

BİR İMALAT ŞİRKETİNİN İYİLEŞTİRME PROJESİ SEÇİMİNDE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN UYGULANMASI

THE APPLICATION OF FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS TO SELECTION IMPROVEMENT PROJECTS FOR A MANUFACTURING COMPANY

Arş Gör. Dr. Vesile Sinem ARIKAN KARGI¹

ÖZET

Günümüz küresel rekabet koşullarında şirketlerin ayakta kalabilmeleri ve gelişebilmeleri için iyileştirme proje seçimlerinin son derece yaşamsal olduğunu görmekteyiz. Özellikle stratejik kararların alındığı iş dünyasında yaşanan belirsizlikler proje seçim kararlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Dolayısıyla çalışmamızın amacı stratejik bir karar niteliği taşıyan proje seçiminin uygulamasını yaptığımız şirkette yaşanacak belirsizliklerin önüne geçebilmek için iyileştirme projeleri seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık analitik hiyerarşi süreç yöntemini uygulamaktır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık kümeler, Proje Seçimi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Jel Kodları: C44,C61,D81

ABSTRACT

In today's global competitive conditions, the selection of improvement projects is highly important for companies to survive and develop. In particular, conditions of uncertainty in the business world where strategic decisions are made, greatly affect the project selection decision process. Therefore, the aim of this study is to apply the fuzzy analytic hierarchy process, a multi-criteria decision making method, in a company where we conducted a strategic decision-making process for project selection to overcome the conditions of uncertainty.

Key Words: Fuzzy Sets, Project Selection, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Jel Codes: C44,C61,D81

1. GİRİŞ

Günümüzde çok hızlı değişen ve rekabetin yoğun olduğu iş dünyasında şirketlerin ayakta kalabilmeleri ve sürdürülebilir gelişmeyi yakalayabilmeleri için değişimlere ayak uydurmaları gerekmektedir. Proje seçim problemi, küresel rekabet koşullarında şirketlerin ayakta kalabilmeleri ve rekabetçi olabilmeleri yönünden son derece önemlidir. Şirketlerin elinde bulunan sınırlı kaynakların, en fazla faydayı sağlayacak şekilde kullanılabilmesi ve ihtiyaçların doğru bir şekilde belirlenerek önceliklendirilmesi, ayrıca şirketlerin rekabetçi konumunu koruması açısından kritiktir. Şirketin amaçlarına uygun ve öncelikli kriterleri en iyi şekilde sağlayan projenin seçilip hayata geçirilmesi yöneticiler için önemlidir. Proje seçim sürecinde yer alan alternatifler arasından en uygun olanına karar vermek ise hiç de kolay değildir. Bunun için bilimsel yöntemlerden faydalanmak gereklidir. Bilindiği üzere karar verme aşamasında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılması, yöneticilerin alternatifleri değerlendirmesine yardımcı olmakta ve şirket kaynaklarının daha

¹ Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, vesa@uludag.edu.tr

verimli kullanılmasını sağlamaktadır. (Ömürbek ve Şimşek, 2014:307). Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerden biri de Analitik Hiyerarşi Sürecidir (AHP). Bu yöntem; karmaşık, yapılandırılmamış bir durumun, bileşenlerini ve değişkenlerini hiyerarşik bir düzende ifadesi her bir alternatifin kıyaslamalı önem düzeyine ilişkin kişisel yargıları nicel değerlendirmesi ve elde edilen yargıların sonucuna göre değişkenlerin öncelik düzeylerini ortaya koyarak sentez yapma yöntemi olarak tanımlanabilir (Saaty, 2005:5). Analitik hiyerarşi süreci, karar seçeneklerinin değerlendirilmesi ve seçilmesi sürecinde hem nicel hem de nitel karar kriterlerinin kullanılmasına imkân veren bir yöntem olmasından dolayı, birçok alanda karşılaşılan karar problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır (Arıkan Kargı ve Öztürk, 2012:122).

Bazı karar ortamlarında karar verme süreci subjektiftir ve belirsizlikleri içerir. İnsan düşüncesinin karmaşıklığı ve kişilerin tercihlerini sözel ifadeler ile anlatması karar verme sürecinde belirsizliklere neden olmaktadır. Söz konusu sözel ifadelerin belirsizliklerini matematiksel karar sistemlerine uyumlandırmak bulanık kümeler ile mümkün olmaktadır.

Çalışmamızın amacı, boru imalatı yapan bir şirketin kısa ve orta dönemde düşündükleri iyileştirme projelerinden en uygun olanın seçimine yardımcı olmaktır. Proje seçiminin kişiler tarafından yapılması, subjektifliği ve bazı belirsizlikleri de içermesi nedeniyle Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreç (BAHP) yönteminin kullanılmasının daha uygun olacağına karar verilmiştir.

Çalışmamızda ele aldığımız BAHP modelin anlaşılabilmesi için öncelikle bulanık kümeler teorisi başlığı altında bulanık kümeler ve bulanık sayılar anlatılmıştır. Daha sonra Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreç yöntemi açıklanmıştır. Uygulama kısmında ise boru imalatı yapan bir şirketin kısa ve orta dönemde düşündükleri iyileştirme projelerinden hangisinin seçiminin daha uygun olacağı BAHP yöntemi ile belirlenmiştir.

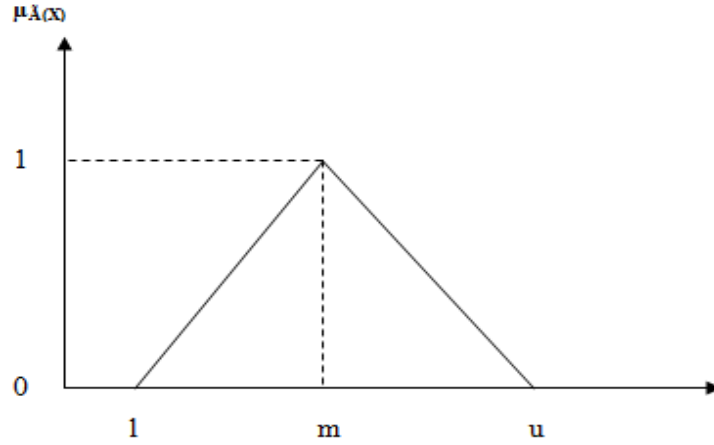
2. BULANIK KÜMELER TEORİSİ

Bulanık kümeler ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan “Bulanık Kümeler” adlı makale ile ortaya konulmuştur (Zadeh, 1965:338). Zadeh söz konusu bu çalışmada insan düşüncesinin büyük bir çoğunluğunun bulanık olduğunu, kesin olmadığını belirtmiştir. Bu yüzden 0 ve 1 ile temsil edilen iki değerli mantık sisteminin bu düşünceleri açıklamakta yetersiz kaldığını ifade etmiştir (Elmas, 2011:186). Bulanık mantık ilkeleri, belirsizliği açıklama yeteneği açısından üstünlüğü ile öne çıkmaktadır. Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır (Zadeh,1965:338). Bu üyelik dereceleri, bir bulanık küme için süreklilik arz eder. Bir bulanık kümenin temsili, sembolün üstünün çizilmesi ile ifade edilir. \tilde{A} bulanık kümesi için tanımlanacak olan bir üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}} : E \rightarrow [0,1]$ şeklinde ifade edilir (Hohle ve Rodahaugh, 1999: 63). Bulanık A kümesindeki x elemanı için üyelik derecesinin gösterimi $\{A = (x, \mu_A(x)) | x \in E\}$ şeklindedir. $\mu_{\tilde{A}}$ üyelik fonksiyonu, [0,1] kapalı aralığında gerçek bir sayıyı göstermektedir. Burada sıfır sayısı, ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını; bir sayısı da ilgili nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki herhangi bir sayı ise ilgili nesnenin kümeye kısmi üyeliğini gösterir (Öztürk, Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008:787).

Çalışılan konuya göre değişik bulanık sayılar kullanılabilir. Genel olarak pratik uygulamada yamuk veya üçgen bulanık sayılar kullanılmaktadır. Çalışmamızda üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Üçgensel bir bulanık sayı, Şekil 1’de gösterilmektedir. Üçgensel bir bulanık sayı, (l, m, u) veya (l, m, u) şeklinde gösterilir. l, m, u ifadeleri

sırasıyla bulanık bir olayda olası en düşük değeri, olası değeri ve olası en yüksek değeri ifade eder (Mahmoodzadeh vd, 2007:303).

Şekil 1: Üçgen Üyelik Fonksiyonu



Üçgen bir üyelik fonksiyonu ve elemanları aşağıda verilen fonksiyon ile ifade edilmektedir.

$$\mu_{\bar{A}} = \begin{cases} 0 & , x < 1 \\ (x-1)/(m-1) & , 1 \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m) & , m \leq x \leq u \\ 0 & , x > u \end{cases} \quad (1)$$

3. BULANIK AHP YÖNTEMİ

Thomas L. Saaty (1977) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. AHP'nin temel üstünlüklerinden birisi, çok sayıda kriteri bir arada değerlendirebilmesinin yanında anlaşılmasının da kolay bir yöntem olmasıdır. Ayrıca hem nitel hem de nicel kriterlerin değerlendirilmesine olanak verir. Bunun yanında AHP yöntemi uzman kişinin bilgisini almakla birlikte kişisel düşünme tarzını yansıtamaz. Öte yandan AHP yöntemi, ikili karşılaştırma sürecinde belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersizdir. Bir başka ifadeyle, ikili karşılaştırma sürecinin belirsizliğinden karar vericiler ikili karşılaştırmaları sabit bir değer olarak belirlemektense, bir aralık üzerinde ifade etmeyi veya sözel olarak gerçekleştirmeyi tercih ederler. Bu yüzden, hiyerarşik problemleri çözmek için Bulanık Analitik hiyerarşi süreci (BAHP) geliştirilmiştir.

Bulanık analitik hiyerarşi sürecine ilişkin ilk çalışmalar şöyle özetlenebilir. Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) üçgen üyelik fonksiyonları ile tanımlanmış bulanık oranların karşılaştırmasını yapmıştır. Daha sonra, Buckley (1985) karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlemiştir. Chang (1996) ikili karşılaştırmalarda üçgen bulanık sayıları kullanarak BAHP için yeni bir yaklaşım ortaya atmış ve karşılaştırmalarda genişletilmiş analiz tekniğini kullanmıştır. Zhu ve diğerleri (1999) Çin'de bulunan bir petrol şirketinin olası kazı noktalarının belirlenmesinde, Kwang ve Bai (2003) Kalite Fonksiyonu Göçerimi tekniğinde müşteri gereksinimlerinin önem

ağırlıklarının hesaplanmasında, Kahraman ve diğerleri (2004) en çok müşteri memnuniyetini sağlayan yemek şirketinin belirlenmesinde, Büyüközkan (2004) belirsizlik içeren koşullar altında e-pazar yeri seçiminde, Büyüközkan ve diğerleri (2004) yazılım geliştirme stratejisi seçiminde, Başlıgil (2005) en yüksek müşteri memnuniyetini veren en iyi yazılımın seçiminde, Ayağ ve Özdemir (2006) makine alternatiflerinin değerlendirilmesinde, Göksoy ve Güngör (2008) üniversite tercihlerinin sıralanmasında, Lee ve diğerleri (2008) Taiwan'da imalat sanayinde bilgi teknolojisi bölümlerinin değerlendirilmesinde, Güngör ve diğerleri (2009) personel seçim probleminde, Avcı Öztürk ve Başkaya (2012) bir ekmek fabrikasındaki un tedarikçisinin seçiminde, Kocamaz (2014) çimento üretim işletmesinde en uygun proje portföy seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreç yöntemini kullanmışlardır.

Çalışmamızda Chang tarafından ileri sürülen genişletilmiş analize dayalı BAHP yöntemi ele alınmıştır. Bu tekniğe göre izlenen yöntem aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir nesnel kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ bir amaçlar kümesi olsun. Genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne bir amacı gerçekleştirmek üzere ele alınır. Genişletilmiş ifadesi ile bu nesnenin amacı ne kadar gerçekleştirdiği ifade edilmektedir. Böylece, m tane genişletilmiş analiz değeri elde edilmiş olup şu şekilde gösterilir (Çakır, 2009:55).

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Buradaki tüm M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri üçgensel bulanık sayılardır. Chang'in Genişletilmiş analiz algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir (Cheng, 1996:343-350)

1. Adım: i. nesne için bulanık büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

Burada S_i , i. amacın sentez değerini M_{gi}^j her bir amaca yönelik genişletilmiş değeri ifade etmektedir. $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ değerini elde etmek için m adet genişletilmiş analiz değeri bulanık toplama işlemi aşağıdaki gibi bir matris ile uygulanır:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4)$$

ve $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ elde etmek için M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) değerlerinin bulanık toplam işlemi şu şekilde uygulanır:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5)$$

ve daha sonra (5) 'teki vektörün tersi şöyle hesaplanır:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{oi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (6)$$

2. Adım: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ olayının olabilirlik derecesi

$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$ şeklinde tanımlanır ve aşağıdaki ifade ile açıklanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{yükseklik}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & , m_2 \geq m_1 \\ 0 & , l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (7)$$

Burada d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek D kesişim noktasının ordinatıdır. M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

3. Adım: Konveks bir bulanık sayının k adet bulanık sayıdan, M_i ($i=1, 2, \dots, k$), daha büyük olabilirlik derecesi şöyle tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (8)$$

Bu durumda (3)'teki S_j 'ler için şu varsayımlar yapılmıştır:

$$k = 1, 2, \dots, n; k \neq j \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k). \quad (9)$$

Daha sonra ağırlık vektörü, A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 'nin n elemandan oluştuğu şu şekilde ifade edilir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (10)$$

4. Adım: Normalizasyon ile normalize edilmiş vektör W 'nin bulanık bir sayı olmadığı

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (11)$$

ifadesi ile gösterilir.

4. UYGULAMA

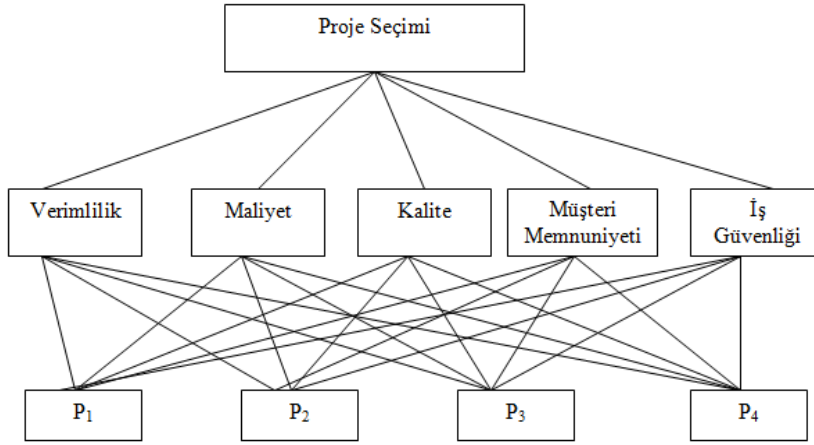
Uygulamasını yaptığımız şirketin yöneticileri ile görüştüğümüzde belirsiz durumlarda en iyi proje seçiminde problem yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Bu problemin çözümünde

bulanık AHP yönteminin uygun olacağı düşünülmüş ve şirketin imalat müdürü, imalat müdür yardımcısı ve şef mühendisin yer aldığı bir araştırma ekibi oluşturulmuştur.

Araştırma ekibi ile yapmış olduğumuz görüşme sonrasında; projenin seçiminde ele alınacak öncelikli kriterlerin verimlilik, maliyet, müşteri memnuniyeti gibi nitel ve nicel çok sayıda kriter belirlenmiştir. Karar vericilerin alternatif kriterleri değerlendirirken subjektif olmaları, kesin yargıya varamadıklarından dolayı proje seçimi için daha önce de ifade ettiğimiz gibi bulanık AHP modelinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Bulanık AHP modelinde, beş ana kriter ile dört tane proje ele alınmıştır. Modelimizde yer alan ana kriterler; verimlilik, maliyet, kalite, müşteri memnuniyeti ve iş güvenliğidir. İyileştirme projeleri ise sırasıyla; kaynak otomasyon oranını arttırmak(P_1), kaynak hatalarını azaltmak(P_2), malzeme taşıma güvenliğini arttırmak(P_3) ve spool boya sarf miktarını azaltmaktır(P_4). Şekil 2’de proje seçiminde kullanılacak kriter ve alternatiflerin hiyerarşik yapısı görülmektedir.

Şekil 2. Proje Seçim Probleminin Hiyerarşik Yapısı



BAHP modelinin hiyerarşik yapısı oluşturulduktan sonra, kriterler ve alternatifler ikili karşılaştırmalar yoluyla araştırma ekibi tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler anket yoluyla yapılmıştır. Araştırma ekibinin yaptığı değerlendirmeler Tablo 1’de verilen bulanık önem ölçeğine göre düzenlenmiş ve bu durum üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmiştir.

Tablo 1: AHP’ de Bulanık Önem Ölçeği

Dilsel İfade	Bulanık Ölçek (l,m,u)	Karşılık Ölçek
Eşit Derecede Önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
Biraz Daha Fazla Önemli	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Kuvvetli Derecede Önemli	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Tamamıyla Önemli	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Tablo 2. Amaca Göre Ana Kriterlerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	Verimlilik (V)	Maliyet (M)	Kalite (K)	İş Güvenliği(İ.G.)	Müşteri Mem.(M.M)
Verimlilik (V)	(1,1,1)	(3,4,5)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)
Maliyet (M)	(1/5,1/4,1/3)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(2,3,4)	(2,3,4)
Kalite (K)	(2,3,4)	(4,5,6)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/6,1/5,1/4)
İş Güvenliği (İ.G.)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(1,1,1)	(2,3,4)
Müşteri Mem.(M.M)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(4,5,6)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)

Tablo 2'deki verilerden yararlanarak kriterlerin sentez değerleri (3) ile (6) arasındaki eşitlikler kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$S_V = (4.75, 6, 7.5) \otimes (32.27, 42.98, 54.33)^{-1}$$

$$S_V = (0.08, 0.14, 0.23)$$

$$S_M = (5.36, 7.45, 9.58) \otimes (32.27, 42.98, 54.33)^{-1}$$

$$S_M = (0.10, 0.17, 0.30)$$

$$S_K = (7.41, 9.53, 11.75) \otimes (32.27, 42.98, 54.33)^{-1}$$

$$S_K = (0.14, 0.22, 0.36)$$

$$S_{I.G.} = (7.25, 10.33, 13.5) \otimes (32.27, 42.98, 54.33)^{-1}$$

$$S_{I.G.} = (0.13, 0.24, 0.42)$$

$$S_{M.M.} = (7.5, 9.67, 12) \otimes (32.27, 42.98, 54.33)^{-1}$$

$$S_{M.M.} = (0.14, 0.22, 0.37)$$

Eşitlik (7)ve (8) kullanılarak bulanık sentetik derece değerlerinin olabilirlik dereceleri aşağıda gösterilmiştir.

$$V(S_V \geq S_M) = 0.81$$

$$V(S_V \geq S_K) = 0.53$$

$$V(S_V \geq S_{I.G.}) = 0.50$$

$$V(S_V \geq S_{M.M.}) = 0.53$$

$$V(S_M \geq S_V) = 1$$

$$V(S_M \geq S_K) = 0.76$$

$$V(S_M \geq S_{I.G.}) = 0.71$$

$$V(S_M \geq S_{M.M.}) = 0.76$$

$$V(S_K \geq S_V) = 1$$

$$V(S_K \geq S_M) = 1$$

$$V(S_K \geq S_{I.G.}) = 0.92$$

$$V(S_K \geq S_{M.M.}) = 1$$

$$V(S_{I.G.} \geq S_V) = 1$$

$$V(S_{I.G} \geq S_M) = 1$$

$$V(S_{I.G} \geq S_K) = 1$$

$$V(S_{I.G} \geq S_{M.M}) = 1$$

$$V(S_{M.M} \geq S_V) = 1$$

$$V(S_{M.M} \geq S_M) = 1$$

$$V(S_{M.M} \geq S_K) = 1$$

$$V(S_{M.M} \geq S_{I.G}) = 0.92$$

Elde edilen bu değerler yardımıyla eşitlik (9) kullanılarak kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$d'(V) = \min(0.81, 0.53, 0.50, 0.53) = 0.50$$

$$d'(M) = \min(1, 0.76, 0.71, 0.76) = 0.71$$

$$d'(K) = \min(1, 1, 0.92, 1) = 0.92$$

$$d'(\dot{I}.G) = \min(1, 1, 1, 1) = 1$$

$$d'(M.M) = \min(1, 1, 1, 0.92) = 0.92$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucundaki aşağıdaki ağırlık vektörü elde edilmiştir.

$$W' = (0.50, 0.71, 0.92, 1, 0.92)$$

Belirlenen ağırlık vektörün normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri sırasıyla; (0.12, 0.17, 0.23, 0.25, 0.23) olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre işletme proje seçim probleminde, en fazla iş güvenliği kriterine önem vermektedir. İş güvenliği kriterini eşit öneme sahip kalite ve müşteri memnuniyeti kriterleri izlemektedir. Daha sonra ise maliyet ve verimlilik kriterleri gelmektedir.

Kriterlere ilişkin ağırlıklar belirlendikten sonra karar vericilerin her kriter için dört proje alternatifini değerlendirmeleri ele alınmıştır. İlk olarak verimlilik kriteri için alternatiflerin değerlendirme sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Verimlilik Kriterine Göre Alternatiflerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	P1	P2	P3	P4
P1	(1,1,1)	(4,5,6)	(6,7,8)	(4,5,6)
P2	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(4,5,6)	(2,3,4)
P3	(1/8,1/7,1/6)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
P4	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(1,1,1)

Tablo 3'teki verilerden yararlanarak verimlilik kriteri için dört alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.93 0.06, 0, 0.01) olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre verimlilik kriteri altında en iyi alternatif P₁ iken bu alternatifi sırasıyla P₂ ve P₄ izlemektedir. P₃ alternatifi ise sıfır değerini almaktadır.

Tablo 4: Maliyet Kriterine Göre Alternatiflerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	P1	P2	P3	P4
P1	(1,1,1)	(2,3,4)	(8,9,9)	(2,3,4)
P2	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(6,7,8)	(1,1,1)
P3	(1/9,1/9,1/8)	(1/8,1/7,1/6)	(1,1,1)	(1/8,1/7,1/6)
P4	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(6,7,8)	(1,1,1)

Tablo 4'teki verilerden yararlanarak maliyet kriteri için dört alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.84, 0.08, 0, 0.08) olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre maliyet kriteri altında en iyi alternatif P_1 iken bu alternatifi P_2 ve P_4 eşit bir şekilde izlemekte, P_3 alternatifi ise sıfır değerini almaktadır.

Tablo 5: Kalite Kriterine Göre Alternatiflerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	P1	P2	P3	P4
P1	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(6,7,8)	(4,5,6)
P2	(2,3,4)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)
P3	(1/8,1/7,1/6)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/8,1/7,1/6)
P4	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(6,7,8)	(1,1,1)

Tablo 5'teki verilerden yararlanarak kalite kriteri için dört alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.42, 0.46, 0, 0.12) olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre kalite kriteri altında en iyi alternatif P_2 iken bu alternatifi P_1 ve P_4 izlemekte, P_3 alternatifi ise sıfır değerini almaktadır.

Tablo 6: İş Güvenliği Kriterine Göre Alternatiflerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	P1	P2	P3	P4
P1	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/8,1/7,1/6)	(2,3,4)
P2	(2,3,4)	(1,1,1)	(1/8,1/7,1/6)	(2,3,4)
P3	(6,7,8)	(6,7,8)	(1,1,1)	(8,9,9)
P4	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/9,1/8,1/8)	(1,1,1)

Tablo 6'daki verilerden yararlanarak iş güvenliği kriteri için dört alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0,0,1,0) olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre iş güvenliği kriteri altında en iyi alternatif P_3 iken P_1 , P_2 ve P_4 alternatifleri ise sıfır değerini almaktadır.

Tablo 7: Müşteri Memnuniyeti Kriterine Göre Alternatiflerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	P1	P2	P3	P4
P1	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
P2	(2,3,4)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)
P3	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)
P4	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)

Tablo 7'deki verilerden yararlanarak müşteri memnuniyeti için dört alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.17, 0.42, 0.24, 0.17) olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre müşteri memnuniyeti kriteri altında en iyi alternatif P_2 iken bu alternatifi P_3 izlemekte, P_1 ve P_4 alternatifleri ise eşit şekilde gelmektedir.

Alternatiflerin beş kriter altında değerlendirilmesinden sonra elde edilen bu değerler ile her kritere ilişkin ağırlıklar çarpılarak elde edilen ağırlıklı değerler toplanır. Bu toplam değerler Tablo 8'de de görüldüğü üzere alternatiflerin üstünlük ağırlıklarıdır. Bu değerlere göre alternatiflere ilişkin sıralama P_1 , P_3 P_2 ve P_4 şeklindedir. Buna göre işletme için belirlediğimiz kriterler altında sürekli iyileştirme projeleri arasından en uygun olan proje P_1 olan kaynak otomasyon oranının artırılması projesidir.

Tablo 8: Kriterlere Göre Önem Ağırlık Matrisi

Kriterler	Verimlilik	Maliyet	Kalite	İş güvenliği	Müşteri Memnuniyeti	Alternatif Üstünlük Ağırlığı
Kriter Ağırlığı	0.12	0.17	0.23	0.25	0.23	
Alternatif						
P1	0.93	0.84	0.42	0	0.17	0.39
P2	0.06	0.08	0.46	0	0.42	0.22
P3	0	0	0	1	0.24	0.31
P4	0.01	0.08	0.12	0	0.17	0.08

5. SONUÇ

Proje seçim problemi günümüzün küresel rekabet koşullarında şirketler için en önemli konudur. Hızlı bir şekilde değişen ve gelişen ekonomik ve sosyal koşullar, şirketleri özellikle de firma yöneticilerini sürekli olarak en iyi ve doğru karar almaya zorlamaktadır. Çalışmamızın temel amacı Boru imalatı yapan bir firmanın kısa ve orta dönemde belirlemiş olduğu iyileştirme projelerinden en uygun olanına karar vermektir. Bunun için firma ile oluşturduğumuz araştırma ekibi ile öncelikle kriterler belirlenmiştir. Daha sonra belirlediğimiz kriterlerin birden çok olması ve hem nicel hem de nitel kriterleri içermesinden dolayı Çok Kriterli Karar Verme yöntemi önerilmiştir. Ayrıca çalışmamızda klasik sayılar ile uygulanan bu yöntem karar vericinin yargılarından ortaya çıkan bulanıklıkların ve belirsizliklerin değerlendirilmesinde yetersiz kaldığından klasik sayılar yerine bulanık sayıların kullanıldığı *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme* yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, belirsiz ortamlarda gerek nitel ve gerek nicel kriterleri ele alarak en uygun alternatifin seçilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmamızda bulanık AHP yöntemiyle, gerçek bir problem ele alınarak proje seçim problemi modellenmiş ve çözülmüştür. Problemin çözümünde beş ana kriter ile dört alternatif yer almıştır. Proje seçim probleminin Bulanık AHP ile çözümü sonucunda ana kriterlere ilişkin en yüksek ağırlık %25 ile iş güvenliği kriteri bulunmuştur. Bunun anlamı iyileştirme projeleri belirlenirken firma için en önemli kriterin iş güvenliğinin olduğudur. Çünkü çalışanların sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışması öncelikli önemlidir. Firmada iş kazası olması durumunda fabrikanın üretim sürecinin kesilmesi çalışanlar üzerinde oluşturacağı psikolojik olumsuzluklar dolayısıyla hem maliyet hem verimlilik hem de müşteri memnuniyetinin azalmasına neden olacağından, bu kritere önem verilmelidir. İş güvenliği kriterini %23 ile kalite ve müşteri memnuniyeti, %17 ile maliyet ve %12 ile verimlilik kriteri izlemektedir. En uygun projenin belirlenmesi amacıyla uygulamasını yaptığımız modelin çözümü sonucunda, ilk olarak kaynak otomasyon oranının artırılmasına ilişkin P₁ projesinin uygulanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak şirketin karar vericileri öncelikli olarak kaynak otomasyon oranının artırılması projesini ele almaları daha sonra da sırasıyla P₃ isimli malzeme taşıma güvenliğini artırılması projesi, P₂ isimli kaynak hatalarını azaltım projesi ve sonra da P₄ isimli spool boya sarf miktarının azaltılması projesini ele almaları önerilmiştir.

KAYNAKÇA

- ARIKAN KARGI, V. S. ve ÖZTÜRK, A. (2012). "Subcontractor Selection Using Analytic Hierarchy Process", *Business and Economics Research Journal*, 3(3): 121-143.
- AVCI ÖZTÜRK, B. ve BAŞKAYA, Z. (2012). "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bir Ekmek Fabrikasında Un Tedarikçisinin Seçimi", *Business and Economics Research Journal*, 3(1): 131-159.
- AYAĞ, Z. ve ÖZDEMİR, R.G. (2006). "A Fuzzy Approach to Evaluating Machine Tool Alternatives", *Journal Of Intelligent Manufacturing*, 17: 179-190.
- BUCLEY J.J., (1985), "Fuzzy Hierarchical Analysis" *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3): 233–247.
- BÜYÜKÖZKAN, G. (2004). "Multi-criteria Decision Making for e-market Selection", *Internet Research*, 14(2): 138-154.
- BÜYÜKÖZKAN, G., KAHRAMAN C. ve RUAN, D. (2004). "A Fuzzy Multi-criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection", *International Journal of General Systems*, 33(2): 259-280.
- BAŞLIGİL, H. (2005). "A Fuzzy Analytic Hierarchy Process For Software Selection Problems", *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 3: 24-33.
- CHANG, D.Y. (1996). "Applications of The Extent Analysis Method of Fuzzy AHP", *European Journal Of Operational Research*, 95 (3): 649-655.
- CHENG, C.H. (1996). "Evaluation Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on Grade Value of Membership Function", *European Journal of Operational Research*, 96(2): 343-350
- ÇAKIR, E. (2009). *Logistics Outsourcing and Selection of Third Party Logistics Service Provider (3PL) via Fuzzy AHP*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ELMAS, Ç. (2011). *Yapay Zekâ Uygulamaları*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- GÖKSU, A. ve GÜNGÖR, I. (2008). "Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3): 1-26.
- GÜNGÖR, Z., GÜRKAN, K. ve SAADETTİN E. (2009). "A Fuzzy AHP Approach to Personnel Selection Problem", *Applied Soft Computing*, 9(2): 641-646.
- HOHLE, U. ve RODAHAUGH, S. E. (1999). *Mathematics Of Fuzzy Sets, Logic, Topology And Measure Theory*, Kluwer Academic Publishers, USA.
- KAHRAMAN, C., CEBECİ, U. ve ULUKAN, Z. (2003). "Multi- Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP" *Logistics Information Management*, 16 (6): 382-394.
- KOCAMAZ, M. (2014). "Proje Portföyü Seçiminde Çok Boyutlu Sırt Çantası Modeli ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi", *Ege Akademik Bakış*, 14(3): 493-498.
- KWANG, C.K. & BAI, H. (2003). "Determining the Importance Weights For the Customer Requirements in QFD Using A Fuzzy AHP with Extent Analysis Approach. *IIE Transactions*, 35: 619-626.
- LAARHOVEN V. ve PEDRYCZ, W. (1983). "A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 11: 229-241.

- LEE, S. K., MOGI, G., KIM J. W. ve BONG G.J. (2008). "A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach for Assessing National Competitiveness in the Hydrogen Technology Sector. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 33 (23): 6840-6848.
- MAHMOODZADEH,S.,SHAHRABI, J.,PARIAZAR,M. and. ZAERI M. S.(2007). "Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique", *International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering* 1(6): 301-306.
- ÖMÜRBEK, N. ve ŞİMŞEK A(2014). "Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreç Yöntemleri ile Online Alışveriş Site Seçimi" *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22: 306-327.
- ÖZTÜRK, A., ERTUĞRUL, İ. ve KARAKAŞOĞLU, N. (2008). "Nakliye Firması Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması", *Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi*, 25(2): 785-824.
- SAATY, L.T. (2005), *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, RWS Publications.
- SAATY, L.T. (1977). "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 59-62.
- VAHIDNIA, M. H., ALESHEIKH, A. A. ve ALIMOHAMMADI, A. (2009). "Hospital Site Selection Using Fuzzy AHP and Its Derivatives", *Journal Of Environmental Management*, 90 (10): 3048-3056.
- YAGER, R. R. (1978). "Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives". *Fuzzy Sets And Systems*, 1: 87-95.
- ZADEH, L.A. (1965). "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8: 338–353.
- ZHU, K., JING, Y. ve GHANG, D.(1999). "Theory and Methodology a Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP". *European Journal Of Operational Research*, 116: 450-456.