

Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bir Ekmek Fabrikasında Un Tedarikçisinin Seçimi

Burcu Avcı Öztürk^a

Zehra Başkaya^b

Özet: İşletmeler arasında yaşanan yoğun rekabet ve piyasa koşullarında ortaya çıkan belirsizlikler nedeniyle tam ve kesin bilgi akışının sağlanması zorlaşmaktadır. Özellikle sözel değişkenler kullanılarak yapılan değerlendirmelerde konuşma dilindeki belirsizliklerden kaynaklanan bir bulanıklık ortaya çıkmaktadır. Bu gibi bulanık ortamlarda bulanık sayılar ile karar verme önem kazanmaktadır. Yapılan çalışmanın amacı, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS)'nin uygulanmasını gerektiren çok kriterli karar problemlerinin çözümü için geliştirilen genişletilmiş analiz tekniğinin sakıncalarının ortaya konması ve sürecin tedarikçi seçim sürecine uygulanabilirliğinin değerlendirilmesidir. Bulanık ortamlarda, eldeki kesin olmayan veriler ile işlem yapmanın karar verme açısından önemi büyüktür. BAHS, niteliksel ve niceliksel kriter ve alt kriterlerin eş zamanlı olarak karara katılımını destekleyen çok kriterli bir bulanık karar verme aracıdır. Bu çalışmada, bir ekmek fabrikasının, un tedarikçisi seçim süreci BAHS ile değerlendirilmiş ve genişletilmiş analiz ile toplam integral tekniği arasında karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda toplam integral tekniğinin kullanımının daha uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Bulanık kümeler, Üçgen Bulanık Sayılar, Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, BAHS, Bulanık Ortamda Tedarikçi Seçimi

JEL Sınıflandırması: C61, M11, M31

Flour Supplier Selection in a Bread Factory With Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Abstract: Because of the heavy competition between businesses and uncertainty in market conditions, attainment of complete and certain information flow becomes harder. Especially, in evaluations with linguistic variables, because of the uncertainty in speaking language, there exists some fuzzinesses. In fuzzy environments like this, decision making with fuzzy numbers is rather important. The aim of this study is, to put forward drawbacks of extended analysis technique, which is developed for solving multi criteria decision making problems with Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and evaluation of the applicability of FAHP for supplier selection. In fuzzy environments, operations with imprecise data are so important in terms of decision making. FAHP is a decision making tool that supports evaluation of quantitative and qualitative criteria simultaneously. In this study, a bread factory's flour supplier selection process is evaluated by FAHP and extended analysis and total integral techniques are compared. As a result of the comparison, total integral technique has more appropriate conclusions.

Keywords: Fuzzy Sets, Triangular Fuzzy Numbers, Fuzzy Multiple Criteria Decision Making, FAHP, Supplier Selection In Fuzzy Environment.

JEL Classification: C61, M11, M31

^aPhD., Uludag University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Bursa, Türkiye, bavci@uludag.edu.tr

^bPhD., Assoc. Prof., Uludag University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Bursa, Türkiye, zbaskaya@uludag.edu.tr

1. Giriş

Günümüzün ağır rekabet koşullarında işletmeler için karar verme faaliyetlerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Gerek günlük hayatta gerekse iş hayatında çeşitli seçenekler arasından birinin seçimi problemi ile sıklıkla karşılaşmaktadır. Söz konusu seçenekler arasından bir faaliyet veya faaliyetler dizisinin seçimi karar olarak tanımlanmaktadır ve karar verme sürecinde pek çok problemin sayısallaştırılabilmesi mümkündür (Tulunay, 1991: 1-2) İşletmelerin faaliyet alanlarına değer katacak olan isabetli kararların verilebilmesi için büyük ölçekli verilere sahip problemlerin çözüme ulaştırılması gerekmektedir. Bu tip problemlerde karar verme sürecinde değerlendirilmesi gereken kriter ve alternatif sayısı oldukça fazladır (Ulucan, 2004: 7). Kriterler, alternatiflerin karar sürecine etkilerini ölçmeye yarayan değerlendirme ölçütleridir (Lai ve Hwang, 1994: 27).

Bir karar probleminde, birden fazla kriterin bir arada değerlendirilmesi söz konusu olduğunda, bu tür karar verme durumları çok kriterli karar verme problemleri adı altında incelenmektedir (Timor, 2011: 15). Çok kriterli karar problemlerinde karar vericiler için alternatiflerin incelenmesi, alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanması ve öncelikli alternatifin seçimi söz konusudur (Jahanshahloo, Hosseinzadeh ve Izadikhah, 2006: 1545). Çok kriterli karar problemlerinin çözümü için ortaya konan bilimsel tekniklere çok kriterli karar verme teknikleri adı verilmektedir (Göksu ve Güngör, 2008: 2). Çok kriterli karar verme teknikleri, karar verme sürecinde çok sayıda ve genellikle birbiri ile uyumsuz kriterlerin bulunduğu problemlerin çözümü için geliştirilmiştir. Kişisel kararlardan işletmelerin vermeleri gereken stratejik kararlara kadar çok kriterli karar problemleriyle oldukça geniş bir alanda karşılaşmaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri, çok sayıda kriter ve alternatif için bir arada ve eş zamanlı olarak değerlendirme olanağı sağladığından, uygulamada karşılaşılan problemlerin karmaşık yapısı düşünüldüğünde doğru karar vermeyi kolaylaştıran önemli avantajlar sağlamaktadır (Baysal ve Tecim, 2006: 2).

Çok kriterli karar problemlerinin çözümünde kullanılan tekniklerden biri Analitik Hiyerarşi Sürecidir (AHS). Bu teknik ile sayısal olarak ifade edilebilen veya edilemeyen tüm kriterler eş zamanlı olarak değerlendirilebilmektedir (Başkaya ve Akar, 2005: 2). AHS ile karmaşık bir problem, bir hiyerarşi içerisinde parçalara ayrılarak basitleştirilebilmektedir (Cheng, Yang ve Hwang, 1999: 424). AHS’de kriter ve alternatiflerin göreceli önem dereceleri ikili karşılaştırmalar yapılarak belirlenmektedir (Ruoning ve Xiaoyan, 1992: 251). Klasik bir ölçekle alternatiflerin değerlendirilmesine dayanan klasik AHS, kişilerin tecrübelerini ve yargılarını sınırlı ve kesin veriler nedeniyle tam olarak yansıtamadığından yeterince esneklik sağlayamamaktadır (Mon, Cheng ve Lin, 1994: 127). Kişiler tercihlerini genellikle sözel olarak ifade etmeye eğilimlidirler. Bu nedenle insan düşüncesi ve yargılarındaki bulanıklığın ikili karşılaştırmalara yansıtılabilmesi için kişilerin sözel değerlendirmelerinin bulanık sayılar ile ifade edilmesi gerekmektedir (Chen, 1996: 265). Çok sayıda kriter, alt kriter ve alternatifin bulunduğu problemlerde kişilerin bulanık tercihlerinin belirlenmesi Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) ile yapılmaktadır. Söz konusu teknikte kriterler ve alternatifler için yapılan sözel değerlendirmeler üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmekte ve üçgen bulanık sayılarda yapılan temel aritmetik işlemler kullanılarak algoritmanın uygulanması sağlanmaktadır.

İşletmelerde tedarikçi seçim sürecinin bir çok kriterli karar problemi olarak ifade edilmesi mümkündür. Hammadde veya yarı mamul olarak üretim sürecinde kullanılacak girdilerin hangi kaynaklardan sağlanacağını doğru bir şekilde seçilebilmesi, üretim sürecinin başarılı olmasında oldukça etkilidir. Tedarikçi seçimini yapacak olanların da bireyler

olmasından kaynaklanan subjektifliğin özellikle de konuşma dilindeki belirsizliklerin karar sürecine katılabilmesi için sözel değişkenlerin kullanımı daha uygundur. Bu nedenle tedarikçi seçiminde BAHS'nin kullanımı etkin sonuçlar verebilmektedir.

Çalışma kapsamında incelenecek olan tedarikçi seçim süreci, bir ekmek fabrikasının un tedarikçisi seçimini içermektedir. Tedarik zincirinin başarılı bir şekilde işlemesi, üretimde oluşabilecek aksaklıkların giderilmesi için oldukça önemlidir. Bu nedenle her bir zincir üyesinin gereksinimlere en iyi şekilde cevap verebilmesi için sürece uyumunun sağlanması gerekmektedir. Bu durumun gerçekleştirilebilmesi ise, büyük ölçüde tedarik zinciri elemanlarının doğru seçimi ile ilişkilidir.

BAHS için kullanılan algoritmaların karşılaştırıldığı ve söz konusu algoritmaların tedarikçi seçim sürecine uygulanabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmanın birinci bölümünde genel bir giriş yer almaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde, tedarikçi seçiminin önemi, tedarikçi seçiminde kullanılan teknikler, üçüncü bölümünde analitik hiyerarşi süreci ve özellikleri, dördüncü bölümünde ise, bulanık kümeler, bulanık sayılar ve üçgen bulanık sayılarda yapılan işlemler ele alınmıştır. Beşinci bölümde BAHS ve karşılaştırması yapılacak olan algoritmalar üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son bölümünde ise, bir ekmek fabrikasının un tedarikçisi seçim sürecinde BAHS algoritmalarının uygulanması ve karşılaştırılması yer almaktadır.

2. Tedarikçi Seçim Problemi

Son yıllarda tedarik zinciri yönetimi ve tedarikçi seçiminin işletmeler için önemi artmıştır. Tedarik zinciri yönetiminin temel amacı, bir ürünün tedarik zinciri aşamalarındaki her bir organizasyonun aynı amaçlar doğrultusunda çalışmasını sağlayarak, ürünün oluşturulmasında en etkin yolların seçimini gerçekleştirmektir. Bu nedenle, tedarik zincirini oluşturan işletmeler birbirinden bağımsız olarak düşünülemez. Her bir zincir üyesi hem kendi performanslarını geliştirmeli hem de diğer zincir üyelerinin performansları ile yakından ilgilenmelidir. Aksi halde, aynı zincir içerisinde bulunan diğer üyelerin başarısızlığı tüm zinciri olumsuz yönde etkileyecektir (Akman ve Alkan, 2006: 25).

Bir tedarik zincirinin yapısı, potansiyel tedarikçiler, dağıtıcılar, perakendeciler ve müşterilerden oluşmaktadır. Tedarikçiler, tedarik yönetiminin amaçlarının gerçekleştirilebilmesi için çok önemli rol oynamaktadır. Tedarikçi performanslarının iyileştirilmesi sağlanarak, israfların elimine edilmesi ile maliyetlerin azaltılması, kalitenin sürekli artırılması ile sıfır hataya ulaşılması, esnekliğin artırılması ile son kullanıcıların gereksinimlerinin karşılanması ve tedarik zincirinin farklı halkalarında gecikme sürelerinin azaltılması mümkündür (Amin ve Razmi, 2009: 8639).

Birçok üretici, yönetim performanslarını ve rekabet güçlerini arttırabilmek için tedarikçileri ile işbirliği içerisine girmişlerdir (Özdemir ve Seçme, 2009: 81). Satın alma fonksiyonunun işletmeler için stratejik önemi gün geçtikçe artmaktadır. Üretimde ürünü satın alan işletme ve tedarikçi işletme arasındaki ilişkiler üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Uzun dönemli ilişkilerin kurulması ile işletmeler tedarik zincirini güçlendirerek rekabet avantajı sağlayacaktır. Başka bir ifade ile bir tedarikçi iyi yönetilen bir tedarik zincirinin parçası olduğunda bu ilişki işletmenin etkinliği üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olacaktır. Bu nedenle, tedarikçi seçim problemi, etkili bir tedarik zinciri sistemi kurulabilmesi için çözüme ulaştırılması gereken önemli bir konu haline gelmektedir. Tedarikçi seçim süreci, satın alma riskinin azaltılması ve tedarik eden ile tedarikçiler arasında uzun dönemli ilişkilerin geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Tedarik zincirinde üretici ve tedarikçiler arasındaki koordinasyonun sağlanması tipik olarak dağıtım kanallarında zor ve önemli bir bağlantı kurulmasını gerektirmektedir (Chen, Lin ve Huang, 2006: 289-290).

Tedarikçi seçimi, üretim için gerekli hammaddelerin, yarı mamul ve diğer malzemelerin kimden ve ne kadar satın alınacağına belirlenmesidir (Ecer ve Küçük, 2008: 357). Tedarikçi seçimi, pek çok çeşitli nitel ve nicel kriterlerin bir arada değerlendirilmesini gerektiren çok kriterli bir karar problemi olarak ifade edilebilir (Chen, Chen ve Li, 2005: 316). Her tedarikçinin çeşitli güçlü yanları ve zayıflıkları bulunmaktadır (Liu ve Hai, 2005: 308). En iyi tedarikçinin seçimi için tüm alternatiflerin verilen kriterlere göre karşılaştırmalarının yapılması gerekmektedir. (Kilince ve Onal, 2011: 9656). Doğru tedarikçinin seçimi, işletmelerin başarısı için oldukça önemli kararlardan biridir. Tedarikçi seçimi bir çok kriterli karar problemi olup, günümüzde işletmelerin tedarikçi seçimi yaparken nitel ve nicel karakterli pek çok faktörü göz önünde bulundurmaları gerekmektedir (Timor, 2011: 136). Tedarikçi seçim problemlerinin çözümü için literatürde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Söz konusu yaklaşımlar, Tablo 1’de verilen şekilde özetlenebilir (Ho, Xu ve Dey, 2010: 16-19).

Tablo 1 Tedarikçi Seçim Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Yaklaşımlar

Kullanılan Yaklaşım	Yazarlar
Veri Zarflama Analizi (VZA)	Baker ve Talluri (1997) Braglia ve Petroni (2000) Liu ve diğerleri (2000) Seydel (2006)
Doğrusal Programlama	Talluri ve Narasimhan (2003) Talluri ve Narasimhan (2005) Ng (2008)
Tamsayılı Doğrusal Programlama	Talluri (2002) Hong ve diğerleri (2005)
Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama	Ghodsypour ve O’Brien (2001)
Hedef Programlama	Karpak ve diğerleri (2001)
Çok Amaçlı Programlama	Narasimhan ve diğerleri (2006) Wadhwa ve Ravindran (2007)
Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)	Akarte ve diğerleri (2001) Muralidharan ve diğerleri (2002) Chan (2003) Chan ve Chan (2004) Liu ve Hai (2005) Chan ve diğerleri (2007) Hou ve Su (2007)
Analitik Ağ Süreci	Sarkis ve Talluri (2002) Bayazit (2006) Gencer ve Gürpınar (2007)
Genetik Algoritma	Ding ve diğerleri (2005)
AHS ve VZA	Ramanathan (2007) Saen (2007) Sevki ve diğerleri (2007)
AHS ve Çok Amaçlı Programlama	Xia ve Wu (2007)
Bulanık Hedef Programlama	Jain ve diğerleri (2004)
BAHS (Genişletilmiş Analiz)	Kahraman ve diğerleri (2003) Chan ve Kumar (2007)

Ho, Xu ve Dey (2010) tarafından yapılan literatür taramasında tedarikçi seçim problemlerinde en çok kullanılan kriterler belirlenmiştir. Buna göre, ilk üç sırayı kalite, teslim, fiyat/maliyet almaktadır. Tedarikçi seçiminin amacı, işletmenin gereksinimlerini tutarlı ve kabul edilebilir bir maliyetle karşılayabilecek tedarikçilerin belirlenmesidir. Seçim, belirli kriter

ve ölçütler kullanılarak tedarikçilerin karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Potansiyel tedarikçilerin değerlendirilmesi için kullanılan detayların düzeyi ise işletmenin gereksinimlerine bağlı olarak değişmektedir. Genel amaç en iyi potansiyele sahip tedarikçinin belirlenmesidir. Kullanılacak olan kriter ve ölçütler değerlendirilecek olan tüm tedarikçilere uygulanabilir olmalıdır ve işletmenin tedarik gereksinimlerini ve teknoloji stratejisini yansıtmalıdır. İşletmelerin gereksinimlerini gerekli kriterlere dönüştürmek kolay olmayabilir, çünkü kriterler genellikle nitel olarak ifade edilmektedirler. İşletmenin seçim kriterleri belirlenirken söz konusu kriterlerin uygulamada kullanılabilir olmasına dikkat edilmelidir (Kahraman, Cebeci ve Ulukan, 2003: 382).

3. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

AHS, çok kriterli karar problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Analitik Hiyerarşi Süreci, tedarikçi seçimi gibi ana kriterlerin, bunlara bağlı olarak belirlenen alt kriterlerin, nitel ve nicel karakterli olabilen değerlendirme ölçütlerinin bir arada değerlendirilmesini gerektiren çok kriterli bir karar problemi için oldukça uygun bir çözüm yaklaşımıdır.

Analitik Hiyerarşi modelleme ve ölçüm süreci, bir grup kriter veya alternatifin görece önem derecelerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Tekniğin kullanımı ile karmaşık, çok kriterli ve çok periyotlu problemlerin çözümü hiyerarşik bir yapıda gerçekleştirilmektedir (Wind ve Saaty, 1980: 641). AHS, Saaty (1977) tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar verme tekniğidir. Teknik, karmaşık karar problemlerinin çözümünde kullanılacak bir karar destek aracıdır ve amaç, kriter ve alt kriterlerin bulunduğu çok seviyeli bir hiyerarşik yapı kullanılmaktadır (Triantaphyllou ve Mann, 1995: 35).

Bir şey, nesne, duygu veya bir fikir hakkında bilgi sahibi olmanın iki olası yolu bulunmaktadır. Birincisi araştırılan konunun tek başına değerlendirilmesi, ikincisi de benzer konular ile karşılaştırılmasıdır (Saaty, 2008: 84). İkinci durumda yapılan karşılaştırma görelidir. AHS, hiyerarşi içerisindeki her elemanın görece önemini belirlenmesi için hassas ve etkili bir metodoloji sunmaktadır. "Görelî" kelimesi, tekniğin anahtar noktasıdır (Hepler ve Mazur, 2007: 141).

Süreç uygulanırken kullanılacak olan veriler bir dizi ikili karşılaştırma yapılarak türetilmektedir. Söz konusu karşılaştırmalar, karar kriterlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesinde ve her karar kriteri için alternatiflerin görece performanslarının ölçümünde kullanılmaktadır (Triantaphyllou ve Mann, 1995: 35). Ölçüm yapılırken iki faktör ve aralarındaki ilişkiye yoğunlaşmaktadır. Her faktörün görece önem derecelerinin belirlenmesi için 1 – 9 arasındaki değerlerden oluşan bir ölçek kullanılmaktadır. 1, iki faktörün eşit öneme sahip olduğunu ve 9 ise birinin diğerine göre en yüksek derecede önemli olduğunu göstermektedir (Yang ve Shi, 2002: 34). AHS ile objektif ve subjektif karar kriterleri karşılaştırılabilmekte ve birbirinden farklı karar kriterlerine dayanan bir ağırlıklama sonucu bir sıralama elde edilmektedir. Süreç, özellikle subjektif karar unsurlarının var olduğu problemlerde rahatlıkla uygulanabilmektedir (Timor, 2011: 26).

AHS, bir problemin çok kriterli elemanlarının öncelik durumunu bir hiyerarşi içerisinde belirlemeye ve temsil etmeye yarayan sistematik bir tekniktir (Taylor, Ketcham ve Hoffman, 1998: 680). Çok kriterli karar vermede, seçeneklerin değerlendirilmesinde kriterlerin karara etkilerinin eşit olmaması durumunda, AHS ile karar seçeneklerinin ikili karşılaştırmaları yapılarak seçeneklerin sıralanması yapılabilir. Burada önemli olan seçeneklerin nasıl ölçüleceği

ve sıralanacağıdır. AHS, problemin daha küçük parçalara ayrılmasını sağlayarak, kriterlerin ve seçeneklerin ikili karşılaştırmalarla çözümünün arandığı mantıksal bir süreçtir (Dündar ve Ecer, 2008: 198).

AHS tekniğinin en güçlü tarafı, karşılaştırma yapılacak olan karar değişkenlerinin sayısının eş zamanlı olarak azaltılarak, ikiye düşürülebilmesidir. Tekniğin uygulanması için karar vericinin pek çok seri ikili karşılaştırma yapması gerekmektedir (Taylor, Ketcham ve Hoffman, 1998: 680).

AHS'nin uygulanması genellikle dört temel adımda gerçekleştirilmektedir (Cheng, Yang ve Hwang, 1999: 424):

1. Öncelikle karmaşık olan bir çok kriterli karar problemi, bileşenlerine ayrılır ve hiyerarşik bir yapıda ifade edilir.
2. 1, 3, 5, 7 ve 9 ölçeği kullanılarak kriterler ve alternatifler için seri ikili karşılaştırmalar yapılır.
3. Öz vektör yöntemi kullanılarak görelî ağırlıklar belirlenir.
4. Bulunan görelî ağırlıklar birleştirilerek karar alternatifleri arasından seçim yapılır.

AHS, bir çok kriterli karar verme aracı veya ağırlık tahmin tekniği olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. Klasik AHS'de kesin yargılara gereksinim duyulmaktadır (Wang, Luo ve Hua, 2008: 735). Gerçek hayatta karşılaşılan pek çok karar verme probleminde, kesin verilere ulaşmak her zaman mümkün olmayabilir. İnsanlar genellikle niteliksel değerlendirmelerde, niceliksel değerlendirmelere göre daha başarılıdırlar. Kesin olarak tanımlanamayan ve sözel değişkenler içeren veriler için ise bulanık küme teorisine dayanılarak oluşturulan bulanık sayılar kullanılabilir. Bulanık sayıların kullanımı, kesin olmayan bulanık bilgilerin karar modellerine entegre edilmesini kolaylaştırmaktadır (Kulak ve Kahraman, 2005: 192-194). Karar vericiler uygulamada karşılaşılan karar problemlerindeki karmaşıklık ve belirsizlik nedeniyle bazen klasik karşılaştırmalar yerine bulanık yargılar kullanmakta daha başarılıdırlar (Wang, Luo ve Hua, 2008: 735). Dolayısı ile belirsizlik içeren çok kriterli karar problemlerinde kesin sayılar yerine bulanık sayıların kullanımı daha uygundur (Gu ve Zhu, 2006: 401).

4. Bulanık Kümeler Ve Bulanık Sayılar

Bulanık kümeler ilk kez Azeri asıllı bilim adamı Zadeh (1965) tarafından ortaya konmuştur (Zadeh, 1965: 1). Bulanık küme teorisi, bulanık mantık sisteminden yola çıkılarak tanımlanmıştır.

Bulanık mantık, kişisel düşüncelerin ve sözel belirsizliklerin modellenmesinde kullanılan matematiksel bir yoldur. Kişisel kararların ve değerlendirme süreçlerinin algoritmik formda ifade edilmesini sağlamaktadır (Altrock, 1995: 10). Bulanık mantık, kesin karar verme yerine yaklaşık karar verme biçimleri ile ilişkilidir. Bulanık mantığın önemi, özellikle sağduyu kullanılarak verilecek olan kararların doğasının yaklaşıklık üzerine kurulu olmasından kaynaklanmaktadır (Zadeh, 1989: 89).

Belirsizliğin bir türü, doğal konuşma dilindeki bir takım sözcüklerdeki bulanıklıktan kaynaklanan sözel belirsizliktir. Bu tür belirsizlikler, kişilerin kavram değerlendirme ve sonuç çıkarma faaliyetleri için kullandığı pek çok kelimeye doğal olarak var olmaktadır (Altrock, 1995: 7). Bulanık veriler, kişilerin algılarındaki ve konuşma dilinde kullanılan sözcüklerdeki belirsizlikler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bulanık verilerin matematiksel olarak modellenmesi ise, bulanık küme teorisi ile mümkün olmaktadır (Nguyen, 2006: 13).

4.1. Bulanık Kümeler

Klasik kümelerde sadece, üyelik ve üye olmamayı gösteren iki özel durum söz konusudur. Bir nesne ya da eleman bir kümeye aittir ya da ait değildir. Klasik kümeler tamamıyla niteliksel bir ayırım yapmaktadır. Bir kümede kesinlikle üye olma 1, üye olmama ise, 0 ile gösterilmektedir (Ragin, 2000: 153). Bulanık kümelerde ise, 0 ile 1 arasındaki kısmi üyelik değerleri de kabul edilebilir.

Bir \tilde{A} bulanık kümesi, $[0,1]$ kapalı aralığında tanımlanan karakteristik bir fonksiyon ile ifade edilmektedir. Söz konusu fonksiyona, üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. \tilde{A} bulanık kümesi için tanımlanacak olan bir üyelik fonksiyonu, (4.1)'de gösterilmektedir (Höhle ve Rodaugh, 1999: 63).

$$\mu_{\tilde{A}} : E \rightarrow [0, 1] \quad (4.1)$$

\tilde{A} bulanık kümesinin elemanı olan x 'in üyeliğinin derecesi $\mu_{\tilde{A}}(x)$, x elemanının \tilde{A} bulanık kümesine hangi derecede üye olduğunun göstergesidir. “ x , \tilde{A} bulanık kümesinin elemanıdır ” cümlesinin ne derecede doğru olduğunun hesaplanmasını sağlamaktadır (Höhle ve Rodaugh, 1999: 63).

4.2. Bulanık Sayılar

Bir bulanık küme içerisindeki tüm bilgiler, bulanık kümenin üyelik fonksiyonu tarafından temsil edilmektedir.

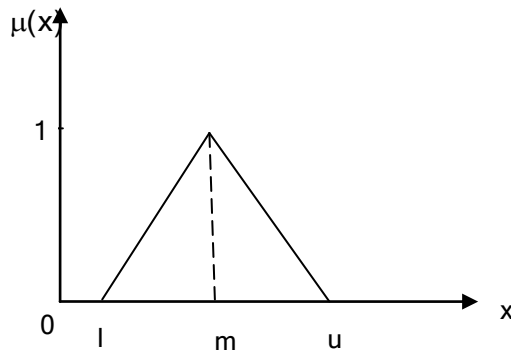
4.2.1. Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonları, 0 ile 1 arasında değerler alan fonksiyonlar ile modellenir. Üyelik fonksiyonları, verilen bir bulanık küme içerisindeki noktaların farklı üyelik derecelerini göstermektedir. Bulanık sayılar, sürekli veya parçalı sürekli üyelik fonksiyonları ile gösterilmektedir. Üyelik fonksiyonlarından en yaygın olarak kullanılanlar üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarıdır. Çalışmanın kapsamı üçgen bulanık sayılardan oluştuğu için burada üçgen bulanık sayı kavramı ve üçgen bulanık sayılarda yapılan işlemler incelenecektir.

4.2.2. Üçgen Bulanık Sayılar

Bir üçgen bulanık sayı üç elemandan oluşmaktadır. $\tilde{M} = (l, m, u)$ şeklinde ifade edilen bir üçgen bulanık sayı için l ve u alt ve üst sınırları, m ise üçgen bulanık sayının tepe noktasını ifade etmektedir. Üçgen bulanık sayılar için, üyelik fonksiyonu (4.2)'de ve grafik ifadesi ise Şekil 1'de gösterilmektedir (Dağdeviren, 2008: 8146).

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \\ 0 & \text{aksi durumlarda} \end{cases} \quad (4.2)$$



Şekil 1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Bir bulanık sayı, üyelik derecesi 0 ile 1 arasında değişen konveks bir bulanık kümedir. Üçgen bir bulanık sayının üyelik fonksiyonu aşağıda verilen özellikleri taşımalıdır (Deng, 1999: 217):

- $x \in (-\infty, l] \cup [u, +\infty)$ ise $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ olur.
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ $[l, m]$ aralığında artan ve $[m, u]$ aralığında azalandır.
- $x = m$ olduğunda $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ 'dir.

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayıyı göstermek üzere, üçgen bulanık sayılar arasında yapılacak olan aritmetik işlemler (4.3)'te özetlenmektedir (Lee ve diğ., 2008: 6841-6842; Dağdeviren, 2008: 8146).

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 (+) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \\ \tilde{M}_1 (-) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (-) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \\ \tilde{M}_1 (x) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (x) (l_2, m_2, u_2) \cong (l_1 x l_2, m_1 x m_2, u_1 x u_2) \\ \tilde{M}_1 (/) \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) (/) (l_2, m_2, u_2) \cong (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2) \\ \tilde{M}_1^{-1} &= (l_1, m_1, u_1)^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \end{aligned} \quad (4.3)$$

5. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS)

Analitik Hiyerarşide karar süreci hiyerarşik bir yapıda ortaya konmaktadır. Hiyerarşinin her seviyesinde kriterlerin ve alternatiflerin göreceli önceliklerinin belirlenmesinde klasik sayılar kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Teknik uygulanırken kullanılan 1-9 arasındaki sayılardan oluşan ölçek, problemlerin değerlendirilmesindeki belirsizliklerin karar sürecine katılmasında yetersiz kalmaktadır (Lee ve diğ., 2010: 2238). Uygulamada karşılaşılan çok kriterli karar verme problemlerindeki karmaşıklık ve belirsizlik nedeniyle, karar vericiler kesin yargılar ile karar vermeye karşı isteksiz olabilirler ve kararlarını sözel değişkenler kullanarak vermek isteyebilirler. Sözel değişkenler, değerleri sayılar ile değil kelimeler veya cümleler ile ifade edilen değişkenlerden oluşmaktadır (Tiryaki ve Ahlatçioğlu, 2009: 54). Çok kriterli karar verme problemlerinde AHS hem niceliksel hem de niteliksel kriterleri ele almada etkili bir tekniktir. Fakat klasik sayılar ile uygulanan teknik karar vericinin yargılarında ortaya çıkan bulanıklıkları ve belirsizlikleri değerlendirmeye katmakta yetersiz kalması nedeniyle klasik sayılar yerine bulanık sayıların kullanıldığı yaklaşım tercih edilmektedir (Sheu, 2000: 45). Bulanık çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan tekniklerden biri Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecidir.

Klasik AHS'nin bir uzantısı olan ve ölçek olarak bulanık sayıların kullanıldığı BAHS, insan yargılarının ve düşüncelerinin karar sürecinde daha etkin bir şekilde yer almasını sağlamaktadır. BAHS, düşük, orta ve yüksek değerleri içeren bulanık ölçekleri kullanarak bulanıklık veya sözel belirsizlik içeren karar verme problemlerinin çözümü için uygun bir yaklaşım getirmektedir. Göreceli ağırlıkların sentezi için, bulanık kümeleri, üyelik fonksiyonlarını ve bulanık sayıları kullanmaktadır. Teknik uygulanırken, kişilerin bulanıklık veya belirsizlik konusundaki değerlendirmeleri, kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak karar sürecine yansıtılmaktadır (Lee ve diğ., 2010: 2238).

Çok kriterli karar problemlerinde bulanık küme teorisini ilk kez Yager (1978) kullanmıştır. Saaty (1977) tarafından geliştirilen öncelik teorisini genişleterek, Laarhoven ve Pedrycz (1983) ikili karşılaştırmalarda bulanık ağırlıkların ve bulanık performans puanlarının hesaplanması için logaritmik en küçük kareler tekniğini, Buckley (1985) geometrik ortalamaların kullanılmasını önermişlerdir. Her iki teknik oldukça fazla hesaplama gerektirdiğinden uygulamada tercih edilmemişlerdir. Ayrıca logaritmik en küçük kareler tekniğinde doğrusal denklem sistemlerinin çözüm sonuçları her zaman bulanık sayı vermediğinden teknik eleştirilmiştir. BAHS uygulamaları Mon, Cheng ve Lin (1994) tarafından ağırlıkların belirlenmesinde Entropy tekniğinin kullanımı ile devam etmiştir. İkili karşılaştırmalar yapılırken bulanık ölçek kullanılmadığından bulanık ağırlık vektörünün türetilmesi oldukça subjektif bulunmuştur. Ayrıca, yapılacak olan subjektif değerlendirmeler AHS'nin temel aksiyomlarından homojenlik aksiyomuna da ters düşmektedir. Literatürde en çok kabul gören ve bulanık sayılar arasında yapılan aritmetik işlemlerine dayanan Chang (1996) tarafından geliştirilen genişletilmiş analize dayalı teknikte ise ikili karşılaştırmaların yapılabilmesi için üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Weck ve diğerleri (1997) üretim döngüsü alternatiflerinin değerlendirilmesinde, Zhu ve diğerleri (1999) Çin'de bulunan bir petrol şirketinin olası kazı noktalarının belirlenmesinde, Kahraman ve diğerleri (2003) çok kriterli tedarikçi seçim probleminde, Kwang ve Bai (2003) QFD tekniğinde müşteri gereksinimlerinin önem ağırlıklarının hesaplanmasında, Ayağ ve Özdemir (2006) makine alternatiflerinin değerlendirilmesinde, Tiryaki ve Ahlatçioğlu (2009) portföy seçim probleminde, Güngör ve diğerleri (2009) personel seçim probleminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin uygulandığı çalışmalara örnek olarak gösterilebilir.

Teknik ile karar vericinin deterministik tercihler yerine algılarını kullanarak bulanık tercihler yapabildiği sağlanmaktadır. Kişilerin tercihlerindeki sözel belirsizliklerden kaynaklanan bulanıklıklar, bulanık sayılar kullanılarak modellenmektedir. Bulanık küme terminolojisine göre, karar verici tarafından belirlenen öncelikler bulanık sayılardan oluşabilir ve söz konusu öncelikler üyelik fonksiyonları ile ifade edilebilirler. Tercihler aslında algılara bağlı olarak oluşmaktadır ve karar vericilerin yargıları bulanık aralıklar ile tanımlanmaktadır. Üyelik fonksiyonları, tercih kümesine ait olan, yargı aralığında bulunan elemanın önem derecesini göstermektedir. BAHS, bulanık tercih değerlerinden yola çıkılarak, özel önceliklerin bileşiminden, genel önceliklere ulaşılmasını sağlamaktadır. Bulanık yaklaşım, karar verme sürecini daha hassas bir şekilde tanımlamaktadır (Leung ve Cao, 2000: 45).

Bulanık uygulamalarda, ağırlıklar matrisinde bulunan ikili karşılaştırmalar bulanık sayılardan oluşmaktadır. Bulanık aritmetik kullanılarak ağırlık vektörleri ve her alternatif için toplam puanlar hesaplanmaktadır (Kahraman ve diğ., 2003: 387). Tekniğin uygulanmasında öncelikler matrisindeki tüm elemanlar ve ağırlık vektörleri üçgen bulanık sayılarla ifade edilmektedir. Her bir kriterin alternatifler üzerindeki göreceli katkısının veya etkisinin tanımlanmasında üçgen bulanık sayıların kullanımı ile bulanık bir öncelikler matrisi oluşturulmaktadır (Duran ve Agulio, 2008: 1789). Algoritmanın uygulanmasında üçgen bulanık sayılar arasında işlem yapılırken standart bulanık aritmetik işlemleri kullanılmaktadır.

5.1. BAHS'nin Matematiksel Yapısı

BAHS'de, Saaty (1977)'nin geliştirdiği klasik AHS tekniği ile bulanık küme teorisi bütünleştirilmiştir. Tekniğin uygulanmasında bulanık önem dereceleri kullanılmaktadır (Wang ve Wang, 2010: 8518). Söz konusu önem dereceleri ve üçgen bulanık sayı olarak karşılıkları Tablo 2'de gösterilmektedir (Vahidnia, Alesheikh ve Alimohammadi, 2009: 3051).

İkili karşılaştırma matrislerinin elemanları üçgen bulanık sayılardan oluşmaktadır. Üçgensel bulanık karşılaştırma matrisi (5.1)'de ifade edilmektedir (Wang ve diğ., 2008: 736).

$$\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1, 1, 1) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (1, 1, 1) \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Bulanık karşılaştırma matrisleri oluşturulurken (5.2)'de verilen koşul sağlanmalıdır (Vahidnia, Alesheikh ve Alimohammadi, 2009: 3050)

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \tilde{a}_{ji}^{-1} = (1/u_{ji}, 1/m_{ji}, 1/l_{ji}) \quad (5.2)$$

Tablo 2 AHS'de Bulanık Önem Ölçeği

İkili Karşılaştırma Tercihleri	Önem Derecesi	Önem Derecesinin Eşleniği	Açıklama
Eşit Derecede Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	İki elemanın katkısı eşittir.
Ara Değer	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)	
Biraz Daha Fazla Önemli	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)	Bir eleman diğerinden biraz daha fazla katkıda bulunmaktadır.
Ara Değer	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)	
Güçlü Derecede Önemli	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)	Bir eleman diğerinden daha güçlü derecede katkıda bulunmaktadır.
Ara Değer	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)	
Çok Güçlü Derecede Önemli	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)	Bir eleman diğerinden çok daha güçlü derecede katkıda bulunmaktadır.
Ara Değer	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)	
Aşırı Derecede Önemli	(8, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/8)	Bir eleman diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede katkıda bulunmaktadır.

5.2. Genişletilmiş Analize Dayalı BAHS Algoritması

Genişletilmiş analiz tekniğinde, bulanık sentetik derece değerleri tanımlanmaktadır. Sentetik derece değerleri ile ilgili hesaplamalar standart bulanık aritmetik işlemleri kullanılarak yapılmaktadır (Kahraman ve diğ., 2003: 388).

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ elemanlar kümesini ve $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ bir amaç kümesini göstermek üzere, her bir eleman işleme alınarak her bir amaç için sırasıyla genişletilmiş analiz uygulanır. Bu durumda m adet boyut değeri ortaya çıkmaktadır ve (5.3)'te verilen semboller ile ifade edilmektedir (Kahraman ve diğ., 2003: 387).

$$\tilde{M}_{gi}^1, \tilde{M}_{gi}^2, \dots, \tilde{M}_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.3)$$

Tüm $\tilde{M}_{gi}^j \quad j = 1, 2, \dots, m$ üçgen bulanık sayılardır. Genişletilmiş analiz algoritması aşağıda verilen aşamalardan geçilerek uygulanmaktadır.

1. Aşama: Hiyerarşik yapı içerisindeki elemanlar arasında, üçgen bulanık sayılar kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır (Lee ve diğ., 2008: 6842).

2. Aşama: i' inci amaca göre, bulanık sentetik boyut değerleri (5.4), (5.5), (5.6) ve (5.7)'de verilen formüller yardımıyla hesaplanmaktadır (Lee ve diğ., 2009: 916).

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ij} \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ij} \right]^{-1} \quad (5.4)$$

$$\sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^m l_{ij}, \sum_{j=1}^m m_{ij}, \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) \quad (5.5)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ij} = \left(\sum_{i=1}^n l_{ij}, \sum_{i=1}^n m_{ij}, \sum_{i=1}^n u_{ij} \right) \quad (5.6)$$

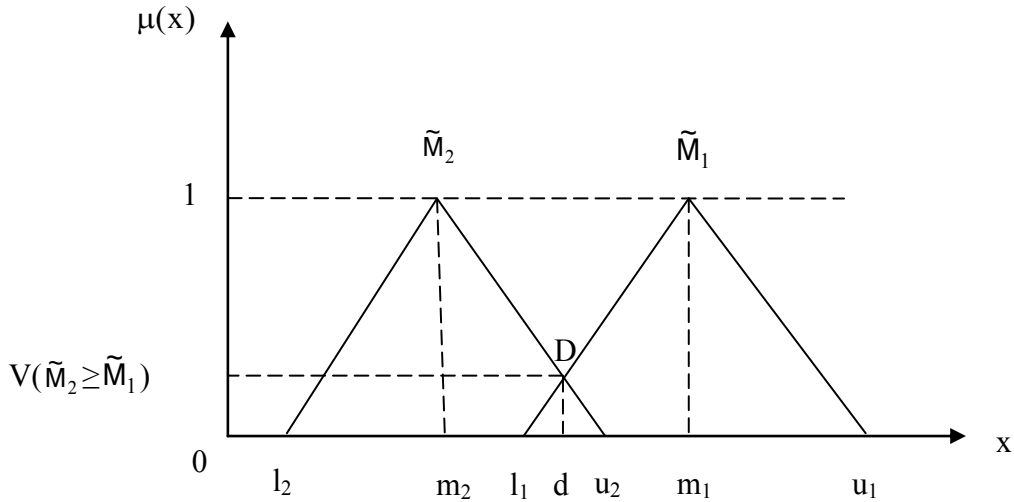
$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{M}_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_{ij}} \right) \quad (5.7)$$

3. Aşama: $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1) \geq \tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ ifadesinin olabilirlik derecesi hesaplanır. Bu durum (5.8)'de gösterilmektedir (Bozbura ve diğ., 2007: 1104).

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = H(\tilde{M}_2 \cap \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))] = \mu_{\tilde{M}_2}(d) \quad (5.8)$$

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgen ve dışbükey bulanık sayılar olmak üzere üçgen bulanık sayıların kesişiminin üyelik fonksiyonu (5.9) ve grafik ifadesi ise Şekil 2'te gösterilmektedir (Kahraman ve diğ., 2003: 387).

$$\mu_{\tilde{M}_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad (5.9)$$



Şekil 2. \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 Bulanık Sayılarının Kesişimi

$[V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1), d]$, $\mu_{\tilde{M}_1}$ ve $\mu_{\tilde{M}_2}$ üyelik fonksiyonlarının en yüksek kesişim değeri D'nin koordinatlarını ifade etmektedir. \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 bulanık sayıları arasında bir karşılaştırma yapılabilmesi için $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ ve $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$ değerlerinin her ikisine de gereksinim duyulmaktadır (Bozbura ve diğ., 2007: 1104).

4. Aşama: Dışbükey bir bulanık sayının olabilirlik derecesinin k adet dışbükey bulanık sayıdan ($\tilde{M}_i, i= 1,2,\dots,k$) daha büyük olması için gerekli koşul (5.10)'da tanımlanmaktadır (Lee ve diğ., 2009: 916).

$$\begin{aligned} V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) &= V[(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1), (\tilde{M} \geq \tilde{M}_2), \dots, (\tilde{M} \geq \tilde{M}_k)] \\ &= \text{Min } V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (5.10)$$

$k = 1, 2, \dots, n$ ve $k \neq j$ için $d(A_i) = \min V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_k)$ olduğu varsayıldığında ağırlık vektörü (5.11)'de ifade edilmektedir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2009: 707).

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (5.11)$$

5. Aşama: (5.11)'de verilen ağırlık vektörü normalize edilerek, normalize edilmiş ağırlık vektörüne ulaşılmaktadır. Normalize edilmiş ağırlık vektörü W , bulanık olmayan bir vektördür ve (5.12)'de gösterilmektedir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2009: 707).

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (5.12)$$

Hesaplama kolaylığı nedeniyle genişletilmiş analiz tekniği pek çok uygulamada tercih edilmektedir. Buna rağmen tekniğin bir bulanık karşılaştırma matrisinden doğru ağırlıkların türetilmesinde yetersiz kaldığı konusunda eleştiriler yapılmaktadır.

Genişletilmiş analiz tekniğinde görelî önem derecelerinin hesaplanması yerine iki üçgen bulanık sayının karşılaştırma indeksi ölçülmektedir. Burada, normalize edilmiş değerler bir üçgen bulanık sayının diğerlerinden hangi derecede büyük olduğunu göstermektedir. Fakat bu değerlerin görelî önem derecelerini ifade etmek için kullanılmaları sakıncalı görülmüştür. Çünkü bu durumda görelî önem dereceleri için "0" ağırlığının verilmesi söz konusu olmaktadır. Wang, Luo ve Hua (2008) genişletilmiş analiz tekniğinin sakıncalarını şöyle özetlemektedir (Wang, Luo ve Hua, 2008: 738,745):

1. Genişletilmiş analiz, bazı gerekli karar kriterleri ve alt kriterlerine sıfır ağırlığı atayarak karar sürecinde değerlendirilmemelerine yol açmaktadır. Bu durum AHS'nin temel aksiyomlarından beklentiler ile çelişmektedir.

2. Görelî önem derecelerine sıfır ağırlığı atanabilmesi nedeniyle bulanık karşılaştırma matrislerindeki bazı bilgilerin göz ardı edilmesi söz konusudur.

3. Genişletilmiş analiz ile bulunan ağırlıklar karar kriterlerinin veya alternatiflerin görelî önemlerini ifade etmekte yetersiz kalmaktadır.

4. Karar süreci değerlendirilirken en kötü alternatifin en iyisiymiş gibi seçilerek bir bulanık AHS probleminde yanlış bir karar verilmesi söz konusu olabilmektedir.

Genişletilmiş analiz tekniğinde, bulanık sentetik derece değerleri arasında büyüklük karşılaştırması yapılarak klasik ağırlıklar elde edilmektedir. Bulanık sentetik derece değerlerinin sıralanması için farklı bir tekniğin kullanımı ile genişletilmiş analiz tekniğinin sakıncalarının ortadan kaldırılması mümkündür. Bu çalışmada, Kaptanoğlu ve Özok (2006) tarafından önerilen Liou ve Wang (1992)'in toplam integral değerine göre bulanık sayıların

sıralaması yapılacak ve elde edilen sonuçlar genişletilmiş analiz tekniği ile bulunan görelî önem dereceleri ile karşılaştırılacaktır.

5.3. Liou ve Wang'ın Toplam İntegral Tekniği

Bulanık sayıların sıralanması karar verme faaliyetleri için oldukça önemli bir konudur. Çünkü bulanık sayılarla, belirsiz bir ortamda alternatiflerin değerlendirilmesi problemlerinde sıklıkla karşı karşıya kalınmaktadır. Liou ve Wang (1992)'in sıralama için önerdikleri teknikte bulanık sayıların toplam integral değeri ile sıralanması söz konusudur. Kullanılan üyelik fonksiyonunun tipi veya normalliğine bakılmaksızın iki bulanık sayı ve daha fazlası eş zamanlı olarak sıralanabilmektedir (Liou ve Wang, 1992: 247).

$f_M(x)$, \tilde{M} bulanık sayısının üyelik fonksiyonu, $f_M^L(x)$ sol üyelik fonksiyonu $f_M^R(x)$ sağ üyelik fonksiyonu, $g_M^L(y)$, $f_M^L(x)$ 'nin ters fonksiyonu ve $g_M^R(y)$, $f_M^R(x)$ 'nin ters fonksiyonu olmak üzere, \tilde{M} bulanık sayısının sol integral değeri;

$$I_L(\tilde{M}) = \int_0^1 g_M^L(y) dy \quad (5.13)$$

ve sağ integral değeri ise;

$$I_R(\tilde{M}) = \int_0^1 g_M^R(y) dy \quad (5.14)$$

olarak tanımlanmaktadır. Buradan hareketle, α karar vericinin iyimserlik indeksini göstermek üzere toplam integral değeri (5.15)'te ifade edilmektedir (Liou ve Wang, 1992: 249-250).

$$I_T^\alpha(\tilde{M}) = \alpha I_R(\tilde{M}) + (1 - \alpha) I_L(\tilde{M}) \quad (5.15)$$

$\alpha = 0$ olduğunda toplam integral değeri kötümser bir karar vericinin, $\alpha = 1$ olduğunda ise iyimser bir karar vericinin bakış açısını göstermektedir. İlimli bir karar vericiyi ifade etmek için ise $\alpha = 0.5$ değeri kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada da iyimserlik indeksi olarak bu değer kullanılmıştır. Bu durumda hesaplanacak olan integral değeri (5.16)'da gösterilmektedir (Liou ve Wang, 1992: 250).

$$I_T^{0.5}(\tilde{M}) = \frac{1}{2} [I_R(\tilde{M}) + I_L(\tilde{M})] \quad (5.16)$$

Toplam integral değeri $\tilde{M} = (l, m, u)$ gibi üçgen bir bulanık sayı için genelleştirilebilir. Sol ve sağ üyelik fonksiyonları ve tersleri (5.17)'de ifade edilmektedir (Liou ve Wang, 1992: 252).

$$\begin{aligned} f_M^L(x) &= \frac{x-l}{m-l} & f_M^R(x) &= \frac{x-u}{m-u} \\ g_M^L(y) &= l + (m-l)y & g_M^R(y) &= u + (m-u)y \end{aligned} \quad (5.17)$$

$\alpha \in [0, 1]$ olmak üzere, sağ ve sol integral değerleri ve toplam integral değeri (5.18)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Liou ve Wang, 1992: 252).

$$\begin{aligned} I_L(\tilde{M}) &= \int_0^1 g_{\tilde{M}}^L(y) dy = \int_0^1 [l + (m-l)y] dy = \frac{1}{2}(l+m) \\ I_R(\tilde{M}) &= \int_0^1 g_{\tilde{M}}^R(y) dy = \int_0^1 [u + (m-u)y] dy = \frac{1}{2}(m+u) \\ I_T^\alpha(\tilde{M}) &= \frac{1}{2}\alpha(m+u) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(l+m) = \frac{1}{2}[\alpha u + m + (1-\alpha)l] \end{aligned} \quad (5.18)$$

Herhangi iki üçgen bulanık sayı \tilde{M}_i ve \tilde{M}_j için yapılacak olan karşılaştırmada (5.19)'da verilen sonuçlar elde edilmektedir (Sofyalıoğlu, 2009: 10).

$$\begin{aligned} I_T^\alpha(\tilde{M}_i) < I_T^\alpha(\tilde{M}_j) & \text{ ise } \tilde{M}_i < \tilde{M}_j \\ I_T^\alpha(\tilde{M}_i) = I_T^\alpha(\tilde{M}_j) & \text{ ise } \tilde{M}_i = \tilde{M}_j \\ I_T^\alpha(\tilde{M}_i) > I_T^\alpha(\tilde{M}_j) & \text{ ise } \tilde{M}_i > \tilde{M}_j \end{aligned} \quad (5.19)$$

6. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci İle Bir Ekmek Fabrikasında Tedarikçi Seçimi

6.1. Çalışmanın Amacı

Tedarikçi seçiminde BAHS tekniğinin uygulanması ile ilgili yapılan çalışmanın amacı, BAHS problemlerinin çözümü için geliştirilen genişletilmiş analiz tekniğinin sakıncalarının ortaya konması ve BAHS tekniğinin tedarikçi seçim sürecine uygunluğunun değerlendirilmesidir. Çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede tedarikçi seçim kararının alınması için mal alımından sorumlu genel müdür karar verici olarak belirlenmiştir.

6.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında tedarikçi seçim süreci incelenecek olan işletme Bursa'da faaliyet gösteren bir ekmek fabrikasıdır. Söz konusu ekmek fabrikasının 5 adet perakende satış mağazası bulunmakta ve fabrika çeşitli alışveriş merkezlerinin ve fabrika yemekhanelerinin ekmek tedarikçiliğini de üstlenmektedir. Çalışma konusu, ekmek fabrikasının üç aday un fabrikası arasından birinin tedarikçi olarak seçiminin gerçekleştirilmesidir.

Çalışma kapsamında karar verici adayları, yapılan deneme alımlarından yola çıkılarak değerlendirmiştir. Un tedarikçisi adaylarının değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler işletmenin satın alma politikaları ve genel tedarikçi seçim kriterleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Karar vericinin yaptığı karşılaştırmalar üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmiş ve tedarikçi adayları, BAHS algoritmaları ile ağırlıklandırma yapılarak sıralanmıştır. Kullanılan her iki tekniğin karşılaştırması yapılarak genişletilmiş analiz algoritmasının sakıncaları ortaya konmaya çalışılmıştır.

6.3. Çalışmanın Yöntemi

Yapılan çalışmada karar vericinin yaptığı sözel karşılaştırmalardan yola çıkılarak ekmek fabrikasının karşı karşıya olduğu tedarikçi seçim problemine uygun bir bulanık çok kriterli

karar verme tekniği olan BAHS kullanılmıştır. Değerlendirme yapılırken Chang (1996)'in genişletilmiş analiz tekniği ile Liou ve Wang (1992)'in toplam integral tekniği ayrı ayrı kullanılmış ve sonuçların karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Karar verici ile görüşülerek kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenme gerekçeleri ve yapılan karşılaştırmalar tartışılmıştır. Karşılıklı olarak yapılan fikir alışverişleri sonucunda belirlenen kriter ve alt kriterlerin literatürde kullanılan kriterlerle uyumlu olması sağlanmıştır.

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı Kwang ve Bai (2003)'nin önerdiği yaklaşım olan, ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırma uygulanıp klasik AHS problemlerinde izlenen yol ile hesaplanmıştır. Bunun nedeni, kullanılan farklı tekniklerin her birinde kullanılan algoritmaların farklı oluşu ve standart bir durulaştırma işleminin her biri için uygulanmasının mümkün olmamasıdır. Dolayısıyla, ikili karşılaştırma matrisleri için birden farklı tutarlılık oranı söz konusu olmayacaktır. Durulaştırma için kullanılan formül (6.1)'de verilmiştir.

$$x^* = \frac{a_1 + 4a_2 + a_3}{6} \quad (6.1)$$

6.4. BAHS Algoritmasının Uygulanması

BAHS'nin ifade edilebilmesi ve problemin alt problemlere ayrılabilmesi için hiyerarşik yapının oluşturulması gerekmektedir. Karar verici tarafından karşılaştırmaların yapılabilmesi için belirlenen ana ve alt kriterler doğrultusunda oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 4'te ifade edilmektedir. Belirlenen ana kriterler ve alt kriterler şunlardır:

KALİTE

- K1:** Ürünün kalitesi
- K2:** Kalite sertifikaları
- K3:** Kalite standartlarına uyum
- K4:** Ürünlerdeki kusur miktarı

TESLİMAT

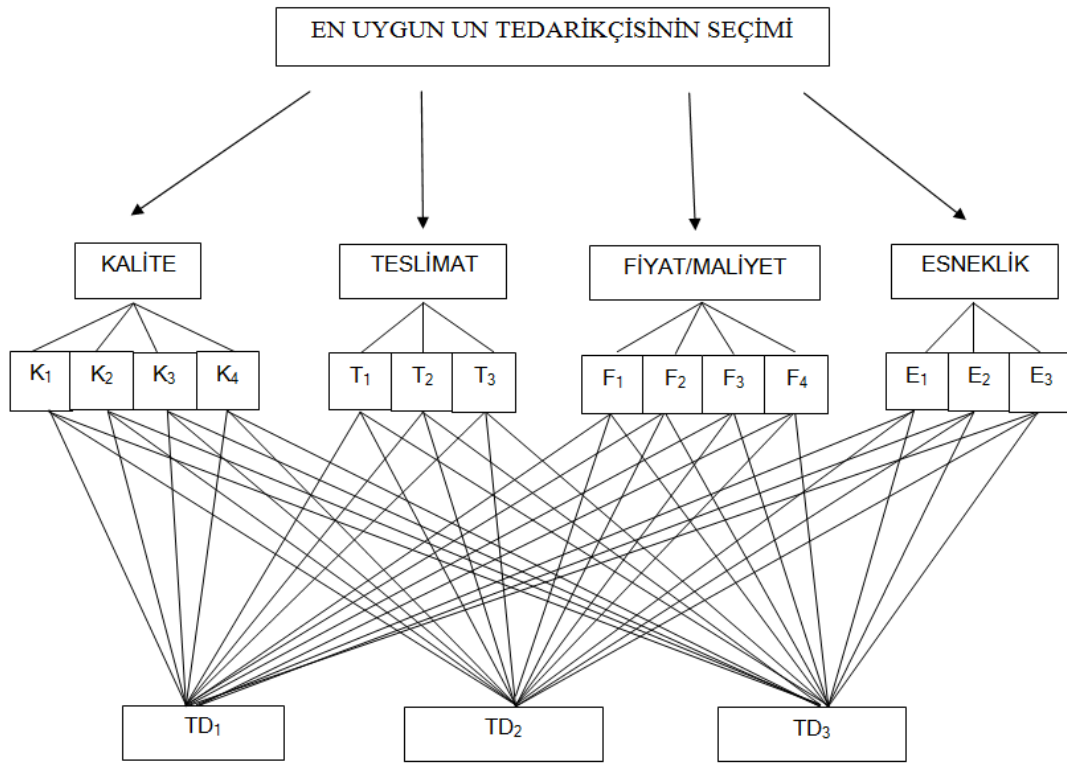
- T1:** Teslim koşulları
- T2:** Teslim süresi
- T3:** Teslim hataları

FİYAT/MALİYET

- F1:** Un fiyatları
- F2:** Maliyet azaltma kapasitesi
- F3:** Sipariş maliyeti
- F4:** Un fiyatlarının piyasa fiyatlarına uygunluğu

ESNEKLİK

- E1:** Kısa hazırlık zamanı
- E2:** Acil gereksinimlere cevap verebilme
- E3:** İstenilen miktarda ürünü tedarik etme



Şekil 3 Tedarikçi Seçim Probleminin Hiyerarşik Yapısı

Algoritmanın uygulanabilmesi için öncelikle karar vericinin yaptığı değerlendirmeler Tablo 2’de verilen bulanık önem ölçğine göre düzenlenmiş ve karar vericinin yapmış olduğu ikili karşılaştırmalar ve eşlenikleri bu şekilde üçgen bulanık sayılar olarak ifade edilmiştir. Üçgen bulanık sayılar ile ifade edilen ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 3 – Tablo 21’de verilmiştir. Her bir ikili karşılaştırma matrisi için bulanık sentetik derece değerleri bulunduğundan sonra, öncelik vektörlerinden ağırlıkların türetilmesi için Chang’in genişletilmiş analiz tekniği ve Liou ve Wang’ın toplam integral tekniği ayrı ayrı uygulanmıştır.

Tablo 3. Amaca Göre Ana Kriterlerin Bulanık Değerlendirme Matrisi

	Kalite	Teslimat	Fiyat/Maliyet	Esneklik
Kalite	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
Teslimat	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)
Fiyat/Maliyet	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
Esneklik	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.015				

Tablo 4. Kalite kriterine göre alt kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
K ₁	(1, 1, 1)	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(2, 3, 4)
K ₂	(1/9, 1/8, 1/7)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)
K ₃	(1/9, 1/8, 1/7)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)
K ₄	(1/4, 1/3, 1/2)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.025				

Tablo 5. Teslimat kriterine göre alt kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	T ₁	T ₂	T ₃
T ₁	(1, 1, 1)	(1/8, 1/7, 1/6)	(1/4, 1/3, 1/2)
T ₂	(6, 7, 8)	(1, 1, 1)	(5, 6, 7)
T ₃	(2, 3, 4)	(1/7, 1/6, 1/5)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.10			

Tablo 6. Fiyat/Maliyet kriterine göre alt kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
F ₁	(1, 1, 1)	(6, 7, 8)	(3, 4, 5)	(4, 5, 6)
F ₂	(1/8, 1/7, 1/6)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)
F ₃	(1/5, 1/4, 1/3)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
F ₄	(1/6, 1/5, 1/4)	(1, 2, 3)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.065				

Tablo 7. Esneklik kriterine göre alt kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	E ₁	E ₂	E ₃
E ₁	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
E ₂	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)
E ₃	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.078			

Tablo 8. Ürünü kalitesi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
TD ₂	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)
TD ₃	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.094			

Tablo 9. Kalite sertifikaları alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(2, 3, 4)
TD ₂	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(5, 6, 7)
TD ₃	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/7, 1/6, 1/5)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.098			

Tablo 10. Kalite standartlarına uyum alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 2, 3)
TD ₂	(3, 4, 5)	(1, 1, 1)	(4, 5, 6)
TD ₃	(1/3, 1/2, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.058			

Tablo 11. Ürünlerdeki kusur miktarı alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)
TD ₂	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
TD ₃	(1/5, 1/4, 1/3)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.061			

Tablo 12. Teslim koşulları alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/8, 1/7, 1/6)
TD ₂	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)
TD ₃	(6, 7, 8)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.072			

Tablo 13. Teslim süresi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(5, 6, 7)	(6, 7, 8)
TD ₂	(1/7, 1/6, 1/5)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
TD ₃	(1/8, 1/7, 1/6)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.10			

Tablo 14. Teslim hataları alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)
TD ₂	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
TD ₃	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.062			

Tablo 15. Un fiyatları alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1/7, 1/6, 1/5)
TD ₂	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)
TD ₃	(5, 6, 7)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.098			

Tablo 16. Maliyet azaltma kapasitesi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)
TD ₂	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
TD ₃	(1/5, 1/4, 1/3)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.069			

Tablo 17. Sipariş maliyeti alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)
TD ₂	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)
TD ₃	(4, 5, 6)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.048			

Tablo 18. Un fiyatlarının piyasa fiyatlarına uygunluğu alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)
TD ₂	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)
TD ₃	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.062			

Tablo 19. Kısa hazırlık zamanı alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(6, 7, 8)
TD ₂	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(5, 6, 7)
TD ₃	(1/8, 1/7, 1/6)	(1/7, 1/6, 1/5)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.10			

Tablo 20. Acil gereksinimlere cevap verebilme alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
TD ₂	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)
TD ₃	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.094			

Tablo 21. İstenilen miktarda ürünü tedarik etme becerisi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TD ₁	TD ₂	TD ₃
TD ₁	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)
TD ₂	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)
TD ₃	(1/5, 1/4, 1/3)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)
Tutarlılık oranı = 0.013			

Tüm ikili karşılaştırma matrisleri için öncelik vektörleri bulunduğundan sonra, alt kriterlerden, ana kriterlere doğru ağırlıkların birleştirilmesi ve alternatiflerin genel öncelik ağırlıklarına ulaşılması gerekmektedir. Chang (1996)'ın genişletilmiş analiz tekniği ile bulunan öncelik ağırlıkları Tablo 22 ve Tablo 23, Liou ve Wang (1992)'ın toplam integral tekniği kullanılarak bulunan öncelik ağırlıkları ise Tablo 24 ve Tablo 25'te gösterilmektedir.

Tablo 22. Chang'in Genişletilmiş Analiz Tekniğine Göre Öncelik Ağırlıkları Vektörleri

	Kalite	Teslimat	Fiyat/Maliyet	Esneklik
Ana kriterler:	0.500	0	0.500	0
Alt Kriterler:	K_1	K_2	K_3	K_4
Kalite:	0.911	0	0	0.089
	T_1	T_2	T_3	
Teslimat:	0	1	0	
	F_1	F_2	F_3	F_4
Fiyat/Maliyet:	0.795	0	0.205	0
	E_1	E_2	E_3	
Esneklik:	0.356	0.077	0.567	
Alternatifler	TD_1	TD_2	TD_3	
Ürün kalitesi:	0.720	0.280	0	
Kalite sertifikaları:	0	1	0	
Kalite std. uyum:	0	1	0	
Üründeki kusur miktarı:	0.816	0.184	0	
Teslim koşulları:	0	0	1	
Teslim süresi:	1	0	0	
Teslim hataları:	0.5612	0.2194	0.2194	
Un fiyatları:	0	0	1	
Maliyet azaltma kapasitesi:	0.678	0.322	0	
Sipariş maliyeti:	0	0.054	0.946	
Un fiyatlarının piyasa fiyatlarına uyumu:	0.2194	0.2194	0.5612	
Kısa hazırlık zamanı:	0.718	0.282	0	
Acil gereksinim cevap verebilme:	0.720	0.280	0	
İstenilen miktarda ürünü tedarik etme:	0.500	0.500	0	

Tablo 23. Chang'in Genişletilmiş Analiz Tekniğine Göre Amaç için Alternatiflerin Öncelik Ağırlıklarının Bulunması

	Kalite	Teslimat	Fiyat/Maliyet	Esneklik	Öncelik Ağırlıkları (Chang)
TD_1	0.728	1	0	0.595	0.364
TD_2	0.272	0	0.011	0.405	0.142
TD_3	0	0	0.989	0	0.494
Ağırlıklar	0.5	0	0.5	0	1

Tablo 24. Liou ve Wang'ın Toplam İntegral Tekniğine Göre Öncelik Ağırlıkları Vektörleri

	Kalite	Teslimat	Fiyat/Maliyet	Esneklik
Ana kriterler:	0.375	0.125	0.375	0.125
Alt Kriterler:	K₁	K₂	K₃	K₄
Kalite:	0.556	0.0640	0.0640	0.316
	T₁	T₂	T₃	
Teslimat:	0.076	0.711	0.213	
	F₁	F₂	F₃	F₄
Fiyat/Maliyet:	0.534	0.061	0.292	0.113
	E₁	E₂	E₃	
Esneklik:	0.313	0.166	0.521	
Alternatifler	TD₁	TD₂	TD₃	
Ürün kalitesi:	0.570	0.339	0.091	
Kalite sertifikaları:	0.239	0.676	0.085	
Kalite std. uyum:	0.219	0.662	0.119	
Üründeki kusur miktarı:	0.605	0.256	0.139	
Teslim koşulları:	0.080	0.226	0.694	
Teslim süresi:	0.711	0.213	0.076	
Teslim hataları:	0.500	0.250	0.250	
Un fiyatları:	0.085	0.239	0.676	
Maliyet azaltma kapasitesi:	0.562	0.291	0.147	
Sipariş maliyeti:	0.126	0.240	0.634	
Un fiyatlarının piyasa fiyatlarına uyumu:	0.250	0.250	0.500	
Kısa hazırlık zamanı:	0.560	0.374	0.066	
Acil gereksinim cevap verebilme:	0.570	0.339	0.091	
İstenilen miktarda ürünü tedarik etme:	0.444	0.444	0.112	

Tablo 25. Liou ve Wang'ın Toplam İntegral Tekniğine Göre Amaç için Alternatiflerin Öncelik Ağırlıklarının Bulunması

	Kalite	Teslimat	Fiyat/Maliyet	Esneklik	Öncelik Ağırlıkları (Liou ve Wang)
TD ₁	0.536	0.618	0.145	0.501	0.395
TD ₂	0.357	0.222	0.244	0.405	0.304
TD ₃	0.107	0.160	0.611	0.094	0.301
Ağırlıklar	0.375	0.125	0.375	0.125	1

Un tedarikçisi adayları genişletilmiş analiz tekniğine göre öncelik ağırlıklarına bakılarak sıralandıklarında en iyi değere sahip olan 3. tedarikçi iken, toplam integral tekniği ile yapılan sıralamada 1. tedarikçi ilk sırayı almıştır.

7. Sonuç

Tedarik zincirinin başarısı, zincir üyelerinin ve aralarındaki iletişim ve etkileşimin iyi olmasına bağlıdır. Dolayısıyla bir işletme için gereksinimlerine hızlı ve doğru bir şekilde cevap verebilecek uygun tedarikçilerin seçimi, rekabet avantajını önemli ölçüde arttıracaktır. Üretim sürecinin başarılı olabilmesi için tedarikçi seçim probleminin çözümü oldukça önemli bir rol oynamaktadır.

Uygulamada karşılaşılan tedarikçi seçim problemlerinde karar vericilerin de bireyler olmasından kaynaklanan bir belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Belirsiz bir karar sürecinde, sayılardan çok sözel değişkenlerin kullanımı daha güvenilir sonuçlar vermektedir. BAHS ile karar vericiler kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasında yapacakları karşılaştırmaları sözel değişkenler ile ifade edebilmektedirler. Tekniğin kullanımı, nitel ve nicel karşılaştırmaların karar sürecinde eş zamanlı olarak bir arada bulunabilmesini sağlamaktadır.

Yapılan çalışmada, BAHS tekniğinin tedarikçi seçim problemine uygulanabilirliği ortaya konmaya çalışılmış ve Chang (1996)'ın bulanık sentetik derece değerleri bulduktan sonra uygulanan genişletilmiş analiz tekniğine bir alternatif olabilecek Liou ve Wang (1992)'in toplam integral tekniği ortaya konarak karşılaştırma yapılmıştır.

Tedarikçi seçim sürecinde kullanılacak olan kriterler ve alt kriterler ve ilgili öncelik ağırlıkları, işletmenin faaliyet konusuna, satın alınacak olan girdilerin türüne ve karar verici veya karar vericilerin niteliklerine göre değişiklik göstermektedir. Ana kriterler açısından bir değerlendirme yapıldığında, ekmek fabrikasının un tedariksi seçiminde karar verici için kalite ve fiyat/maliyet kriterlerinin en önemli derecede rol oynayan kriterler oldukları görülmektedir. Uygulama için belirlenen ana kriter ve alt kriterler ekmek fabrikasının un tedarikçisi seçim sürecine özgüdür.

Karar vericinin yaptığı sözel karşılaştırmalar değerlendirildiğinde, genişletilmiş analiz tekniğine göre yapılan hesaplamada en uygun tedarikçi 3. tedarikçi olurken, toplam integral tekniğine göre yapılan hesaplamada en uygun tedarikçinin 1. tedarikçi olduğu görülmektedir. Bu durum genişletilmiş analiz tekniği için yapılan eleştirilerin tümünün gerçekleşebileceğini göstermektedir. Un tedarikçisi seçim probleminde gerek ana kriter ve alt kriterlerin öncelik ağırlıkları, gerekse alternatiflerin öncelik ağırlıkları hesaplanırken pek çok ağırlığa sıfır değerinin atandığı görülmektedir. Genişletilmiş analiz tekniğinin bu özelliği dolayısıyla bulanık sayılar arasında yapılan büyüklük karşılaştırmasında bazı ana kriter, alt kriter ve alternatifler karar sürecinde hiç değerlendirilmemiş olmaktadır. Örneğin ana kriterlerin öncelik ağırlıklarına bakıldığında, genişletilmiş analiz tekniği ile yapılan değerlendirmede, teslimat ve esneklik ana kriterlerinin ve bu kriterler ile ilgili yapılan karşılaştırmaların BAHS sürecine hiç katılmadığı gözlenmektedir. Bu durumda söz konusu ana kriterler ile ilgili yapılan karşılaştırmalardan elde edilen tüm bilgilerin atıl kaldığı söylenebilir. Ayrıca, genişletilmiş analiz tekniği ile yapılan sıralamada en iyi alternatif gibi görünen 3. tedarikçinin, toplam integral tekniği ile yapılan sıralamada en kötü alternatif olduğu görülmektedir. Bu durumun daha çok teslimat ve esneklik ana kriterlerinin değerlendirmeye katılmamalarından ve 1. tedarikçinin fiyat/maliyet ana kriteri açısından öncelik ağırlığının sıfır olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Burada, öncelik ağırlıklarının sıfır değerini alması, en kötü ağırlığa sahip olan alternatifin en iyisiymiş gibi seçilmesine ve karar sürecinin yanlış değerlendirilmesine yol açmıştır. Tüm bu değerlendirmeler ışığında, genişletilmiş analiz tekniğinde bulanık sayılar arasında yapılan büyüklük karşılaştırmalarının kriter veya alternatiflerin öncelik ağırlıkları olarak kullanılamayacağı ve yapılan tüm eleştirilerin gerçekleşme olasılığının bulunduğu sonucuna varılmaktadır. Bu nedenle, toplam integral tekniği ile hesaplanan öncelik ağırlıklarının ana kriter, alt kriter ve alternatiflerin öncelik ağırlıklarını daha doğru bir şekilde temsil edebileceği söylenebilir. Dolayısıyla buradan hareketle ekmek fabrikası adına karar vericinin 1. tedarikçiyi uygun gördüğü sonucu çıkarılabilir.

Kaynaklar

- Akman, G. & Alkan, A. (2006). Tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: Otomotiv yan sanayinde bir uygulama. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5 (9), 23-46.
- Akarte, M.M., Surendra, N.V., Ravi, B. & Rangaraj, N. (2001). Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process. Journal of the Operational Research Society, 52 (5), 511-522.
- Altrock, Constantin Von (1995). Fuzzy logic & neurofuzzy applications explained. New Jersey: Prentice Hall Ptr. Englewood Cliffs.
- Amin, Saman & Hassanzadeh, Razmi Jafar (2009). An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation. Expert Systems with Applications, 36, 8639-8648.
- Ayağ, Zeki & Özdemir, R.G. (2006). A fuzzy approach to evaluating machine tool alternatives. Journal Of Intelligent Manufacturing, 17, 179-190.
- Baker, R.C. & Talluri, S. (1997). A closer look at the use of DEA for technology selection. Computers and Industrial Engineering, 32 (1), 101-108.
- Başkaya, Zehra & Akar, Cüneyt (2005). Üretim alternatifi seçiminde analitik hiyerarşi süreci: Tekstil işletmesi örneği. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 5 (1), 273-286.
- Bayazit, O. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions. Benchmarking: An International Journal, 13 (5), 566-579.
- Baysal, Gökce & Tecim, Vahap (2006). Katı atık depolama sahası uygunluk analizinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar yöntemleri ile uygulaması. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri. Fatih Üniversitesi. İstanbul.
- Bozbura, F., Beskese A. & Kahraman, C. (2007). Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP. Expert Systems With Applications, 32 (4), 1100-1112.
- Braglia, M. & Petroni, A. (2000). A quality assurance-oriented methodology for handling trade offs in supplier selection. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 30 (2), 96-111.
- Chan, F.T.S. (2003). Interactive selection model for supplier selection process: An analytical hierarchy process approach. International Journal Production Research, 41 (15), 3549-3579.
- Chan, F.T.S. & Chan, H.K. (2004). Development of the supplier selection model – A case study in the advanced technology industry. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B – Journal of Engineering Manufacture, 218 (12),1807-1824.
- Chan, F.T.S., Chan, H.K., Ip, R.W.L. & Lau, H.C.W. (2007). A decision support system for supplier selection in the airline industry. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B – Journal of Engineering Manufacture, 221 (4), 741-758.
- Chan, F.T.S. & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. OMEGA – International Journal of Management Science, 35 (4), 417-431.
- Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method of fuzzy AHP. European Journal Of Operational Research, 95 (3), 649-655.

- Chen, K.L., Chen, K.S. & Li, R.K. (2005). Suppliers capability and price analysis chart. *International Journal of Production Economics*, 98, 315-327.
- Chen, Chen-Tung, Lin, Ching-Torng & Hwang, Sue-Fn. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal Of Production Economics*, 102, 289-301.
- Cheng, C. H., Yang, K. L. & Hwang, C. L. (1999). Theory and methodology evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight. *European Journal of Operational Research*, 116 (2), 423-435.
- Dağdeviren, Metin, Yavuz, Serkan & Kılınç, Nevzat (2008). Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems With Applications*, 36 (4), 8143-8151.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21 (3), 215-231.
- Ding, H., Benyoucef, L. & Xie, X. (2005). A simulation optimization methodology for supplier selection problem. *International Journal Computer Integrated Manufacturing*, 18 (2-3), 210-224.
- Duran, Orlando & Agulio, Jose (2008). Computer-aided machine tool selection based on a fuzzy AHP approach. *Expert Systems With Applications*, 34 (3), 1787-1794.
- Dündar, Süleyman & Ecer, Fatih (2008). Öğrencilerin GSM operatörü tercihinin analitik hiyerarşi süreci yöntemiyle belirlenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim Ve Ekonomi Dergisi*, 5 (1), 195-205.
- Ertuğrul, İrfan & Karakaşoğlu, Nilsen (2009). Performance evaluation of turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems With Applications*, 36 (1), 702-715.
- Gencer, C. & Gürpınar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modeling*, 31 (11), 2475-2486.
- Ghodsypour, S.H. & O'Brien, C. (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *International Journal of Production Economics*, 73 (1), 15-27.
- Göksu, Ali & Güngör, İbrahim (2008). Bulanık analitik hiyerarşi proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13 (3), 1-26.
- Gu, Xiangbai & Zhu, Qunxiong (2006). Fuzzy multi-attribute decision-making method based on eigenvector of fuzzy attribute evaluation space. *Decision Support Systems*, 41 (2), 400-410.
- Güngör, Zülal, Serhadlıoğlu, Gürkan, Kesen & Saadettin E. (2009). A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing*, 9, 641-646.
- Hepler, Carey & Mazur, Glenn (2007). The analytic hierarchy process: Methodologies and application with customers and management at blue cross blue shield of Florida. *International Symposium on QFD, Williamsburg The Nineteenth Symposium on quality function deployment*.

- Ho, William, Xu, Xiaowei & Dey, Prasanto K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202, 16-24.
- Hohle, Ulrich & Rodaugh, Stephen E. (1999). *Mathematics of fuzzy sets, logic, topology and measure theory*. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Hong, G.H., Park, S.C., Jang, D.S. & Rho, H.M. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship. *Expert Systems with Applications*, 28 (4), 629–639.
- Hou, J. & Su, D. (2007). EJB–MVC oriented supplier selection system for mass customization. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18 (1), 54–71.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi F. & Izadikhah M. (2006). Extension of the TOPSIS method for decision making problems with fuzzy data. *Applied Mathematics and Computation*, 181,1544-1551.
- Jain, V., Tiwari, M.K. & Chan, F.T.S. (2004). Evaluation of the supplier performance using an evolutionary fuzzy-based approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15 (8), 735–744.
- Kahraman, C., Cebeci, U. & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16 (6), 382–394.
- Kaptanoğlu, Dilek & Özok, Ahmet Fahri (2006). Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 5 (1), 193-204.
- Karpak, B., Kumcu, E. & Kasuganti, R.R. (2001). Purchasing materials in the supply chain: Managing a multi-objective task. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7 (3), 209–216.
- Kilincci, Ozcan & Onal, Suzan Aslı (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert Systems with Applications*, 38, 9656- 9664.
- Kulak, Osman & Kahraman, Cengiz (2005). Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process. *Information Sciences*, 170 (2-4), 191-210.
- Küçük, Orhan & Ecer, Fatih (2008). İmalatçı işletmelerde uygun tedarikçi seçimi: Analitik hiyerarşi yöntemi ile bir kobi uygulaması. *Atatürk Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 22 (2), 435 -450.
- 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.
- Lai, Young-Jou & Hwang, Ching-Lai (1994). *Fuzzy multiple objective decision making methods and applications*. Lecture notes in economics and mathematical systems. 404. Berlin: Springer-Verlag.
- Lee, Seong Kon, Mogi, Gento, Kim, Jong, Wook Gim & Bong Jin (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.

- Lee, Seong Kon, Mogi, Gento & Kim, Jong Wook (2009) Decision support for prioritizing energy technologies against high oil prices: A fuzzy analytic hierarchy process approach. *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, 22 (6), 915-920.
- Lee, Seong Kon, Mogi, Gento, Hui, K.S. & Kim, Jong Wook (2010). Econometric analysis of the R&D performance in the national hydrogen energy technology development for measuring relative efficiency: the fuzzy AHP/DEA integrated model approach. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 35, 2236-2246.
- Leung, L.C. & Cao, D. (2000). On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. *European Journal Of Operational Research*, 124, 102-113.
- Liou, T.S. & Wang, M.J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy Sets and Systems*, 50, 247-255.
- Liu, J., Ding, F.Y. & Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5 (3), 143–150.
- Liu, Fuh-Hwa & Franklin, Hai-Hui (2005). The voting analytic hierarchy process method for selection supplier. *International Journal Of Production Economics*, 97, 308-317.
- Mon, Don-Lin, Cheng, Ching-Hsue & Lin, Jiann-Chern (1994). Evaluating weapon system using analytic hierarchy process based on entropy weight. *Fuzzy Sets and Systems*, 62, 127-134.
- Muralidharan, C., Anantharaman, N. & Deshmukh, S.G. (2002). A multi-criteria group decision -making model for supplier rating. *Journal of Supply Chain Management*, 38 (4), 22–33.
- Narasimhan, R., Talluri, S. & Mahapatra, S.K. (2006). Multiproduct, multicriteria model for supplier selection with product life-cycle considerations. *Decision Sciences*, 37 (4), 577–603.
- Ng, W.L. (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 186 (3), 1059–1067.
- Nguyen, Hung & Wu, T. (2006). *Fundamentals of statistics with fuzzy data studies in fuzziness and soft computing*. Volume 198. Netherlands: Springer.
- Özdemir, Ali İhsan & Seçme, Neşe (2009). İki aşamalı stratejik tedarikçi seçiminin bulanık TOPSIS yöntemi ile analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 11 (2), 79-112.
- Ragin, Charles C. (2000). *Fuzzy-set social science*. USA: The University of Chicago Press.
- Ramanathan, R. (2007). Supplier selection problem: Integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12 (4), 258–261.
- Ruoning, Xu & Xiaoyan, Zhai (1992). Extensions of the analytic hierarchy process in fuzzy environment. *Fuzzy Sets And Systems*, 52 (3), 251-257.
- Saaty, T.L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 59-62.
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-98.
- Saen, R.F. (2007a). Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data. *European Journal of Operational Research*, 183 (2), 741–747.

- Saen, R.F. (2007b). A new mathematical approach for supplier selection: Accounting for non-homogeneity is important. *Applied Mathematics and Computation*, 185 (1), 84–95.
- Sarkis, J. & Talluri, S. (2002). A model for strategic supplier selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38 (1), 18–28.
- Sevklı, M., Koh, S.C.L., Zaim, S., Demirbag, M. & Tatoglu, E. (2007). An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: A case study of BEKO in Turkey. *International Journal of Production Research*, 45 (9), 1973–2003.
- Seydel, J. (2006). Data envelopment analysis for decision support. *Industrial Management and Data Systems*, 106 (1), 81–95.
- Sheu, J.B. (2000). A hybrid fuzzy-based approach for identifying global logistics strategies. *Transportation Research*, 40 (1), 39–61.
- Sofyalıoğlu, Çiğdem (2009). Bulanık analitik hiyerarşi süreci ile uygun altı sigma metodolojisinin seçimi. *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 16 (2), 1-17.
- Talluri, S. (2002). A buyer–seller game model for selection and negotiation of purchasing bids. *European Journal of Operational Research*, 143 (1), 171–180.
- Talluri, S. & Narasimhan, R. (2003). Vendor evaluation with performance variability: A max–min approach. *European Journal of Operational Research*, 146 (3), 543–552.
- Talluri, S. & Narasimhan, R. (2005). A note on a methodology for supply base optimization. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 52 (1), 130–139.
- Taylor III, Frank A., Ketcham, Allen F. & Hoffman, Darwin (1998). Personnel evaluation with AHP. *Management Decision*, 36 (10), 679–685.
- Timor, Mehpare (2011). Analitik hiyerarşi prosesi. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Tiryaki, Fatma & Ahlatçioğlu, Beyza (2009). Fuzzy portfolio selection using analytic hierarchy process. *Information Science*, 179 (1-2), 53–69.
- Triantaphyllou, Evangelos & Mann, Stuart H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2 (1), 35–44.
- Tulunay, Yılmaz (1991). Matematik programlama ve işletme uygulamaları. İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları. No: 244, Renk-ış Matbaası.
- Ulucan, Aydın (2004). Yöneylem araştırması: işletmecilik uygulamalı bilgisayar destekli modelleme. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Vahidnia, Mohammad H., Alesheikh, Ali A. & Alimohammadi, Abbas (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal Of Environmental Management*, 90 (10), 3048–3056.
- Van Laarhoven, P. J. M. & Pedrycz, W. (1983) A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229–241.
- Wadhwa, V. & Ravindran, A.R. (2007). Vendor selection in outsourcing. *Computers and Operations Research*, 34 (12), 3725–3737.

- Wang, Ying Ming, Luo, Ying & Hua, Zhongsheng (2008). On the extend analysis method for fuzzy AHP and it's applications. *European Journal Of Operational Research*, 186 (2), 735-747.
- Wang, Jianrong, Fan, Kai & Wang, Wanshan (2010). Integration of fuzzy AHP and FPP with TOPSIS methodology for aeroengine health assessment. *Expert Systems With Applications*, 37 (12), 8516-8526.
- Weck, W., Klocke, F., Schell, H. & Ruenauer, E. (1997). Evaluating alternative production cycles using the extend fuzzy AHP method. *European Journal Of Operational Research*, 100, 351-366.
- Wind, Y. & Saaty T. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 26 (7) , 641-658.
- Xia, W. & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *OMEGA – International Journal of Management Science*, 35 (5), 494–504.
- Yager, Ronald R. (1978). Fuzzy decision making including unequal objectives. *Fuzzy Sets And Systems*, 1, 87-95.
- Yang, Jiagin & Shi, Ping (2002). Applying analytic hierarchy process in firm's overall performance evaluation: A case study in China. *International Journal of Business*, 7 (1), 29-46.
- Zadeh, Lotfi A. (1965). Fuzzy sets. *Information And Control*, 8, 338–353
- Zadeh, Lotfi A. (1989). Knowledge representation in fuzzy logic. *Knowledge And Data Engineering*, 1 (1), 89-99.
- Zhu, Ke-Jun, Jing, Yu & Ghang, Da-Yong (1999). Theory and methodology a discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP. *European Journal Of Operational Research*, 116, 450-456.

This Page Intentionally Left Blank