit edilen kriterdir.

Güncel Yeniliklere Entegrasyon: Yeni geliştirilen yardımcı malzemelerin alınacak makineye uyumlu şekilde montajı veya bu malzemelerin gerektiğinde kolaylıkla takılıp sökülebileme işleminin gerçekleştirilme durumunun değerlendirilmesi amacıyla belirlenen kriterdir.

Teknik Eğitimler: İhtiyaç duyulduğunda makineyi doğrudan kullanacak teknik personele verilecek eğitimler için kendi firmalarında veya satın alınacak firmada verilecek eğitimleri değerlendirebilmek için tespit edilen kriterdir.

Bölge Ciro: Makine parkurunda olması istenilen ürünlerin firma tarafından belli kalitede, bilinirlikte ve marka değerine sahip olması istenmektedir. Bu durum o firmanın bölgedeki ciro durumunun tahmini karşılaştırılması suretiyle kriter olarak eklenmiştir.

İnovasyon: Rekabetin kaçınılmaz olduğu üretim ortamında alternatif firmalar kendi sınıfında üst kategoride bulunsa dahi inovasyona açıklık durumlarının yorumlanarak çalışmaya devam edilebilirlik ve esneklik durumlarını değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterdir.

Özel Sipariş Üretimi: Bazı özel iş anlaşmaları nedeniyle spesifik bir ürüne ait makineye ihtiyaç duyulmaktadır. Firmanın kaçıracağı siparişler yetkililerce incelendiğinde birkaç ihalede bu durumla karşılaşıldığı tespit edilmiştir. İhale usulü antlaşmalarda yüklü miktarda ve belirli zaman periyodunda devamlılığı olan siparişlere cevap verilmek istenmektedir. Firmaların istenilen ebatlarda, renkte vb. plastik boru üretecek makineye ihtiyaç duyduğu bu gibi durumlar için özel imalata cevap verilme konusunu değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterdir.

Tablo 3. Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisi

| Özellikler | Satın Alma | Hizmet | Ürün | Satış Sonrası | Marka Değer |
|---------------------------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Satın Alma Beklentileri | 1,00 | 0,14 | 0,11 | 0,33 | 3,00 |
| Hizmet Beklentileri | 7,00 | 1,00 | 1,00 | 7,00 | 9,00 |
| Ürün Beklentileri | 9,00 | 1,00 | 1,00 | 7,00 | 9,00 |
| Satış Sonrası Beklentiler | 3,00 | 0,14 | 0,14 | 1,00 | 5,00 |
| Marka Değer Beklentileri | 0,33 | 0,11 | 0,11 | 0,20 | 1,00 |
| TOPLAM | 20,33 | 2,40 | 2,37 | 15,33 | 27,00 |

Tablo 4. Karşılaştırma Matrisinin Normalize Edilmiş Değerleri

| Özellikler | Satın Alma | Hizmet | Ürün | Satış Sonrası | Marka Değer | Tercih Ağırlığı |
|---------------------------|------------|--------|-------------|---------------|-------------|-----------------|
| Satın Alma Beklentileri | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,11 | 0,060 |
| Hizmet Beklentileri | 0,34 | 0,42 | 0,42 | 0,45 | 0,33 | 0,393 |
| Ürün Beklentileri | 0,44 | 0,42 | 0,42 | 0,45 | 0,33 | 0,413 |
| Satış Sonrası Beklentiler | 0,15 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,19 | 0,103 |
| Marka Değer Beklentileri | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,031 |
| CI =0,0853 | | | CR = 0,0762 | | | |

Tablo 5. Ana ve Alt Kriter Ağırlıkları

| ALTERNATİF TEDARİKÇİLER ARASINDAN SEÇİM YAPMA | | | |
|---|---|--------------------|--------------------|
| Ana Kriterler | Alt Kriterler | Alt Kriter Ağırlık | Ana Kriter Ağırlık |
| Satın Alma Beklentileri | Departmanlar Arası İlişkiler (K1) | 0,036 | 0,060 |
| | Takım ve İş birliği (K2) | 0,012 | |
| | Mali İlişkiler (K3) | 0,012 | |
| Hizmet Beklentileri | Siparişe Cevap Verme Süresi(K4) | 0,092 | 0,393 |
| | Ürün Çıktılarına Göre Numune Gönderim(K5) | 0,039 | |
| | Uluslararası Standartlara Uyumluluk(K6) | 0,051 | |
| | Tedarik Süresi (K7) | 0,022 | |
| | Çevrimiçi Destek(K8) | 0,114 | |
| | Servis Hizmet Tipi(K9) | 0,008 | |

Tablo 5. Ana ve Alt Kriter Ağırlıkları (devam)

| ALTERNATİF TEDARİKÇİLER ARASINDAN SEÇİM YAPMA | | | |
|--|--|---------------------------|---------------------------|
| Ana Kriterler | Alt Kriterler | Alt Kriter Ağırlık | Ana Kriter Ağırlık |
| Hizmet Beklentileri | Servis Kalitesi (K10) | 0,067 | 0,393 |
| Ürün Beklentileri | Tercih Edilirlik(Hacim, Fiyat, vb.) (K11) | 0,044 | 0,413 |
| | Ürün Çıktılarına Ait Çeşitliliğe Elverişlilik(K12) | 0,107 | |
| | Kalite (K13) | 0,262 | |
| Satış Sonrası Beklentiler | Doküman Paylaşımı(K14) | 0,034 | 0,103 |
| | Güncel Yeniliklere Entegrasyon (K15) | 0,054 | |
| | Teknik Eğitimler(K16) | 0,015 | |
| Marka Değer Beklentileri | Bölge Ciroosu(K17) | 0,003 | 0,031 |
| | İnovasyona Açık Olma (K18) | 0,007 | |
| | Özel Sipariş Üretimi(K19) | 0,021 | |

AHP ile ağırlıklar elde edildikten sonra GİA için veri setini kullanarak karar matrisini oluşturmak gerekmektedir. Buradan yola çıkarak karar verici konumundaki 2 müdür ve 2 yönetici ile birlikte çalışılmıştır. Alternatifler kriterlere ilişkin kesinlik içermeyen değerlendirme ifadeleri ve puan karşılıkları Tablo 6’da, bu değerlendirmeden sonra ortaya çıkan karar matrisi Tablo 7’de verilmiştir. Eğer yargı ifadesi yerine ölçülebilir nicel puanı varsa direkt o haliyle yazılmıştır. Dördüncü kriter olan siparişe cevap verme süresinin ölçülebilir bir değer alması bu duruma örnek olarak verilebilir.

Tablo 6. Değerlendirme Yargıları ve Puan Karşılığı

| Değerlendirme | Gri Kısaltması / Puan Karşılığı |
|----------------------|--|
| Çok Zayıf | ÇZ/1 |
| Zayıf | Z/2 |
| Orta | O/3 |
| İyi | İ/4 |
| Çok İyi | Çİ/5 |

Tablo 7. Alternatiflerin Kriterler ile Değerlendirilmelerinden Sonra Oluşan Dönüştürülmüş Karar Matrisi

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|------------|----|----|----|----|----|
| K1 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 |
| K2 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 |
| K3 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 |
| K4 | 30 | 50 | 30 | 70 | 70 |
| K5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 |
| K6 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 |
| K7 | 34 | 57 | 71 | 73 | 56 |
| K8 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| K9 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| K10 | 3 | 1 | 4 | 3 | 4 |
| K11 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| K12 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| K13 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| K14 | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| K15 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| K16 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 |
| K17 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| K18 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| K19 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |

Karar matrisi oluşturulduktan sonra referans seri oluşturulmuştur. Referans serisi her kriterin fayda veya maliyet fonksiyonu olmasına göre en büyükleme veya en küçükleme işlemi yapılarak bulunmuştur. Karar matrisi ve referans serisi oluşturulduktan sonra normalizasyon işlemi ile birimlerden arındırılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Normalize edilmiş karar matrisi elde edildikten sonra her bir değer referansından uzaklığını veren mutlak değer matrisi oluşturulmuştur. Bu işlemler için fayda durumunda Eşitlik 5, maliyet durumunda Eşitlik 6 ve Δ mutlak değer matrisi elemanları için Eşitlik 8 formül olarak kullanılmıştır. İşlem basamağı olarak gri ilişkisel katsayı matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Örnek teşkil etmesi açısından 5. alternatif için 19 alt kriterle ait hesaplanan değerler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Alternatif 5 İçin Gri İlişkisel Katsayı Değerleri

| A5 Gri İlişkisel Katsayılar | | | |
|-----------------------------|------|------------|------|
| K1 | 0,33 | K11 | 1,00 |
| K2 | 0,33 | K12 | 1,00 |
| K3 | 1,00 | K13 | 0,33 |
| K4 | 1,00 | K14 | 1,00 |
| K5 | 1,00 | K15 | 1,00 |
| K6 | 1,00 | K16 | 0,33 |
| K7 | 0,50 | K17 | 0,33 |
| K8 | 0,33 | K18 | 1,00 |
| K9 | 0,33 | K19 | 1,00 |
| K10 | 0,47 | | |

Bu aşamadan sonra gri ilişkisel derecelerin hesaplanması gerekmektedir. Gri ilişkisel dereceler katsayı matrisi değerleri ile kriterlere ait ağırlıkların çarpılmasıyla oluşturulmaktadır. Bu aşamada AHP ile elde edilen ağırlıkları probleme dâhil etmek için Eşitlik 11 kullanılmıştır. Ayrıca aradaki farkı görebilmek için bu ağırlıklandırılmalar olmasaydı eşit önem derecesi halini görebilmek için Eşitlik 10 kullanılarak Tablo 9'da verilen her iki duruma ait gri ilişkisel derece ve sıralamalar elde edilmiştir. Bu sıralamaları elde ederken Eşitlik 11'de kullanılan kriter ağırlıkları, Tablo 5'de AHP işlemleri sonucunda hesaplanmış olan değerlerdir. Ağırlık değerleri 19 kriter için, her kriterin ağırlık değeri ile o kritere ait ana kriterin ağırlığının çarpılması sonucunda yansıtılarak elde edilmiştir.

Kriterlerin eşit önem varsayımı ile ele alınması, karar vericilerin yorumlarının alternatifleri değerlendirmede ne denli önemli olduğunu inceleyebilme açısından önem taşımaktadır (Yıldırım ve Önder, 2015: 236-243).

Tablo 9. Alternatiflerin Gri İlişkisel Dereceleri ve Sıralanması

| Alternatifler | AHP Ağırlıklı İşlemler | | Eşit Önem Varsayımli İşlemler | |
|---------------|------------------------|------|-------------------------------|------|
| | Gri İlişkisel Derece | Sıra | Gri İlişkisel Derece | Sıra |
| Alternatif 1 | 0,54 | 5 | 0,58 | 4 |
| Alternatif 2 | 0,61 | 2 | 0,55 | 5 |
| Alternatif 3 | 0,57 | 4 | 0,61 | 3 |
| Alternatif 4 | 0,59 | 3 | 0,67 | 2 |
| Alternatif 5 | 0,71 | 1 | 0,70 | 1 |

Sonuçlar ve Değerlendirme

İşletmeler pek çok farklı konuda karar aşamasında problem yaşamaktadırlar. Bu karar problemleri birden fazla kritere göre değerlendirilen alternatiflerin arasından seçim yapmayı gerektirmektedir. Karar verici konumundaki kişilerin bu seçimi yapabilmesi için çok kriterli karar verme teknikleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada üretim sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin makine alım problemine yardımcı olmaya çalışılmış ve bunun için AHP ve GİA yöntemleri entegre şekilde kullanılmıştır. Makine alım problemi için 5 alternatif üretici ile çalışılmıştır. Bu alternatifleri değerlendirmek için kullanılacak kriterlerin tespiti karar verici konumundaki kişiler uzman görüşü biçiminde değerlendirilmiş ve 5 ana kriter ve bunlara bağlı 19 alt kriter tespit edilmiştir. Tüm kriterler karar vericiler için aynı önemi taşımadığı için AHP ile kriter ağırlıklandırması yapılmıştır. En önemli kriter 0,262 puan ile ürün kalitesi, en az önemli kriter ise 0,003 puanla tedarikçinin bölge cirosu olmuştur. Daha sonra GİA işlemleri için alternatiflerin kriter değerlendirmeleri kesin olmayan yargıları matematiksel olarak probleme katmak amacıyla Tablo 7’de verilen uzman değerlendirmeleri yardımıyla yapılmış ve sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre en iyi alternatif 0,71 puanla 5.alternatif bulunmuştur. Kriterlerin eşit öneme sahip olması varsayımı ile de karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmada en iyi alternatif hariç tüm alternatif sıralamalarının farklılaştığı gözlenmiştir. Bu farklılığın nedeni karar vericilerin kriterler üzerinde yaptığı değerlendirmelerin probleme ağırlık olarak dâhil edilmiş olmasıdır. AHP sayesinde kriterlerin ağırlıklandırılmasıyla daha tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Aynı şekilde uzman değerlendirmelerinde meydana gelecek değişmelere paralel olarak sıralamalarda değişiklik görülmesi muhtemeldir. Her iki durumda karar verici görüşlerinin önemine dair örnek teşkil etmektedir. Çalışmanın sonucu olarak tercih etmeleri gereken tedarikçi ve diğer sıralamalar karar vericilere sunulmuştur. Bu sayede firma makine alımı yapacağı alternatifler arasında kolaylıkla seçim yapacak herhangi bir olumsuz durum esnasında ise sıralı olan diğer firmalar ile bağlantı kurabilecektir.

Literatürde bulunan birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da AHP ve GİA aşamalarında sayısal olarak değerlendirilemeyen karşılaştırmalar için uzman görüşüne başvurulmuştur. Bunun temel nedeni çalışmada belirlenen kriterlerin ağırlıkla niteliksel olmasıdır. Çalışmada karşılanamayan siparişlere çözüm üretebilecek özellikte bir makine alımı gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu

makinenin kendisine ve çıktısı olan ürün özelliklerine dair ihtiyaçlar karar verici rolü üstlenen yöneticiler tarafından bilinmektedir. Yönetici değerlendirmeleri AHP yöntemi ile kriterleri ağırlıklandırmada ve GİA yöntemi ile alternatifleri karşılaştırmada bir arada kullanılmıştır. Alternatiflerin belirlenen kriterler üzerinde gideceği iyileşmeler veya uzmanların alternatifleri değerlendirirken kullandığı yargıların değişmesi durumunda sıralamaların da değişeceğine dikkat edilmesi gerekmektedir. Çok kriterli karar verme problemlerinde nicel olarak değerlendirme yapılabilen kriterler ile çalışmanın bu açıdan önemli olduğu söylenebilir. Ancak gerçek hayat problemlerinin alandaki uygulamalarında belirlenen kriterlerin, çoğunlukla nitel olarak değerlendirilmesi gerekliliği bu çalışmada da ön plana çıkmıştır. Karar vericilere sunulan çalışmanın sonuçlarından elde edilen alternatiflerin puanları ve sıralamaları bire bir olarak departmanlardan gelen değerlendirmeler doğrultusunda yapıldığından bu karşılaştırmaların objektif şekilde olduğu varsayımı ile hareket edilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu tarz makine alım problemlerine ait sıralamalar uzun yıllardır var olan VIKOR, TOPSIS gibi yöntemlerle yapılabileceği gibi EDAS, ARAS yöntemleri gibi diğer yöntemlere göre daha yeni olan çok kriterli karar verme yöntemleri yardımıyla da yapılabilir. Bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak karar vericilere alternatif sıralamaları için olası farklı sıralama perspektiflerinin de sunulabileceği değerlendirilmektedir.

Extended Summary

This study defines a problem that companies frequently face while selecting suppliers, increasing productivity rates, or aiming to show a positive trend in service quality.

All production companies face times when their machines on the production line are worn out, or re-scheduling needs to be done due to demand increases, or new products are introduced to the production line to support market changes. For such problems, it is always easier to cope with short-term and minor changes. However, when these solutions are not enough, producers need to consider new machinery purchasing and/or investments. Therefore, this raises the question of which supplier to choose for new machine purchases.

Companies do not only consider numerical criteria such as aftersales service network points, supply lead time, production capacity, and maintenance frequency, but they also look at non-numerical service quality, communication with suppliers,

and etc. Therefore, criteria for the best supplier must be determined under a systematic method.

In this study, we have worked with a company that sells plastic pipes and supplementives to more than 50 different countries. The company has determined that it can no longer respond to demand with the current machinery setup. They are considering a machine investment to be able to cope with the increasing demand. We have looked at multi-criteria problem-solving techniques to decide between new machine suppliers. Criteria have been determined according to the companies' expectations. Due to the fact that there are both numerical and non-numerical criteria, Analytical Hierarchy Process (AHP) and Grey Relational Analysis (GRA) have been used for the decision-making process.

For the study, five alternative suppliers, five main criteria, and nineteen sub-criteria have been determined. The criteria have been considered by all departments of the company to ensure purchasing, service quality, product quality, after-sales service, and brand value expectations are all met. Analytical Hierarchy Process has been used to determine the criteria coefficients. The order of alternative suppliers was affected by multiplying the weight values of the criteria obtained from the AHP with the grey relational value of those criteria.

The aim of this study is to choose the most efficient supplier among the five alternative companies and to give a perspective about the remaining four suppliers using the weights assigned. The supplier alternatives have been aligned according to the criteria that have been determined during the study and expert recommendations. Also, a methodology has been presented to the decision makers to use if the importance of criteria changes or new ideas arise that will change the weights of suppliers.

Kaynakça

Kitaplar

- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y., & Türen, U. (2015). *Sayısal Karar Verme Yöntemleri*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yıldırım, B. F., Önder, E. (2015). *Çok kriterli karar verme yöntemleri*. Bursa: Dora Basım-Yayın.

Makaleler

- Agrawal, V. P., Kohli, V., & Gupta, S. (1991). Computer aided robot selection: the 'multiple attribute decision making' approach. *The International Journal of Production Research*, 29(8), 1629-1644.
- Agrawal, V. P., Verma, A., & Agarwal, S. (1992). Computer-aided evaluation and selection of optimum grippers. *The International Journal Of Production Research*, 30(11), 2713-2732.
- Akın, N. G. (2019). Makine Seçimi Probleminde Entropi-ROV ve CRITIC-ROV Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (62), 20-39.
- Arslan, M. C., & Budak, E. (2004). A decision support system for machine tool selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Ayağ, Z., & Özdemir, R. G. (2006). A fuzzy AHP approach to evaluating machine tool alternatives. *Journal of intelligent manufacturing*, 17(2), 179-190.
- Bayrakdaroğlu, A., & Ege, İ. (2008). Türkiye'deki Bankaların Performansının Analitik Hiyerarşi Süreci İle Değerlendirilmesi Üzerine Bir Model Önerisi. *Türkiye İstatistik Kurumu*, 17, 32-49.
- Bozdağ, C. E., Kahraman, C., & Ruan, D. (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems. *Computers in Industry*, 51(1), 13-29.
- Cansu, G. Ö. K., & Perçin, S. (2017). Bütünleşik bulanık DEMATEL-bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması. *Journal of Yaşar University*, 12(48), 249-256.
- Ertuğrul, İ. (2007). Bulanik Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemine Uygulanması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 171-192.
- Faydalı, R., & Erkan, E. F. (2020). Makine Seçim Probleminin Bulanık VIKOR Yöntemiyle İncelenmesi. *Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi*, 3(1), 7-12.
- İç, Y. T., & Yurdakul, M. (2008). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini Kullanan Makine-Ekipman Seçim Çalışmalarında Bulanıklığın Sonuçlara

- Etkisinin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), 125-140.
- Julong, D. (1989). Introduction to grey system theory. *The Journal of grey system*, 1(1), 1-24.
- Kabak, M., ve Dağdeviren, M. (2017). A Hybrid approach based on ANP and grey relational analysis for machine selection. *Tehnicky vjesnik/Technical Gazette*, 24, 109-118.
- Karsak, E. E., & Kuzgunkaya, O. (2002). A fuzzy multiple objective programming approach for the selection of a flexible manufacturing system. *International journal of production economics*, 79(2), 101-111.
- Köse, E., Aplak, H. S., & Kabak, M. (2013). Personel Seçimi için Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım/An Integrated Approach Based on Grey System Theory for Personnel Selection. *Ege Akademik Bakis*, 13(4), 461.
- Li, H., Wang, W., Fan, L., Li, Q., & Chen, X. (2020). A novel hybrid MCDM model for machine tool selection using fuzzy DEMATEL, entropy weighting and later defuzzification VIKOR. *Applied Soft Computing Journal*, 91, 106207.
- Luong, L. H. (1998). A decision support system for the selection of computer-integrated manufacturing technologies. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 14(1), 45-53.
- Olabanji, O. M., & Mpofu, K. (2021). Appraisal of conceptual designs: Coalescing fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP) and fuzzy grey relational analysis (F-GRA). *Results in Engineering*, 9, 100194.
- Organ, A. (2013). Bulanık Dematel yöntemiyle makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 157-172.
- Parkan, C., & Wu, M. L. (1999). Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection. *Computers & Industrial Engineering*, 36(3), 503-523. Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 19-43.

- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 19-43.
- Samvedi, A., Jain V. ve Chan T. S. F. (2012). An integrated approach for machine tool selection using fuzzy analytical hierarchy process and grey relational analysis, *International Journal of Production Research*, 50(12), 3211-3221.
- Tolun, B. G., & Tümtürk, A. (2020). AHP ile Bütünleşik Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile Makine Seçimi: Tarım Makinaları Üretim İşletmesinde Bir Uygulama. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 21-34.
- Tsai, C. H., Chang, C. L., & Chen, L. (2003). Applying grey relational analysis to the vendor evaluation model. *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, 11(3), 45-53.
- Wen, K. L. (2004). *Grey Systems: Modeling and Prediction*, Yang's Scientific Research Institute, Yang's Scientific Press, Vol. 4.
- Yazıcı, E., Eren, T., & Alakaş, H. M. (2021). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile İşleme Merkezi Seçimi: İmalat İşletmesinde Uygulama. *Endüstri Mühendisliği*, 32(1), 34-54.
- Yılmaz, B., & Dağdeviren, M. (2010). Ekipman Seçimi Probleminde Ppromethee ve Bulanık Promethee Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4).
- Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process a survey of the method and its applications. *Interfaces*, 16(4), 96-108.