

BULANIK AHP – VIKOR BÜTÜNLEŞİK YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Erdal YILMAZ*

Özet

Rekabetçi ve dinamik bir iş ortamında faaliyet gösteren firmaların yaşamlarını sürdürebilmeleri için artık sadece kendi yetenek ve imkânları yeterli olmamaktadır. Rekabet büyük oranda firmaların sınırlarının ötesine geçerek tedarik zincirleri boyutuna taşınmıştır. Bu nedenle de, rekabetçi kurumlar, tedarik zincirlerini uzun süreli, karşılıklı güven ve açıklık politikaları üzerine inşa etmek durumundadırlar. Bu durum ise tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi problemini firmalar için her geçen gün daha kritik ve hayati bir düzeye taşımaktadır. Gerek ilgili yazında gerekse uygulamada bu problemin çözümüne ilişkin çok farklı yöntemlerin kullanıldığı, çok sayıda çalışma vardır. Ancak Bulanık AHP – VIKOR bütünleşik yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır. Çok kriterli karar problemlerinin çözümünde kullanılacak, daha esnek ve pratik yapısıyla Bulanık AHP - VIKOR bütünleşik yöntemi çalışmamızda, endüstriyel fırın üreten bir firmanın tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi problemine uygulanmıştır. Uygulama sonucunda, Bulanık AHP – VIKOR bütünleşik yönteminin, pratik ve esnek bir yöntem olduğu, uygulamadaki belirsizliklere ve dinamik ortama rahatlıkla uyum sağlayabilecek bir yapıya sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Tedarikçi Seçimi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, VIKOR.*

JEL Sınıflaması: *M11*

INTEGRATED FUZZY AHP – VIKOR MODEL FOR SUPPLIER SELECTION

Abstract

It has become more difficult for the firms to survive in a dynamic and competitive environment by relying solely on their capabilities and resources. In these industries competition has increased and has spread towards the supply chain activi-

* Yardımcı Doçent Doktor, Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü,
erdalyilmaz@marmara.edu.tr

ties. This situation requires the organizations to build their supply chain activities on mutual trust and long-term transparent policies. Thus, supplier selection and evaluation problem has become a crucial part of the management activities. Due to its importance there are several studies in the literature that examine this problem utilizing many different methods. However, to the best of our knowledge, the number of studies that utilize Fuzzy AHP integrated with VIKOR is very limited. This integrated method contributes to solving this problem by providing increased flexibility and practicality. This study applies the integrated Fuzzy AHP – VIKOR method on solving the supplier selection and evaluation problem of an industrial oven manufacturer. Then, this integrated method is proposed to deal with the supplier selection problems.

Keywords: Supplier Selection, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, VIKOR.

JEL Classification: M11

1. Giriş

Herhangi bir mal ya da hizmetin rekabetçi bir ortamda hayatta kalabilmesi ürünün tasarımından müşteriye ulaşıp tüketilmesine kadar pek çok kritik faktörün uygun bir şekilde bir araya gelmesini gerektirir. Tedarik Zinciri Yönetimi, hammaddeden nihai ürünün dağıtımına kadar sürecin uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlayacak önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. İyi bir tedarik zinciri tasarımı firmaların rekabetçi bir ortamda hayatta kalabilmeleri için önemli bir rol oynar. Tedarik zinciri tasarımının en önemli adımı ise tedarikçi seçimi aşamasıdır. Tedarikçi seçim aşamasında; belirlenen alternatif tedarikçiler arasından firmanın iş amaçlarına en uygun olanının belirlenmesi söz konusudur.

Kısa dönemli, düşük satın alma maliyeti esasına dayalı tedarikçi ilişkileri yerini uzun dönemli, karşılıklı güvene dayalı tedarikçi ilişkilerine bırakmaya başlamıştır. Bununla beraber tedarikçi seçim ve değerlendirme probleminin de önemi giderek artmıştır. Tedarikçi seçimi problemi artık çok boyutlu, karmaşık bir karar problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tipik olarak bir tedarikçi seçim problemi; potansiyel tedarikçilerin belirlenmesi, bu alternatifler arasından en uygun tedarikçi ya da tedarikçilerin seçimi ve belirlenen tedarikçilere verilecek sipariş miktarlarının tespit edilmesinden oluşmaktadır. Burada iki kritik nokta; tedarikçilerin değerlendirilmesi için kullanılacak seçim kriterlerinin ve ağırlıklarının belirlenmesi ile değerlendirilen tedarikçilerin uygunluk derecelerine göre sıralanması olacaktır. Çalışmamız da bu iki temel aşamadan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. İlk adımda tedarikçi değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin firma iş amaçları doğrultusunda ağırlıklarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Bulanık AHP yönteminden yararlanılacaktır. İkinci adımda ise firmanın çalışabileceği alternatif tedarikçilerin, seçim kriterleri yardımıyla değerlendirilerek, tercih sırasına dizilmesi hedeflenmektedir. Bunun için de VIKOR yönteminden yararlanılacaktır.

Önerilen Bulanık AHP – VIKOR bütünleşik yönteminin, problemi alt problemlere bölerek çözen yapısı karar alıcılara önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca

önerilen yöntem, karar alıcıya, süreçteki belirsizlik ve öznellik içeren verilerle de olsa etkin bir karar alma şansı tanımaktadır. Bunun yanı sıra, Bulanık AHP – VIKOR yöntemi, çok kriterli karar modelleri için çözüm öneren, oldukça pratik, değişimlere kolayca adapte olabilen esnek yapısıyla da tedarikçi seçimi ve değerlendirme problemlerinin çözümüne uygun bir yapıya sahiptir. Bu nedenlerle çalışmamızda Bulanık AHP – VIKOR yöntemi önerilecektir.

2. Çok Kriterli Karar Problemi Olarak Tedarikçi Seçimi

2.1. Tedarikçi Seçim Kriterleri

Tedarikçi değerlendirme ve seçimi kriterlerinin belirlenmesine yönelik ilk çalışma Dickson¹ tarafından yapılmıştır. Yirmüç farklı kriterin tanımlandığı çalışmada Dickson; Kalite, Zamanında Teslimat, Fiyat, Performans Geçmişi, Garanti Koşulları, Teknik Yeterlilik ve Finansal İstikrar gibi kriterler tanımlamıştır. Evans² ve Shipley³ yaptıkları çalışmalarda fiyat, kalite ve teslimat olmak üzere temel üç kriter kullanmışlardır. Ellram⁴ ise tedarikçi değerlendirme sürecinde ürün kalitesi, teklif edilen fiyat, teslimat süresi ve hizmet kalitesi kriterlerinin kullanılmasını önermiştir.

Weber, Current ve Benton⁵, uygulamada en çok kullanılan tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi amacıyla yönelik araştırmalarında Dickson'ın tanımladığı 23 kriteri kullanım yoğunluğuna göre sıralamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre uygulamada en çok öne çıkan kriterler: Fiyat, teslimat, kalite ve üretken kapasitedir.

Millen⁶ üreticilerin 2 boyutlu bir değerlendirme sistemine sahip olmaları gerektiğini öne sürmüştür: 1. Süreç Odaklı Değerlendirme (teslimat maliyeti, kalite, yönetim ve teknoloji), 2. Performans Odaklı Değerlendirme (kalite ve teslimat performansı). Tam ve Tummala⁷ kalite, maliyet, problem çözme yeteneği, uzmanlık, teslimat süresi, tecrübe ve itibar kriterlerini önermişlerdir. Pi ve Low⁸ kalite, zamanında teslimat, fiyat ve hizmet kriterlerini yaptıkları çalışmada kullanmışlardır. Ayrıca özel-

¹ G.W., DICKSON, "An Analysis of Supplier Selection System and Decision", **Journal of Purchasing**, cilt.2, no.1, 1966, s.5.

² R.H., EVANS, "Choice Criteria Revisited", **Journal of Marketing**, cilt.44, no.1, 1980, s.55.

³ D.D., SHIPLEY, "Reseller's Supplier Selection Criteria for Different Consumer Products", **European Journal of Marketing**, cilt.19, no.7, 1985, s.29.

⁴ L., ELLRAM, "The Supplier Selection Decision in Strategic Partnerships", **Journal of Purchasing and Materials Management**, cilt.26, no. 1, 1990, s. 10.

⁵ C.L., WEBER, J.R., CURRENT, ve W.C., BENTON, "Vendor Selection Criteria and Methods", **European Journal of Operational Research**, cilt.50, no.1, 1991, s. 5.

⁶ P.A., MILLEN, "Supplier Evaluation Revisited", **Purchasing**, cilt.111, 1991, s. 59.

⁷ M.C.Y., TAM, ve V.M.R., TUMMALA, "An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System", **Omega**, cilt.29, 2001, s. 175.

⁸ W.N., PI, ve C., LOW, "Supplier Evaluation and Selection Using Taguchi Loss Functions", **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, cilt.26, 2005, s. 156.

likle tüketici pazarlarında garanti koşulları da seçim sürecinde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha iyi garanti koşulları kullanıcılar için bir sigorta görevi görürken aynı zamanda yüksek ürün kalitesi algısı yaratmaktadır.⁹

Uygulamada satın alma fiyatı en yaygın değerlendirme kriteri olarak karşımıza çıkmaktadır. 1998 yılında Purchasing dergisi için yapılan bir anket çalışmasına katılan satın almacılar (%92 oranında) ‘ürünlerin uygun bir fiyat ile satın alınmasının’ en büyük sorumlulukları olduğunu dile getirmişlerdir. Yine aynı oranda satın almacı, fiyat kriterinin tedarikçi seçiminde kilit role sahip olduğunu belirtmişlerdir.¹⁰

Yaygın olarak kullanılan diğer bir değerlendirme kriteri ise kalitedir. Bununla beraber kalite kavramının çok boyutlu yapısı (performans, güvenilirlik, uygunluk, dayanıklılık, estetik, vb.) belirli bir firmayı değerlendirme kriteri olarak kalite kavramının farklı şekillerde algılanmasına yol açabilmektedir. Ayrıca tasarım kalitesindeki artışın maliyetlerdeki artışı da beraberinde getirmesi, firmaların ‘en yüksek kalite düzeyinde’ değil kendileri için ‘en uygun kalite düzeyinde’ üretim yapan tedarikçileri seçmelerini zorunlu kılmaktadır.

Artan rekabet baskısıyla üreticilerin stok maliyetlerini azaltma çabaları beraberinde tam zamanında satın alma anlayışını getirmiştir. Ancak bu sistemi hayata geçirmek isteyen firmaların tedarikçileriyle çalışma prensiplerinde de köklü değişiklikler yapmaları gerekmektedir. Bu değişiklikler, fiyat, teslimat zamanları ve hizmet yeterliliği gibi konularda tedarikçileriyle uzun süreli ve karşılıklı güvене dayalı bir çalışma prensibini de kapsayacaktır. Bu durum ise, doğal olarak, tedarikçi seçim karar sürecini de etkileyecek; problemin yapısı sıklıkla karşılaşılan ‘tedarikçi seçimi’ yerine uzun yıllardır çalışılan tedarikçilerin periyodik ve sağlıklı bir şekilde ‘değerlendirilmesi’ şekline dönüşecektir.

2.2. Tedarikçi Seçim Yöntemleri

Uzun yıllardır yapılan çalışmalarda tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi problemlerine tek amaçlı, kesin ve belirli veriye dayanan değişik matematiksel (optimizasyon) modeller yardımıyla çözümler önerilmiştir. Ancak gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin çözümü için, söz konusu tek amaçlı optimizasyon modelleri uygun değildir. Tedarikçi seçimi problemi söz konusu olduğunda çoğunlukla veriler belirsiz ve hatalı (ya da eksik) olmakta, aynı zamanda tek bir amacı optimize etmek karar süreçleri açısından yetersiz kalmaktadır.¹¹ Bu nedenle problemin çözümünde sıklıkla Çok Kriterli Karar Modelleri tercih edilmektedir.

⁹ C.C., WU, P.C., LIN, ve C.Y., CHOU, “Determination of Price and Warranty Length for a Normal Lifetime Distributed Product”, **International Journal of Production Economics**, cilt.102, 2006, s. 98.

¹⁰ P., KOTLER, ve K.L., KELLER, **Marketing Management**, New Jersey: Prentice Hall, 2006.

¹¹ M., SARAMI, S., MOUSAVI ve A., SANAYEI, “TQM Consultant Selection in SMEs with TOPSIS under Fuzzy Environment”, **Expert Systems with Applications**, cilt.36, 2009, s. 2742.

Moore ve Fearon¹², 1972 yılında yayınladıkları öncü çalışmalarında kesin bir matematiksel formülasyon üretmeseler de Doğrusal Programlama yönteminin tedarikçi seçim probleminde uygulama imkanlarını gündeme getirmişlerdir. Bender ve diğerleri¹³ tedarikçi sayısının belirlenmesi ve seçimi probleminde satın alma, stok ve taşıma maliyetlerini minimize etme amacıyla Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama yöntemini önermişlerdir. Problemin çözümünde; Sharma ve arkadaşları¹⁴ ile Buffa ve Jackson¹⁵ Amaç Programlama yöntemini, Gao ve Tang¹⁶ ise Çok Amaçlı Doğrusal Programlama yöntemini tercih etmişlerdir. Veri Zarflama Analizi yöntemi Weber ve diğerleri¹⁷ tarafından tedarikçi seçimi ve kota dağıtımı probleminde kullanılırken, Farzipoor¹⁸ IDEA (kesin olmayan veri zarflama analizi) yöntemini kullanmıştır. Ghodsypour ve O'Brien¹⁹ ile Wang ve diğerleri²⁰ tedarikçi seçimi ve sipariş dağıtımı olmak üzere problemi iki aşamalı olarak ele almışlardır. Problemin ilk adımında tedarikçileri değerlendirirken AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemini uygulamışlar, ikinci adımda ise seçilmiş tedarikçilere siparişleri etkin bir şekilde dağıtabilmek için matematiksel programlama yöntemini kullanmışlardır. Demirtaş ve Üstün²¹ de ANP (Analitik Ağ Süreci) ile Çok Amaçlı Tam Sayılı Doğrusal Programlama yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Böylelikle toplam fire düzeyi ile toplam satın alma maliyetini minimize ederken satın alma değerini maksimize etmeyi amaçlamışlardır.

-
- ¹² D.L. MOORE, ve H.E. FEARON, "Computer-Assisted Decision-Making in Purchasing", **Journal of Purchasing**, cilt.9, no.4, 1972, s. 5.
- ¹³ P.S. BENDER, R.W. BROWN, M.H. ISAAC, ve J.F. SHAPIRO, "Improving Purchasing Productivity at IBM with a Normative Decision Support System", **Interfaces**, cilt.15, no.3, 1985, s.106.
- ¹⁴ D., SHARMA, W.C., BENTON, ve R., SRIVASTAVA, "Competitive Strategy and Purchasing Decisions", **Proceedings of the 1989 Annual Conference of the Decision Sciences Institute**, 1989, s. 1088.
- ¹⁵ F.P., BUFFA, ve W.M., JACKSON, "A Goal Programming Model for Purchase Planning", **Journal of Purchasing and Materials Management**, cilt.19, no.3, 1983, s. 27.
- ¹⁶ Z., GAO, ve L., TANG, "A Multi-Objective Model for Purchasing of Bulk Raw Materials of a Large-Scale Integrated Steel Plant", **International Journal of Production Economics**, cilt.83, 2003, s. 325.
- ¹⁷ C.A., WEBER, J.R., CURRENT, ve A., DESAI, "An Optimization Approach to Determining the Number of Vendors to Employ", **Supply Chain Management: An International Journal**, cilt.2, no.5, 2000, s. 90.
- ¹⁸ S.R., FARZIPOOR, "Suppliers Selection in the Presence of Both Cardinal and Ordinal Data", **European Journal of Operational Research**, cilt.183, 2007, s. 741.
- ¹⁹ S.H., GHODSYPOUR, ve C., O'BRIEN, "A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming", **International Journal of Production Economics**, cilt.56 – 57, 1998, s. 199.
- ²⁰ G., WANG, S.H., HUANG, ve J.P., DISMUKES, "Product-Driven Supply Chain Selection Using Integrated Multi-Criteria Decision-Making Methodology", **International Journal of Production Economics**, cilt.91, 2004, s. 1.
- ²¹ E.A., DEMİRTAŞ, ve O., ÜSTÜN, "Analytic Network Process and Multi-Period Goal Programming Integration in Purchasing Decisions", **Computers & Industrial Engineering**, cilt.56, 2009, s. 677.

Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi problemi Çok Kriterli Karar Verme yaklaşımı ile ele alındığında Yahya ve Kingsman²², Tam ve Tummala²³, Handsfield ve diğerleri²⁴ tedarikçilerin değerlendirilmesi ve sıralanmasında AHP yöntemini kullanmışlardır. Liu ve Hai²⁵ VAHP (Oylamalı AHP) yaklaşımını geliştirmişlerdir. Shyur ve Shih²⁶ Karma ANP ve TOPSIS yaklaşımlarını birlikte kullandıkları bir model kurgulamışlardır. Li ve diğerleri²⁷ Gri Teori'yi geliştirmişlerdir. Almeida²⁸ ise dış kaynak sözleşme seçiminde çok kriterli karar modeli olarak ELECTRE yöntemini kullanmıştır.

Yapılan pek çok çalışmada tedarikçi seçimi probleminde verilerin nesnel ve kesin veriler olduğu varsayımından hareket edilerek modeller geliştirilmiştir. Oysa gerçek hayatta karar sürecinde kritik değere sahip pek çok bilgi (alternatif tedarikçilerin değerlendirme puanları, değerlendirme kriterlerinin birbirlerine göre ağırlık oranları, vb.) muğlaklık, tutarsızlık ve öznellik içermektedir. Oysa klasik karar modellerinde bu tarz veriler kullanılmamaktadır. Bu yüzden Bulanık Küme Teorisi bu gerçekleri dikkate alan değerli bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yönteminde kullanılan dilsel değişkenler, karar vericinin düşüncelerinin de (öznellik ve muğlaklık) modele dahil edilmesini sağlamaktadır.^{29, 30, 31}

Son yıllara kadar çok az araştırmacı bulanık küme teorisini tedarikçi seçimi probleminde uygulamıştır. Chen ve diğerleri³² 2006 yılında yayınladıkları çalışmaları

²² S., YAHYA, ve B., KINGSMAN, "Vendor Rating for an Entrepreneur Development Programme: A Case Study Using the Analytic Hierarchy Process Method", **Journal of the Operational Research Society**, cilt.50, 1999, s. 916.

²³ M.C.Y., TAM, ve V.M.R., TUMMALA, A.g.e., s. 171.

²⁴ R., HANDFIELD, S.V., WALTON, R., SROUFE, ve S.A., MELNYK, "Applying Environmental Criteria to Supplier Assessment: A Study in the Application of the Analytical Hierarchy Process", **European Journal of Operational Research**, cilt.141, 2002, s.70.

²⁵ F.H.F., LIU, ve H.L., HAI, "The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier", **International Journal of Production Economics**, cilt.97, 2005, s. 308.

²⁶ H.J., SHYUR, ve H.S., SHIH, "A Hybrid MCDM Model for Strategic Vendor Selection", **Mathematical and Computer Modelling**, cilt.44, 2006, s. 749.

²⁷ G.D., LI, D., YAMAGUCHI, ve M., NAGAI, "A Grey-Based Decision-Making Approach to the Supplier Selection Problem", **Mathematical and Computer Modelling**, cilt.46, 2007, s. 573.

²⁸ A.T., ALMEIDA, "Multi Criteria Decision Model for Outsourcing Contracts Selection Based on Utility Function and ELECTRE Method", **Computers & Operations Research**, cilt.34, 2007, s. 3569.

²⁹ S.J., CHEN, ve C.L. HWANG, **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**, Springer, Berlin, 1992.

³⁰ H.M., HSU, ve C.T. CHEN, "Aggregation of fuzzy opinions under group decision making", **Fuzzy Sets and System**, cilt.79, no.3, 1996, s. 279.

³¹ L.A., ZADEH, "The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning, Part 1, 2, and Part 3", **Information Sciences**, cilt.8, no.3, 1975, s. 199.

³² C.T., CHEN, C.T., LIN, ve S.F., HUANG, "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and

rında Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Chou ve Chang³³ ise tedarikçi seçimi probleminin çözümü için Bulanık SMART yöntemini geliştirmişlerdir. Kumar ve diğerleri³⁴ Bulanık Programlama Yaklaşımını tercih etmiş ancak modellerine ölçülemeyen kriterleri dahil etmemişlerdir.

Çalışmamızda da kullandığımız VIKOR yöntemi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre oldukça yeni bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yöntem 1998 yılında Opricovic tarafından önerilmiş,³⁵ sonraki yıllarda farklı problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemi için ise Chen ve Wang³⁶, Sanayei ve diğerleri³⁷, Shemshadi ve diğerleri³⁸, Wu ve Liu³⁹, Amiri ve Ayazi⁴⁰, Mohammad ve diğerleri⁴¹, Akyüz⁴², Ağırgün⁴³ yaptıkları çalışmalarda VIKOR yöntemini kullanmışlardır.

-
- Selection in Supply Chain Management”, **International Journal of Production Economics**, cilt.102, 2006, s. 289.
- ³³ S.Y., CHOU, ve Y.H., CHANG, “A Decision Support System for Supplier Selection Based on a Strategy-Aligned Fuzzy SMART Approach”, **Expert Systems with Applications**, cilt.34, 2008, s. 2241.
- ³⁴ M., KUMAR, P., VRAT, ve R., SHANKAR, “A Fuzzy Programming Approach for Vendor Selection Problem in a Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, cilt.101, no.2, 2006, s. 273.
- ³⁵ S., OPRICOVIC, “Multi-Criteria Optimization of Civil Engineering Systems”, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
- ³⁶ L.Y., CHEN, ve T.C., WANG, “Optimizing Partners’ Choice in IS/IT Outsourcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR”, **International Journal of Production Economics**, cilt.120, no.1, 2009, s. 233.
- ³⁷ A., SANAYEI, S., MOUSAVI, ve A., YAZDANKHAH, “Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR Under Fuzzy Environment”, **Expert Systems with Applications**, cilt.37, 2010, s. 24.
- ³⁸ A., SHEMSHADI, H., SHIRAZI, M., TOREIHI, ve M., TAROKH, “A Fuzzy VIKOR Method for Supplier Selection Based on Entropy Measure for Objective Weighting”, **Expert Systems with Applications**, cilt.38, 2011, s. 1.
- ³⁹ M., WU, ve Z., LIU, “The Supplier Selection Application Based on Two Methods: VIKOR Algorithm with Entropy Method and Fuzzy TOPSIS with Vague Sets Method”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, cilt.6, no.2, 2011, s. 110.
- ⁴⁰ M., AMIRI, S., AYAZI, L., OLFAT, ve J.S., MORADI, “Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR under Fuzzy Circumstance Case Study: An Iranian Car Parts Supplier”, **International Bulletin of Business Administration**, cilt.10, 2011, s. 62.
- ⁴¹ Y.N., MOHAMMAD, B., VAHID, ve S.M., IMAN, “Selecting Contractor with Cooperative VIKOR Model (Case Study Wheat Flour Mill)”, **Business and Management Review**, cilt.1, no.7, September 2011, s. 20.
- ⁴² G., AKYÜZ, “Bulanık VIKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, cilt.26, no.1, 2012, s. 197.
- ⁴³ B., AĞIRGÜN, “Supplier Selection Based on Fuzzy Rough-AHP and VIKOR”, **Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, cilt.2, 2012, s. 1.

3. Bulanık Küme Teorisi

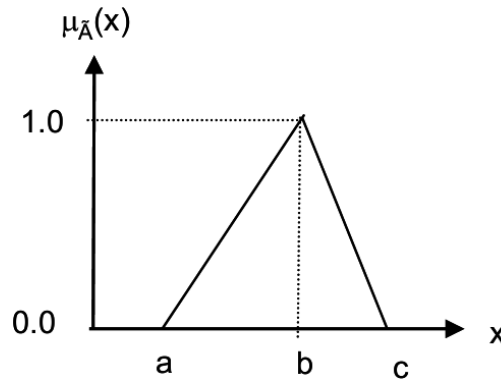
Bulanık Küme teorisi Zadeh⁴⁴ (1965) tarafından geliştirilmiştir. Geleneksel küme yaklaşımında Aristo mantığı kullanılmaktadır. Aristo mantığında tüm nesnelere, belirlenen özellikleri karşılayanlar veya karşılamayanlar şeklinde sınıflandırılır. Başka bir deyişle, geleneksel kümenin üyeleri ikiye bölme kuralına göre belirlenir. Olaylar doğru – yanlış, evet – hayır, 0 – 1 gibi ikili esasa göre bölünür. Oysa karmaşık karar verme süreçlerinde karar vericilerin düşünceleri ve tercihleri için ikili esas yetersiz kalmaktadır. Karar vericilerin algı ve düşünceleri muğlaklık ve belirsizlik içermektedir. Bulanık kümeler de 0 – 1 arasında farklı üyelik derecelerinden bahsederek bu belirsizliği çözüm sürecinin içerisine dâhil etmektedir. Bulanık kümeleri kesin sınırlar tanımlamaz, nesnelere üyelikten üye olmamaya doğru geçişlerinde kademeler söz konusudur.

Bulanık küme teorisinde 0 – 1 nesnenin belirli bir kümenin minimum ve maksimum üyelik derecelerini tanımlamaktadır. Ara değerler ise kısmi üyelik derecelerini ifade etmektedir. Buradan görülebileceği gibi, herhangi bir nesne bir kümenin üyesidir ya da değildir gibi kesin bir tanımlama bulanık küme teorisinde yapılmak zorunda değildir. Nesne bir dereceye kadar kümenin üyesi olabilir.

Bulanık kümeler teorisinde dilsel değişkenler ve bulanık sayılar kullanılarak bir değerlendirme yapılmaktadır. Sonrasında ise bu ifadeler bulanık sayılara dönüştürülerek çözümlenir. Üçgen, yamuk ya da çan eğrisi bulanık sayıları tanımlanabilir. Şekil 1’de \tilde{A} üçgensel bulanık sayısının üyelik fonksiyonu görülmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} 0, & x < a \text{ veya } x > c, \\ (x - a)/(b - a), & a \leq x \leq b, \\ (c - x)/(c - b), & b \leq x \leq c, \end{cases}$$

Şekil 1: Üçgensel bir bulanık sayının üyelik fonksiyonu



Burada a ve c sırasıyla \tilde{A} bulanık sayısının alt ve üst değerlerini, b ise orta değerini ifade etmektedir. A_1 ve A_2 gibi iki pozitif üçgensel bulanık sayı için temel aritmetik işlemler aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

⁴⁴ L.A., ZADEH, “The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning, Part 1, 2, and Part 3”, **Information Sciences**, cilt.8, no.3, 1975, s. 199.

$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ olmak üzere,

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2),$$

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 \approx (a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2),$$

$$\lambda \otimes \tilde{A}_1 = (\lambda a_1, \lambda b_1, \lambda c_1), \quad \lambda > 0, \lambda \in R$$

$$\tilde{A}_1^{-1} \approx (1/c_1, 1/b_1, 1/a_1),$$

4. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Bulanık AHP yöntemi çok ölçütlü karar süreçlerinde, özellikle seçim ölçütlerinin ve alternatiflerin kıyaslanma sürecinin bulanık doğasından dolayı, karar vericiler tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Çünkü karar vericiler ikili kıyaslamalarını, kesin ifadelerle yapmak yerine, bir aralık içerisinde ifade etmeyi tercih etmektedirler.

Thomas L. Saaty⁴⁵ (1980) tarafından geliştirilen AHP çok kriterli karar süreçlerinde en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Ancak ikili karşılaştırma süreçlerine Aristo mantığı çerçevesinde yaklaşması bu yönetime karşı en önemli eleştiri noktası olmuştur. Bu eksiklik ise Van Laarhoven ve Pedrycz⁴⁶ (1983) tarafından geliştirilen Bulanık AHP yaklaşımı ile giderilmiştir. Laarhoven ve Pedrycz yaptıkları çalışmada üçgen üyelik fonksiyonları kullanarak bulanık oranlar ile öncelikleri belirlemişlerdir. Buckley⁴⁷ (1985) ise yamuk üyelik fonksiyonu ile bulanık önceliklerin bulunmasını önermiştir. İkili karşılaştırmalarda, en çok kullanılan, genişletilmiş analiz yöntemini öneren ise Chang (1996) olmuştur.

Chang'in genişletilmiş analiz yöntemine göre her bir değerlendirme kriteri alınarak her bir hedef için sırasıyla analize tabi tutulacaktır. Böylelikle her kriter için m tane genişletilmiş analiz değeri elde edilecektir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Tüm $M_{g_i}^j$ değerleri ($j = 1, 2, \dots, m$) üçgensel bulanık sayı olmak üzere.

Chang'in genişletilmiş analiz yöntemine ilişkin adımlar şu şekilde sıralanabilir.⁴⁸

⁴⁵ T.L., SAATY, **The Analytical Hierarchy Process**, McGraw Hill, NY, 1980

⁴⁶ P., LAARHOVEN, ve W., PEDRYCZ, "A Fuzzy Extension of Sati's Priority Theory", **Fuzzy Sets and System**, cilt.11, 1983, s.229

⁴⁷ J.J., BUCKLEY, "Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers", **Fuzzy Sets and Systems**, cilt.15, 1985, s. 233.

⁴⁸ D. Y., CHANG, "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", **European Journal of Operational Research**, 95, 1996, s. 650.

Adım 1: Kriter i 'ye göre bulanık sentetik genişletilmiş değeri şu şekilde tanımlanacaktır:

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

S_i değerinin tanımlanmasında yer alan $\sum_{j=1}^m M_{g^i}^j$ değerini elde etmek için m genişletilmiş analiz değerine aşağıda görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanacaktır:

$$\sum_{j=1}^m M_{g^i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

$(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g^i}^j)$ hesaplaması:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g^i}^j \right] = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g^i}^j \right]^{-1}$ hesaplaması içinse üstteki vektörün tersi alınacaktır.

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

Adım 2: $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgensel bulanık sayı olmak üzere,

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) > M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ olasılık değeri şu şekilde tanımlanacaktır:

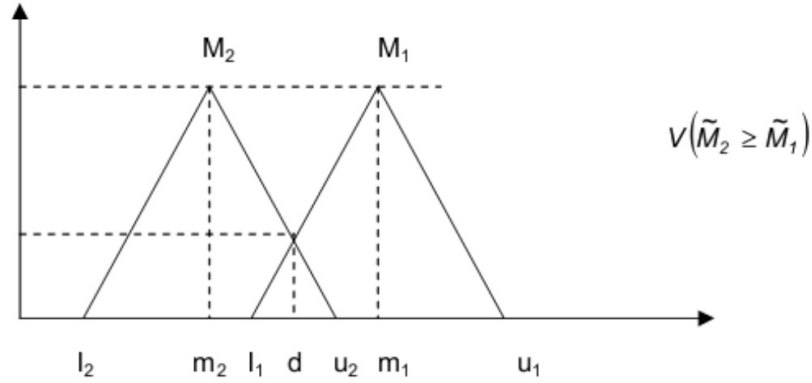
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (2)$$

ve şu şekilde ifade edilebilir:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (3)$$

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (4)$$

$M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ kıyaslaması için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç vardır. $V(M_2 \geq M_1)$ eşitliğinde μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı olmak üzere Şekil 2'de görülmektedir:



Şekil 2: M_1 ve M_2 arasındaki kesişim noktası

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının, M_i ($i=1, 2, \dots, k$) olmak üzere k tane konveks bulanık sayıdan büyük olma olasılığı :

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned} \quad (5)$$

$$d^*(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (6)$$

$k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ olduğunu varsayarsak ağırlık vektörü şu şekilde tanımlanır:

$$W = (d^*(A_1), d^*(A_2), \dots, d^*(A_n))^T \quad (7)$$

Burada A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) n kadardır.

Adım 4: W bulanık olmayan bir sayı olmak üzere normalize edilmiş ağırlık vektörleri aşağıdaki gibidir:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (8)$$

Bulanık AHP yönteminde kullanılan Bulanık Önem Dereceleri ise Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Bulanık Önem Dereceleri

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Neredeyse Eşit	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Orta Dereceli	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Güçlü	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok güçlü	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Kesinlikle	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Kaynak: D. Y., CHANG, “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, **European Journal of Operational Research**, 95, 1996, s. 650

5. VIKOR Yöntemi

Sırpça VİseKriterijumsa Optimizaciija I Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaştırıcı Çözüm) ifadesinin baş harflerinden oluşan VIKOR yöntemi ilk olarak 1998 yılında Opricovic tarafından önerilmiştir⁴⁹. Opricovic ve Tzeng tarafından yapılan çalışmada ise VIKOR yöntemi özellikle çok kriterli karar problemlerine uyarlanmıştır.⁵⁰

İlk kez Yu (1973) tarafından önerilen uzlaştırıcı çözüm kavramı, ideal çözüme yakınlık derecesinin ölçümüne dayanmaktadır.⁵¹ VIKOR yöntemi de, ideal çözüme en yakın kararı bulmayı amaçlayan çok kriterli sıralama dizini olarak tanımlanmıştır.

Her bir alternatifin, her bir kriter fonksiyonuna göre değerlendirildiğini varsayarsak, uzlaştırıcı sıralama ideal bir alternatif yakınlık ölçüsü yardımıyla yapılabilir. Uzlaştırıcı sıralamanın belirlenmesi için çok kriterli ölçüm yöntemi (L_p - metrik) geliştirilmiştir. Burada L_p - metrik, uzlaştırıcı programlamada olduğu gibi bütünleşik bir fonksiyon olarak kullanılmaktadır.⁵²

VIKOR yönteminin geliştirilmesine L_p - metrik ifadesinin aşağıda yer aldığı biçimde tanımlanması ile başlanır: ⁵³

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p}$$

$$1 \leq p \leq \infty; j = 1, 2, \dots, J.$$

VIKOR yöntemine şu adımlarla devam edilir:

⁴⁹ S., OPRICOVIC, **Multi-Criteria Optimization of Civil Engineering Systems**, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.

⁵⁰ S., OPRICOVIC – G.H., TZENG, “Compromise solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, **European Journal of Operational Research**, 156(2), 2004, s. 447.

⁵¹ P.L., YU, “A Class of Solutions for Group Decision Problems”, **Management Science**, 19(8), 1973, s. 936 – 946.

⁵² P.L., YU, A.g.e., s. 941.

⁵³ S., OPRICOVIC – G.H., TZENG, “A.g.e, s. 447.

Adım 1: Her kriter fonksiyonu için en iyi f_i^* ve en kötü f_i^- değerler tanımlanır, $i = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere.

Eğer i 'nci fonksiyon fayda ifade eden bir kriter ise

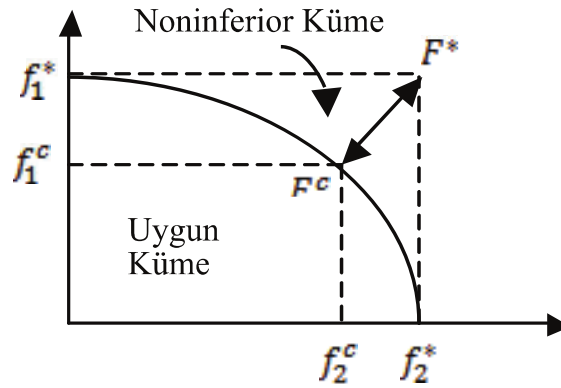
$$f_i^* = \max_j f_{ij}, \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad \text{olarak tanımlanacaktır.}$$

Adım 2: S_j ve R_j değerlerini hesapla, $j = 1, 2, \dots, J$ olmak üzere.

w_i kriterlerin kıyaslamalı öncelik değerlerini ifade eden ağırlıklarını göstermektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-), \quad (9)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]. \quad (10)$$



Şekil 3: İdeal ve Uzlaştırıcı Çözüm

Adım 3: Q_j değerlerini hesapla, $j = 1, 2, \dots, J$ olmak üzere.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (11)$$

$$S^* = \min_j S_j, \quad S^- = \max_j S_j, \quad (12)$$

$$R^* = \min_j R_j, \quad R^- = \max_j R_j, \quad \text{olmak üzere.} \quad (13)$$

v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlık değerini ifade edecektir. Burada $v = 0,5$ olarak kabul edilecektir.

Adım 4: Alternatifler S , R ve Q değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sonuçlar üç farklı sıralama listesi oluşturur.

Adım 5: Elde edilen sonuçların tanımlanmış olan iki koşulu sağlaması beklenir. Böylece minimum Q değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak seçilebilecektir.

Koşul 1: “Kabul Edilebilir Avantaj”

$$Q(a^{**}) - Q(a^*) \geq DQ$$

(a^{*}) Q değerine göre sıralamada en iyi alternatif, (a^{**}) ise ikinci en iyi alternatif olmak üzere. $DQ=1/(j - 1)$; j alternatiflerin sayısı olmak üzere.

En iyi alternatifin takipçisine göre belirgin bir şekilde avantajlı olması gerektiğini belirten koşuldur.

Koşul 2: “Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar”

(a^{*}) alternatifi aynı zamanda S ve R sıralamasında da en iyi alternatif olmalıdır. Bu uzlaştırıcı çözüm karar verme sürecinde istikrarlı olunmasını sağlayacaktır. Burada $v>0,5$ ise “çoğunluk kararı” oluşacaktır. Eğer $v \approx 0,5$ ise “uzlaşma” durumu söz konusu iken $v<0,5$ ise “ret” durumu ortaya çıkacaktır.

Eğer bu iki koşuldan herhangi biri karşılanamazsa uzlaştırıcı çözüm kümesi önerisi şu şekilde tanımlanmıştır:

- Eğer sadece K2 koşulu sağlanmıyorsa, (a^{*}) ve (a^{**}) alternatifleri,

- Eğer K1 koşulu sağlanmıyorsa, a^{*}, a^{**}, ..., a^M alternatifleri ile birlikte eşitsizlik şu şekilde tanımlanacaktır:

$$Q(a^M) - Q(a^*) < DQ$$

Bu eşitsizlik ile bir uzlaştırıcı çözüm (yakınlık) kümesi ortaya çıkmış olacaktır. Bu değerlendirme sonucunda Q değerine göre yine küçükten büyüğe bir sıralama yapılarak en küçük Q değerine sahip alternatif seçilecektir.

6. Bulanık AHP – VIKOR Bütünleşik Modeliyle Tedarikçi Seçimi ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Örnek

Çalışmamızın bu bölümünde İstanbul ilinde faaliyet gösteren ve sipariş üzerine endüstriyel fırınlar tasarlayarak üretimini yapan, küçük ölçekli bir firma için tedarikçi seçimi karar süreci ele alınacaktır.

Çalışmamızda tedarikçi seçim süreci Çok Kriterli Karar Problemi olarak ele alınarak Bulanık AHP – VIKOR bütünleşik yöntemi yardımıyla çözülecektir. Problemin çözümünde öncelikle, belirlenen kriterlerin ağırlıkları bulanık AHP yöntemi ile belirlenecek sonrasında ise VIKOR yöntemi ile alternatif tedarikçiler değerlendirilerek bir tercih sıralaması oluşturulacaktır.

6.1. Bulanık AHP Yöntemi ile Seçim Kriterlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi

6.1.1. Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Kriterlerinin Tanımlanması

Firmanın gereksinimleri ve literatür taramaları sonucunda belirlenen tedarikçi seçimi kriterleri firma yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda son şeklini almıştır:

- Cazip fiyat teklifi (satın alma fiyatı, taşıma maliyeti, vergiler, ödeme koşulları / vadesi)
- Yüksek kaliteli ürünler sunmak (düşük fire oranları, kalite güvenceleri, kalite kontrol prosedürleri, vb.)
- Üretim planlarına uygun olarak teslimatların tam zamanında yapılması (teslimat performansı, teslimat süresi / hızı, esneklik)
- Kusursuz satış sonrası hizmet anlayışı (sorunlara yaklaşım, ürün kalitesini arttırıcı çabalar)

Belirlenen 4 ana grup içerisinde yer alan seçim ve değerlendirme kriterleri alt değerlendirme kriterlerine ayrılmıştır:

1. Fiyat (F)

- Birim Fiyat: Ürünün birim fiyatı, uygulanabilecek indirim oranları, taşıma maliyetleri, vergiler.
- Maliyet Azaltma Planları: Tedarikçi ürünün maliyetlerinde, her yıl için hangi oranda bir indirim sağlayabilecek.

2. Kalite (K)

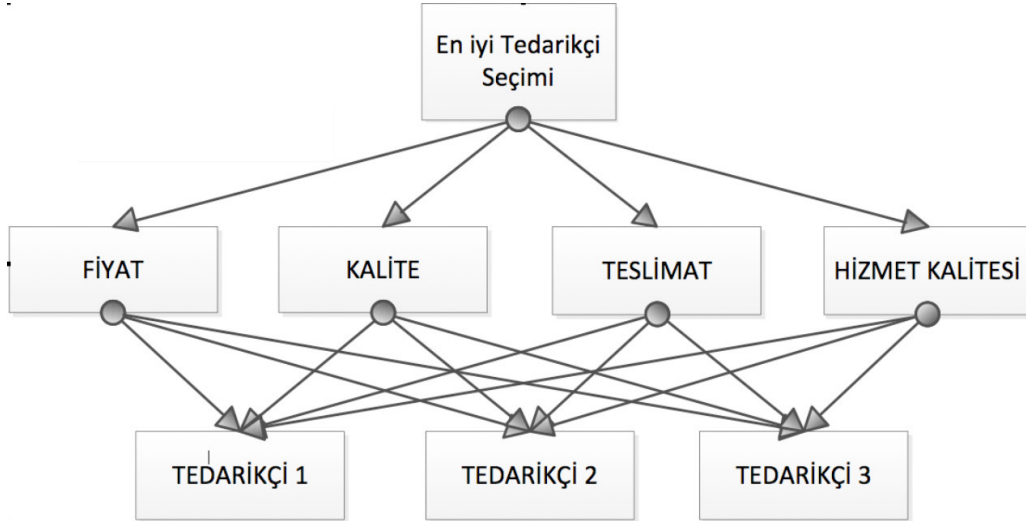
- Ara Değerlendirme Ret Oranları: Muayene işlemleri sırasında tedarikçinin hatalı ürün tespit oranları
- Müşteri Ret Oranları: Tedarikçiden gönderilen hatalı ürünlerin firma tarafından tespit edilme olasılığı

3. Teslimat (T)

- Teslimat Süresi: Siparişin verilmesi ile ürünün teslim edildiği an arasında geçen süre
- Esneklik: Tedarikçinin verilen siparişlerin değiştirilme taleplerinde verdiği tepki

4. Hizmet Kalitesi (H)

- Problem Çözme Becerisi: Ortaya çıkan sorunların tedarikçi tarafından çözülebilen becerisi
- Yenilikçilik: Tedarikçinin yeni ürün sunumu, yeni üretim teknikleri, vb. geliştirme beceri ve istekliliği



Şekil 4: Tedarikçi Seçimi için AHP Modeli

6.1.2. Seçim Kriterlerinin Ağırlıklarının Bulanık AHP Yöntemi Yardımıyla Belirlenmesi

Çalışmamızda tedarikçi seçimi problemi iki aşamada tanımlanmıştır. Birinci aşamada seçim kriterlerinin belirlenmesi ve ağırlıklarının tespit edilmesi, ikinci aşamada ise belirlenen alternatif tedarikçilerin seçim kriterleri çerçevesinde değerlendirilerek tercih sıralamasının yapılması. Birinci adımda seçim kriterlerinin belirlenmesinin ardından ağırlıklarının tespit edilmesi için Bulanık AHP yöntemi kullanılacaktır. Bulanık AHP yönteminde ilk adım, seçim kriterlerinin karşılıklı değerlendirme sonuçlarının elde edilmesidir. Bu amaçla firma içerisinde yapılan görüşmeler çerçevesinde elde edilen veriler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Tedarikçi Seçim Kriterleri Karşılıklı Değerlendirme Sonuçları

	Fiyat	Kalite	Teslimat	Hizmet Kalitesi
Fiyat (F)	(1, 1, 1)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)
Kalite (K)	(3/2, 2, 5/2)	(1, 1, 1)	(3/2, 2, 5/2)	(2/3, 1, 3/2)
Teslimat (T)	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 3/2)
Hizmet Kalitesi (H)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1, 1, 1)

Tablo 2’de yer alan değerlendirme sonuçları kullanılarak S_i değerleri şu şekilde hesaplanacaktır (formül 1):

$$S_F = (2.47, 3.00, 3.83) \otimes (1/22.50, 1/17.50, 1/13.70) = (0.11, 0.17, 0.28)$$

$$S_K = (4.67, 6.00, 7.50) \otimes (1/22.50, 1/17.50, 1/13.70) = (0.21, 0.34, 0.55)$$

$$S_T=(3.57, 4.50, 5.67) \otimes (1/22.50, 1/17.50, 1/13.70)=(0.16, 0.26, 0.41)$$

$$S_H=(3.00, 4.00, 5.50) \otimes (1/22.50, 1/17.50, 1/13.70)=(0.13, 0.23, 0.40)$$

Formül 2, 3 ve 4 yardımıyla elde edilen V değerleri ise aşağıdaki gibidir:

$$V(S_F \geq S_K)=0.296 \quad V(S_F \geq S_T)=0.585 \quad V(S_F \geq S_H)=0.719$$

$$V(S_K \geq S_F)=1 \quad V(S_K \geq S_T)=1 \quad V(S_K \geq S_H)=1$$

$$V(S_T \geq S_F)=1 \quad V(S_T \geq S_K)=0.706 \quad V(S_T \geq S_H)=1$$

$$V(S_H \geq S_F)=1 \quad V(S_H \geq S_K)=0.629 \quad V(S_H \geq S_T)=0.894$$

$$V(S_F \geq S_K) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} = \frac{(0.21 - 0.28)}{(0.17 - 0.28) - (0.34 - 0.21)} = 0.296$$

Her bir kriterin sahip olduğu minimum V değerleri yardımıyla, seçim kriterleri için ağırlık vektörüne (w) ulaşılmıştır.

$$d^*(F) = \min.(0.296, 0.585, 0.719) = 0.296$$

$$d^*(K) = \min.(1, 1, 1) = 1$$

$$d^*(T) = \min.(1, 0.706, 1) = 0.706$$

$$d^*(H) = \min.(1, 0.629, 0.894) = 0.629$$

$$w = (0.296, 1, 0.706, 0.629)$$

Tedarikçi seçim kriterlerinin karar sürecinde alacakları ağırlık değerlerini belirlemek içinse ağırlık vektörü normalize edilecektir: ⁵⁴

$$w = (0.296/2.63, 1/2.63, 0.706/2.63, 0.629/2.63)$$

$$w = (0.11, 0.38, 0.27, 0.24) \text{ olacaktır.}$$

Bu vektörde elde edilen veriler değerlendirildiğinde:

Firma açısından tedarikçi seçimi probleminde belirleyici kriterler, önem sırasına göre kalite (0.53), teslimat (0.27), hizmet kalitesi (0.24) ve fiyat (0.11) olacaktır. Teslimat ve hizmet kalitesi kriterleri seçim aşamasında benzer ağırlıklara sahip kriterler olarak karşımıza çıkarken kalite en önemli kriter, fiyat ise en düşük ağırlığa sahip kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.2. Alternatif Tedarikçilerin Seçim Kriterleri Çerçevesinde Tercih Sıralamasının Oluşturulması

Tedarikçi seçimi probleminde Bulanık AHP yöntemiyle seçim kriterleri ağırlık düzeylerinin belirlenmesinin ardından, alternatif tedarikçiler değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmenin yapılması ve sonrasında firma beklentilerine en uygun tedarikçinin belirlenmesi için VIKOR yöntemi kullanılmıştır.

⁵⁴ D. Y., CHANG, A.g.e., s. 650.

Alternatif tedarikçilerin seçim sürecinde; öncelikle firma, sektörde faaliyet gösteren ve çalışabileceği dört alternatif tedarikçi belirlemiştir. Çalışmamızda söz konusu firmaların isimlerinin yerine T1, T2, T3 ve T4 kodları kullanılacaktır. Sonrasında ise söz konusu dört tedarikçi firma, her bir seçim kriteri açısından puanlanmıştır. Değerlendirmeler yapılırken firma içerisinde oluşturulan çalışma gruplarının puanlamalarından yararlanılmış ve elde edilen veriler çerçevesinde bir Karar Matrisi oluşturulmuştur (Tablo 3). Bir sonraki adımda ise karar matrisi incelenmiş ve her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 3: Alternatif Tedarikçi Değerlendirme Sonuçları

	F	K	T	H
T1	7.5	7	6	6.5
T2	8.5	9	8.5	5
T3	7	7	8	8.5
T4	5	10	6	9

Tablo 4: Karar Matrisi En İyi ve En Kötü Değerleri

	F	K	T	H
f^+	8.5	10	8.5	9
f^-	5	7	6	5

Ardından, (f_i^*) ve (f_i^-) değerlerinin yardımıyla formül 9 ve 10 kullanılarak S ve R değerleri hesaplanmıştır. (Tablo 5)

Tablo 5: Alternatif Tedarikçiler için S ve R Değerleri

	F	K	T	H	S	R
T1	0.03	0.38	0.27	0.15	0.83	0.38
T2	0.00	0.13	0.00	0.24	0.37	0.24
T3	0.05	0.38	0.05	0.03	0.51	0.38
T4	0.11	0.00	0.27	0.00	0.38	0.27

Formül 11, 12 ve 13 kullanılarak en düşük ve yüksek S ve R değerlerinin bulunmasından sonra Q değerleri hesaplanmıştır. (Tablo 6 ve 7)

Tablo 6. En Yüksek ve En Düşük S ve R Değerleri

S*	0.37
S-	0.83
R*	0.24
R-	0.38

Tablo 7: Alternatif Tedarikçiler için Q Değerleri

	Q
T1	1.00
T2	0.00
T3	0.66
T4	0.12

Tablo 8: Alternatif Tedarikçiler için Belirlenen S, R ve Q Değerleri ile Sıralamalar

	S	R	Q	S	R	Q
T1	0.83	0.38	1.00	4	3	4
T2	0.37	0.24	0.00	1	1	1
T3	0.51	0.38	0.66	3	3	3
T4	0.38	0.27	0.12	2	2	2

VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen S, R ve Q değerlerinin küçükten büyüğe sıralaması ile alternatif tedarikçilerin seçim öncelik sıralaması ortaya çıkmıştır (Tablo 8). VIKOR yönteminde son adım elde edilen bulguların istikrarlı olup olmadığının değerlendirilmesidir. Bunun için tanımlanan iki koşula ilişkin değerlendirmeler şu şekildedir:

1. Koşul: “Kabul Edilebilir Avantaj”

$Q(a^+) - Q(a^-) \geq DQ$ ($DQ = 0.33$) olması gerekirken

$0.12 - 0.00 < 0.33$ olduğundan birinci koşul karşılanamamıştır. Bu durumda uzlaştırıcı çözüm için 2. koşula bakılması gerekecektir.

2. Koşul: “Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar”

Q, R ve S değerlerine göre yapılan sıralama aynıdır. İkinci koşul karşılanmıştır. Karar istikrarlıdır. Dolayısıyla firma T2 kodlu tedarikçi ile çalışmalıdır. Eğer birden fazla tedarikçi ile çalışılmak isteniyorsa tercih edilmesi gereken tedarikçiler T2 ve T4 kodlu tedarikçiler olacaktır.

7. Sonuç

Çalışmamızda çok kriterli bir karar problemi olarak ele alınan tedarik seçimi ve değerlendirilmesi probleminde etkin bir çözüm yaklaşımı olarak Bulanık AHP ve VIKOR yöntemlerinin birlikte kullanılması ile oluşturulan karma bir model önerilmiştir. Gerek uygulamada gerekse ilgili yazında tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi probleminin çözümü için geliştirilmiş çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Çalışmamızda önerilen bütünleşik yöntemin ise sahip olduğu bazı avantajlar vardır. Önerilen Bulanık AHP – VIKOR bütünleşik yönteminin, problemi alt problemlere bölerek çözen yapısı karar alıcılara önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca önerilen yöntem, karar alıcıya, süreçteki belirsizlik ve öznellik içeren verilerle de olsa etkin bir karar alma şansı tanımaktadır. Bunun yanı sıra, Bulanık AHP – VIKOR yöntemi, çok kriterli karar modelleri için çözüm öneren, oldukça pratik, değişimlere kolayca adapte olabilen esnek yapısıyla da tedarikçi seçimi ve değerlendirme problemlerinin çözümüne uygun bir yapıya sahiptir. Bu nedenlerle çalışmamızda Bulanık AHP – VIKOR yöntemi kullanılmıştır.

Oluşturulan model İstanbul ilinde faaliyet gösteren ve endüstriyel fırın imalatı yapan küçük ölçekli bir firmanın tedarikçi seçim probleminde uygulanmıştır. Uygulamanın ilk adımında tedarikçi seçim kriterlerine ait ağırlık değerleri Bulanık AHP yöntemi yardımıyla bulunmuş, ikinci adımda ise belirlenen tedarikçiler tanımlanan tedarikçi seçim kriterleri çerçevesinde VIKOR yöntemi yardımıyla tercih sırasına göre listelenmişlerdir. Önerilen yöntemin, ilgili yazında da dile getirildiği gibi, oldukça pratik ve esnek bir yöntem olduğu, uygulamadaki belirsizliklere ve dinamik ortama rahatlıkla uyum sağlayabilecek bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Uygulanan diğer yöntemlere göre oldukça yeni olan VIKOR yönteminin Bulanık AHP yöntemi ile beraber kullanımının çok kriterli karar problemleri için önemli bir alternatif yöntem olabileceği tespit edilmiştir.

Kaynakça

- ALMEIDA, A.T., “Multi Criteria Decision Model for Outsourcing Contracts Selection Based on Utility Function and ELECTRE Method”, **Computers & Operations Research**, cilt.34, 2007, s. 3569 – 3574.
- AĞIRGÜN, B., “Supplier Selection Based on Fuzzy Rough-AHP and VIKOR”, **Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, cilt.2, 2012, s. 1 – 11.
- AKYÜZ, G., “Bulanık VIKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, cilt.26, no.1, 2012, s. 197 – 214.
- AMİRİ, M., Ayazi, S., Olfat, L., ve Moradi, J.S., “Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR under Fuzzy Circumstance Case Study: An Iranian Car Parts Supplier”, **International Bulletin of Business Administration**, cilt.10, 2011, s. 62 – 75.
- BENDER, P.S., Brown, R.W., Isaac, M.H., ve Shapiro, J.F., “Improving Purchasing Productivity at IBM with a Normative Decision Support System”, **Interfaces**, cilt.15, no. 3, 1985, s. 106 – 115.
- BUCKLEY, J.J., “Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers”, **Fuzzy Sets and Systems**, cilt.15, 1985, s. 233 – 247.
- BUFFA, F.P., ve Jackson, W.M., “A Goal Programming Model for Purchase Planning”, **Journal of Purchasing and Materials Management**, cilt.19, no.3, 1983, s.27 – 34.
- CHANG, D. Y., “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, **European Journal of Operational Research**, 95, 1996, s. 649 – 655.
- CHEN, C.T., Lin, C.T., ve Huang, S.F., “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”, **International Journal of Production Economics**, cilt.102, 2006, s. 289 – 301.
- CHEN, S.J., ve Hwang, C.L., **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**, Springer, Berlin, 1992.
- CHEN, L.Y. ve Wang, T.C., “Optimizing Partners’ Choice in IS/IT Outsourcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR”, **International Journal of Production Economics**, cilt.120, no. 1, 2009, s. 233 – 242.
- CHOU, S.Y., ve Chang, Y.H., “A Decision Support System for Supplier Selection Based on a Strategy-Aligned Fuzzy SMART Approach”, **Expert Systems with Applications**, cilt.34, 2008, s. 2241 – 2253.
- DEMİRTAŞ, E.A., ve Üstün, O., “Analytic Network Process and Multi-Period Goal Programming Integration in Purchasing Decisions”, **Computers & Industrial Engineering**, cilt.56, 2009, s. 677 – 690.
- DICKSON, G.W., “An Analysis of Supplier Selection System and Decision”, **Journal of Purchasing**, cilt.2, no. 1, 1966, s. 5 – 17.

- ELLRAM, L., “The Supplier Selection Decision in Strategic Partnerships”, **Journal of Purchasing and Materials Management**, cilt.26, no. 1, 1990, s. 8 – 14.
- EVANS, R.H., “Choice Criteria Revisited”, **Journal of Marketing**, cilt.44, no. 1, 1980, s. 55 – 56.
- FARZIPOOR S.R., “Suppliers Selection in the Presence of Both Cardinal and Ordinal Data”, **European Journal of Operational Research**, cilt.183, 2007, s. 741 – 747.
- GAO, Z., ve Tang, L. “A Multi-Objective Model for Purchasing of Bulk Raw Materials of a Large-Scale Integrated Steel Plant”, **International Journal of Production Economics**, cilt.83, 2003, s. 325 – 334.
- GHODSYPOUR, S.H., ve O’Brien, C., “A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming”, **International Journal of Production Economics**, cilt.56 – 57, 1998, s.199 – 212.
- HANDFIELD, R., Walton, S.V., Sroufe, R., ve Melnyk, S.A., “Applying Environmental Criteria to Supplier Assessment: A Study in the Application of the Analytical Hierarchy Process”, **European Journal of Operational Research**, cilt.141, 2002, s.70 – 87.
- HSU, H.M., ve C.T. Chen, “Aggregation of Fuzzy Opinions Under Group Decision Making”, **Fuzzy Sets and System**, cilt.79, no.3, 1996, s. 279 – 285.
- KOTLER, P., ve Keller, K. L., **Marketing management**, New Jersey: Prentice Hall, 2006.
- KUMAR, M., Vrat, P., ve Shankar, R., “A Fuzzy Programming Approach for Vendor Selection Problem in a Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, cilt.101, no.2, 2006, s. 273 – 285.
- LAARHOVEN, P. ve Pedrycz, W., “A Fuzzy Extension of Sati’s Priority Theory”, **Fuzzy Sets and System**, cilt.11, 1983, s. 229 – 241.
- LI, G.D., Yamaguchi, D. ve Nagai, M. “A Grey-Based Decision-Making Approach to the Supplier Selection Problem”, **Mathematical and Computer Modelling**, cilt.46, 2007, s. 573 – 581.
- LIU, F.H.F., ve Hai, H.L., “The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier”, **International Journal of Production Economics**, cilt.97, 2005, s. 308 – 317.
- MILLEN, P. A., “Supplier Evaluation Revisited”, **Purchasing**, cilt.111, 1991, s. 58 – 62.
- MOHAMMAD, Y.N., Vahid, B. ve Iman, S.M., “Selecting Contractor with Cooperative VIKOR Model (Case Study Wheat Flour Mill)”, **Business and Management Review**, cilt.1, no.7, September 2011, s. 20 – 27.
- MOORE, D.L., ve Fearon, H.E., “Computer-Assisted Decision-Making in Purchasing”, **Journal of Purchasing**, cilt.9, no.4, 1972, s. 5 – 25.

-
- OPRICOVIĆ, S., **Multi-Criteria Optimization of Civil Engineering Systems**, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
- OPRICOVIĆ, S. ve Tzeng, G.H., “Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, **European Journal of Operational Research**, cilt.156, no.2, 2004, s. 445 – 455.
- PI, W. N., Low, C., “Supplier Evaluation and Selection Using Taguchi Loss Functions”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, cilt.26, 2005, s. 155 – 160.
- SAATY, T.L., **The Analytical Hierarchy Process**, McGraw Hill, NY, 1980
- SANAYEI, A., Mousavi, S., ve Yazdankhah, A., “Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR Under Fuzzy Environment”, **Expert Systems with Applications**, cilt.37, 2010, s. 24 – 30.
- SARAMI, M., Mousavi, S., ve Sanayei, A., “TQM Consultant Selection in SMEs with TOPSIS under Fuzzy Environment”, **Expert Systems with Applications**, cilt.36, 2009, s. 2742 – 2749.
- SHARMA, D., Benton, W.C., ve Srivastava, R., “Competitive Strategy and Purchasing Decisions”, **Proceedings of the 1989 Annual Conference of the Decision Sciences Institute**, 1989, s. 1088-1090.
- SHEMASHADI, A., Shirazi, H., Toreihi, M., ve Tarokh, M., “A Fuzzy VIKOR Method for Supplier Selection Based on Entropy Measure for Objective Weighting”, **Expert Systems with Applications**, cilt.38, 2011, s. 1–8.
- SHIPLEY, D. D., “Reseller’s Supplier Selection Criteria for Different Consumer Products”, **European Journal of Marketing**, cilt.19, no.7, 1985, s. 26 – 36.
- SHYUR, H.J., ve Shih, H.S., “A Hybrid MCDM Model for Strategic Vendor Selection”, **Mathematical and Computer Modelling**, cilt.44, 2006, s. 749 – 761.
- TAM, M.C.Y., ve Tummala, V.M.R., “An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System”, **Omega**, cilt.29, 2001, s. 171 – 182.
- WANG, G., Huang, S.H. ve Dismukes, J.P., “Product-Driven Supply Chain Selection Using Integrated Multi-Criteria Decision-Making Methodology”, **International Journal of Production Economics**, cilt.91, 2004, s. 1 – 15.
- WEBER, C. L., Current, J. R., ve Benton, W. C., “Vendor Selection Criteria and Methods”, **European Journal of Operational Research**, cilt.50, no.1, 1991, s. 2–18.
- WEBER, C.A., Current, J.R. ve Desai, A., “An Optimization Approach to Determining the Number of Vendors to Employ”, **Supply Chain Management: An International Journal**, cilt.2, no.5, 2000, s. 90 – 98.
- WU, M., ve Liu, Z., “The Supplier Selection Application Based on Two Methods: VIKOR Algorithm with Entropy Method and Fuzzy TOPSIS with Vague Sets

- Method”, **International Journal of Management Science and Engineering Management**, cilt.6, no.2, 2011, s. 110 – 116.
- WU, C. C., Lin, P. C., ve Chou, C. Y., “Determination of Price and Warranty Length for a Normal Lifetime Distributed Product”, **International Journal of Production Economics**, cilt.102, 2006, s. 95 – 107.
- YAHYA, S., ve Kingsman, B., “Vendor Rating for an Entrepreneur Development Programme: A Case Study Using the Analytic Hierarchy Process Method”, **Journal of the Operational Research Society**, cilt.50, 1999, s. 916-930.
- YU, P. L., “A Class of Solutions for Group Decision Problems”, **Management Science**, cilt.19, no.8, 1973, s. 936 – 946.
- ZADEH, L.A., “The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning, Part 1, 2, and Part 3”, **Information Sciences**, 1975, cilt.8, no.3, s. 199–249(I), cilt.8, no.4, s. 301–357(II), cilt.9, no.1, s. 43-58(III).