



BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YAKLAŞIMI İLE PROJELERDE KARMAŞIKLIĞA NEDEN OLAN FAKTÖRLERİN ÖNEM DERECESİNİN BELİRLENMESİ

Talha USTASÜLEYMAN¹

Pelin ÇELİK²

ÖZET

Bu çalışmada proje karmaşıklığına sebep olan faktörlerin önem derecesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla proje karmaşıklığına sebep olan faktörler; projenin boyutu ve çeşitliliği, projenin bağlılığı ve projenin şartları olmak üzere üç grupta toplanarak hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Oluşturulan hiyerarşik yapı Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) Yaklaşımı ile değerlendirilerek proje karmaşıklığına neden olan faktörlerin önem derecesi belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda en önemli faktör grubunun “projenin boyutu ve çeşitliliği” olduğu görülmüştür. Ayrıca projenin boyutu ve çeşitliliğini içeren ana faktör grubunda “paydaşların sayısı”, projenin bağlılığı ana faktör grubunda “çevreyle bağlılık” ve projenin şartları ana faktör grubunda ise “kültürel düzen ve çeşitliliğin” en önemli faktörler olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Proje, Proje Karmaşıklığı, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci.

Jel Kodu: C19, O22.

DETERMINING THE IMPORTANCE GRADE OF THE FACTORS THAT LEAD TO COMPLEXITY IN PROJECTS WITH FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS APPROACH

ABSTRACT

The purpose of this paper is to determine the priorities of project complexity factors. For this purpose project complexity factors are decomposed into three groups as project size and variety, project system interdependencies and project system context-dependence and they are established as hierarchical structure. The hierarchical structure for the purposed framework is evaluated by using fuzzy analytic hierarchy process method. The study showed that the group of “project system size and variety” are the most important criteria in the project complexity factors. In addition, “number of stakeholders” under project system size and variety main factor group, “dependencies with the environment” under project system interdependencies main factor group and “cultural configuration and variety” under project system context dependence main factor group are the most important criteria found in project complexity factors.

Keywords: Project, Project Complexity, Fuzzy Analytic Hierarchy Process.

Jel Code: C19, O22.

¹ Doç. Dr. Karadeniz Teknik Üniversitesi, İşletme Bölümü, e-mail: talha@ktu.edu.tr.

² Arş. Gör. Karadeniz Teknik Üniversitesi, İşletme Bölümü, e-mail: pcelik@ktu.edu.tr.



1. GİRİŞ

Teknolojik ve ekonomik ilerlemelerin üretim, ulaşım ve iletişimi daha önemli kılmaları nedeniyle insanlarla, organizasyonlarla, nesnelere etkileşim önemli hale gelmiştir (Heylighen, 2006: 2). Etkileşimin artması ise karmaşıklıkla beraberinde getirmektedir. Karmaşıklık hakkındaki en büyük problemlerden biri genel bir tanım üzerinde uzlaşamamasıdır (Chu vd., 2003: 19). “Karmaşıklık=complexity” organizasyonel, teknik ve kaynak karmaşasının bir ürünü olarak tanımlanabilmektedir (Maylor vd., 2008: 17).

“Karmaşıklık” terimi karmaşıklık teorisindeki tanımından daha ziyade sözlük anlamında kullanılmaktadır. Proje uygulayıcıları dışındakiler karmaşıklık ile ilgili olarak karmaşık olma şartlarından veya birbiri ile ilişkili, dolambaçlı ve anlaşılması güç çok sayıda parçanın birleştirilmesinden bahsetmektedirler (Thomas ve Mengel, 2008: 307).

Proje, Juran tarafından “çözüm için problemin planlaması” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım projenin genel olarak problem çözme gerçeğine dayandığını vurgulamaktadır. Proje ile önce problem veya amaç tanımlanmakta sonra ise önceden belirlenmiş sınırları dikkate alarak çözüm veya iş planı oluşturulmaktadır (Hameri, 1997: 151).

Karmaşıklık, sanayi sektörü veya projenin amaçları dikkate alındığında farklı şekillerde görünebilmekte ve farklı düzeyli çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmektedir. Karmaşıklık çevre veya operasyonel faaliyetlerle ilgili belirsizlik ile proje organizasyonunun yapısal karmaşıklığını ifade etmektedir (Marques vd., 2011: 1057). Karmaşıklık derecesi proje detaylarına ve proje uygulama stratejilerine bağlıdır (Ireland, 2007: 1).

Proje karmaşıklığı üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde çok fazla akademik çalışmaya ulaşılamamaktadır. Proje karmaşıklığı ile ilgili çalışmaların eğlence sektörü üzerine Vidal vd., 2011a ve Vidal vd., 2011b tarafından yapılan çalışmalarla sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma Türkiye’de proje karmaşıklığı üzerine yapılmış ilk çalışma olmasıyla diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır.

Üretim faaliyetleri sırasında uygulanacak projeler arasından en uygun olanının seçimi oldukça zor ve karmaşıktır. Üretim bölümünün pazarlama, ar-ge gibi bölümlerle ilişkili olması, kültür ve çevre gibi faktörler tarafından etkilenmesi uygulanacak projelerde karmaşıklığa neden olmaktadır. Bu nedenle çok sayıda proje arasından en uygun projenin seçimi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. Çalışmada proje karmaşıklığını etkileyen faktörlerin önem derecesini belirlemek için ÇKKV tekniği olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) kullanılmıştır.

Çalışmada önce “proje karmaşıklığı” kavramı tanımlanarak proje karmaşıklığını etkileyen kriterler için hiyerarşi oluşturulmuş daha sonra değerlendirme yöntemi olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) açıklanmıştır. Ardından inşaat sektöründe proje karmaşıklık kriterlerinin önem derecesini belirlemek üzere yapılan anketlere göre değerlendirme yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular literatür ile karşılaştırılmıştır.

1. PROJE KARMAŞIKLIĞI

Proje yönetimi, karmaşık bir işi diğer insanlar aracılığıyla anında yapmak olarak tanımlanabilmektedir (Martin, 2001: 201). Proje yönetiminde nihai amaç, projenin firma başarısına katkısını maksimum hale getirmektir (Heising, 2012: 584). Proje yönetimi bir taraftan firmanın gelecekteki başarısına hayati katkı yaparken bir diğer taraftan firmadaki değişime önemli destek sağlamaktadır (Whitty ve Maylor, 2009: 304). Proje yönetimi karmaşık olması, belirsizliği ve çok sayıda faaliyeti içermesi nedeniyle zor bir iştir. Projelerin karmaşıklığı ve belirsizliğindeki artış ülke ekonomisinde önemli kayıplara yol açmaktadır (Mota vd., 2009: 175).

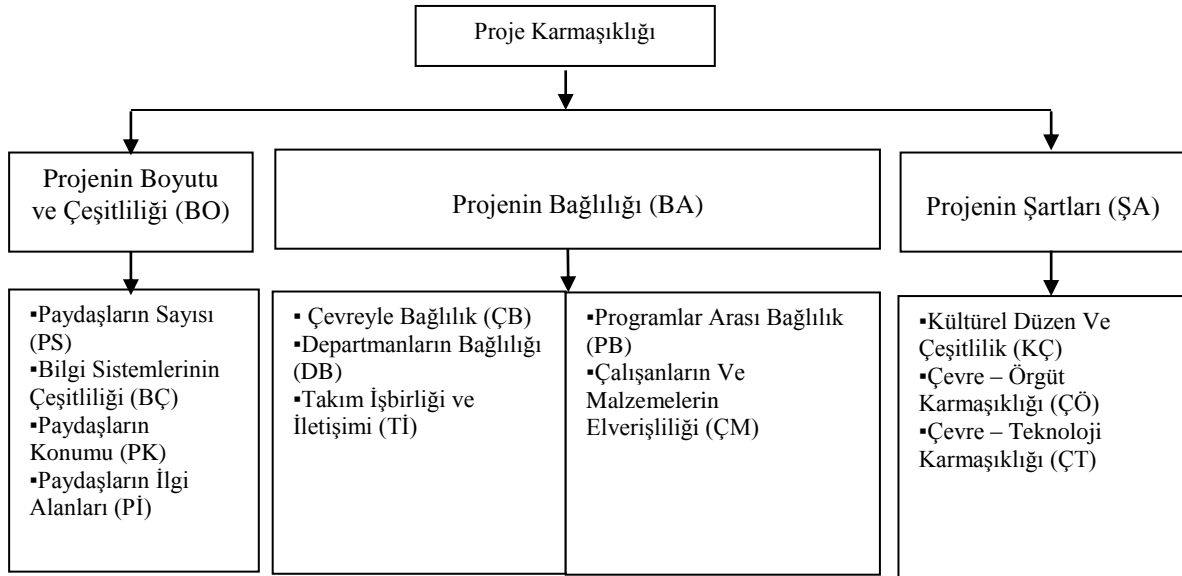
Proje karmaşıklığı, yapısal belirsizlik, amaçların ve yöntemlerin belirsizliği olarak açıklanabilmekte (Maylor vd., 2008: 17) projenin anlaşılmasını zor kılan, davranışlarının kontrol altında tutulmasını güçleştiren özellikler olarak ortaya çıkmaktadır (Vidal vd. 2011: 719). Projedeki karmaşıklık, etkinlikler arasında fazla bağlantı bulunmasından ileri gelebilmekte ve projede kullanılan kaynaklar arttıkça karmaşıklık da artmaktadır (Nassar ve Hegab, 2006: 554). Karmaşıklık, aynı zamanda projelerin doğruluğu, geliştirilebilirliği ve anlaşılabilirliği üzerinde de istenmeyen etkiler gösterebilmektedir (Cardoso vd., 2006: 117).

Proje yönetim sürecinde karmaşıklığın önemi şu şekilde açıklamak mümkündür (Baccarini, 1996: 201):

- Planlama, koordinasyon ve kontrol gereksinimlerinin artmasına neden olur,
- Projenin temel amacının ve hedefinin açık şekilde tanımlanmasını engellemektedir,
- Projenin uygun organizasyonel şeklinin seçiminde önemli bir kriterdir,
- Proje girdilerinin seçimini etkiler,
- Projenin zaman, maliyet ve kalite hedeflerini etkiler,
- Proje ihalesinde bir kriter olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Vidal vd. (2011a, 2011b)'ın çalışmalarından yararlanılarak proje karmaşıklığını etkileyen faktörler projenin boyutu ve çeşitliliği, projenin bağlılığı ve projenin şartları olmak üzere üç ana grupta toplanarak Şekil 1'deki hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.

Şekil 1. Proje Karmaşıklığını Etkileyen Kriterler



2. BULANIK KÜME TEORİSİ

Belirsiz ve bulanık çevre şartlarında karar vermek oldukça zordur. Bu belirsizlikle Zadeh (1965) tarafından önerilen bulanık küme teorisi ile başa çıkmak mümkündür (Shaw vd., 2012: 8183). Klasik küme teorisinden farklı olan bulanık küme teorisi önerilen üyelik derecesi ile gerçekçi problemi geleneksel matematiksel değerle tanımlamaktadır (Ho, 2012: 955). Bulanık küme teorisi üyelik derecesine göre nesnelere sınıflandırmaktadır (Javanbarg vd., 2012: 961).

Eğer $\tilde{A} \in (-\infty, +\infty)$ 'da, söz konusu kümenin bir elemanı ise $\mu_{\tilde{A}}(X)$ üyelik fonksiyonu $R \rightarrow [0,1]$ aralığında oluşur (Chou vd., 2012: 65). $A = [l,u]$ aralığında ise genel olarak $\tilde{A}(x)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki eşitlikteki gibi gösterilebilmektedir (Çebi vd., 2008: 19).

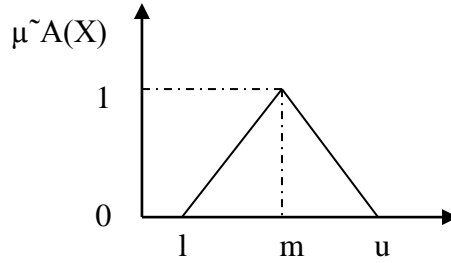
$$\mu_{\tilde{A}}(X) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ veya } x > u \\ 1, & l \leq x \leq u \end{cases}$$

Literatürde üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar konu ile ilişkili parametrelerin belirsizliğini yansıtmak için kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık göreceli önemi ifade etmek için üçgensel bulanık sayılar kullanılacaktır. Bulanık üçgensel sayılar aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir.

$\tilde{A} = (l, m, u)$ ve $(l/m, m/u)$ ($l \leq m \leq u$) şeklinde gösterilen üçgensel bulanık sayılar aşağıdaki üçgensel üyelik fonksiyonuna sahiptir. l ve u , \tilde{A} bulanık sayısının alt ve üst sınırlarını, m ise ortalama değerini (Şekil 2) göstermektedir (Chou vd., 2012: 65).

$$\mu_{\tilde{A}}(X) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x < m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m < x \leq u \\ 0, & u < x \end{cases}$$

Şekil 2. Üçgensel Bulanık Sayıların Üyelik Fonksiyonu



Kaynak: Ju vd., 2012: 6976

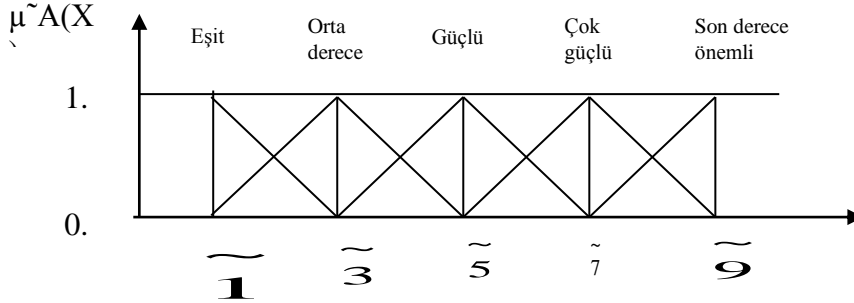
$\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgensel bulanık sayı olmak üzere aritmetik kurallar aşağıdaki gibidir (Duru vd. 2012: 4956).

Tablo 1. Üçgensel Bulanık Sayı Kuralları

İşlem	Gösterim	Fonksiyon	
Toplama	$\tilde{A}_1 (+) \tilde{A}_2$	$(l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) = (l_1+l_2, m_1+m_2, u_1+u_2)$	
Çıkarma	$\tilde{A}_1 (-) \tilde{A}_2$	$(l_1, m_1, u_1) (-) (l_2, m_2, u_2) = (l_1+u_2, m_1-m_2, u_1-l_2)$	
Çarpma	$\tilde{A}_1 (x) \tilde{A}_2$	$(l_1, m_1, u_1) (x) (l_2, m_2, u_2) = (l_1x, m_1xm_2, u_1xu_2)$	$l_i > 0, m_i > 0, u_i > 0$
Bölme	$\tilde{A}_1 (/) \tilde{A}_2$	$(l_1, m_1, u_1) (/) (l_2, m_2, u_2) = (l_1/u_2, m_1/m_2, u_1/l_2)$	$l_i > 0, m_i > 0, u_i > 0$

3. DİLSEL DEĞİŞKENLERİN BELİRLENMESİ

Dilsel değişken, doğal bir dili cümle veya kelime ile ifade etmek için kullanılmaktadır. Dilsel terimler her bir değerlendirme ögesini tanımlamak ve hesaplanmasını kolaylaştırmak için sonlu küme, ordinal düzey ve semantik simetri gibi bazı karakterlere sahiptir (Ju, 2012: 6976). Bu çalışmada Şekil 3 ve Tablo 1 “eşit önem”, “orta derecede önem”, “güçlü önem”, “çok güçlü önem” ve “son derece önem” diye ifade edilen bulanık ölçek kullanılmıştır (Rao, 2008: 1980).

Şekil 3. Kriterlerin Dilsel Değerleri için Bulanık Üyelik Fonksiyonu**Tablo 2. Bulanık Sayıların Üyelik Fonksiyonu ve Tanımı**

Bulanık Sayılar	İfadesel Ölçek	Üyelik Fonksiyonu
$\tilde{1}$	Eşit Önem	(1, 1, 1)
$\tilde{3}$	Eşit Önem	(1, 3, 5)
$\tilde{5}$	Orta Derecede Önem	(3, 5, 7)
$\tilde{7}$	Çok Daha Önemli	(5, 7, 9)
$\tilde{9}$	Çok Fazla Güçlü Önemli	(7, 9, 9)

Kaynak: Rao, 2008: 1980

4. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

İlk defa Saaty tarafından 1971 yılında geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) (Li vd., 2012: 3) nitel kararları içeren karmaşık çok kriterli problemleri çözmeyi amaçlayan bir karar verme yaklaşımıdır (Calabrese vd., 2013: 2). AHS, karar vericilerin kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapmasını sağlayan, karmaşık karar verme problemlerini çözmek için kullanılan en etkili yöntem olarak bilinmektedir (Chou vd., 2012: 71) ve ardışık iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama karar probleminin amaç, değerlendirme kriterleri ve alternatifler gibi karar elemanları arasındaki ilişkiyi gösteren hiyerarşinin tasarlanmasıdır. İkinci aşama ise kriterlerin ağırlıklarının ve alternatiflerin önceliklerinin belirlenmesinden oluşan hiyerarşinin değerlendirilmesidir (Zheng, 2012: 229).

AHS, karar vericilerin kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapmasını ve böylece kriter ağırlıklarının belirlenmesini sağlar (Huang vd., 2008: 1041). AHS'de kriterlerin birbirine göre ağırlıkların belirlenmesinde 1-9 gibi kesin değerler kullanılmaktadır. Aslında çoğu gerçekte insan değerlendirmeleri kesin olarak ifade edilmez ve muğlaktır yani bulanıktır (Ishizaka ve Hough, 2013: 135). Bu eksiklikleri gidermek için tutarsızlıkları ve belirsizlikleri dikkate alan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) geliştirilmiştir (Javanbarg vd., 2012: 961). BAHS, AHS yöntemine göre daha karmaşık hesaplamalar içermesine rağmen karar vericilerin belirsiz ve karmaşık düşüncelerine daha uygun bir yöntemdir (Chaghooshi, 2012: 155). BAHS'de önceki bölümde açıklanan bulanık küme teorisinden yararlanılmaktadır.

BAHS konusunda ilk çalışma, üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır (Karimi vd., 2011: 738). BAHS yöntemi literatürde farklı problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Firma performanslarının değerlendirilmesinde (Seçme vd., 2009; Lee vd., 2008), banka kredisi seçimi probleminde (Che vd., 2010; Organ ve Kenger, 2012), yeni ürün özelliklerinin belirlenmesinde (Ishizaka ve Labib, 2011; Nepal vd. 2011; Jung, 2011), tedarikçi seçimi ve

değerlendirilmesinde (Chan ve Kumar, 2007; Özdemir ve Seçme 2009; Chamodrakas vd., 2010; Kılınççı ve Önal, 2011), projelerin seçiminde (Wang vd., 2010; Vidal vd., 2011), yer seçiminde (Chou vd., 2011), hizmet kalitesinin değerlendirilmesinde (Büyüközkan vd., 2011) ve enerji problemlerinde (Jiang ve Yan, 2012) BAHS'nin kullanıldığı görülmektedir.

BAHS'de karar değişkenlerinin önceliğini belirlemek için üçgensel bulanık sayılar, kullanılmakta ve en son öncelik ağırlığını bulmak için üçgensel bulanık sayılara dayalı olarak sentetik boyut analizi uygulanmaktadır (Chan ve Kumar, 2007: 423). Çalışmada kullanılan BAHS'ni aşağıdaki şekilde açıklamak mümkündür.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir hedef kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ bir amaç kümesi olması durumunda, Chang'ın (1992) bulanık boyut analiz metoduna göre her bir hedef alınır ve her bir boyut analizi (g_i) sırasıyla uygulanır. Böylece, aşağıda gösterildiği gibi, her bir hedef için m boyut analizi değeri elde edilmektedir (Mahmoodzadeh vd., 2007: 138).

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

Buradaki bütün M_{gi}^j ($j=1, \dots, m$) üçgensel sayıdır. i . hedefe göre bulanık sentetik boyut değeri şöyle tanımlanabilir:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

Buradaki $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ elde etmek için m boyut analiz değerine bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3)$$

Ayrıca, $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ elde etmek için M_{gi}^j ($j=1, 2, \dots, m$) değerine bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right] = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

Daha sonra (4) numaralı eşitlikteki vektörün tersi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

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

$M_2 \geq M_1$ ifadesinin olabilirlik derecesi şöyle tanımlanır:

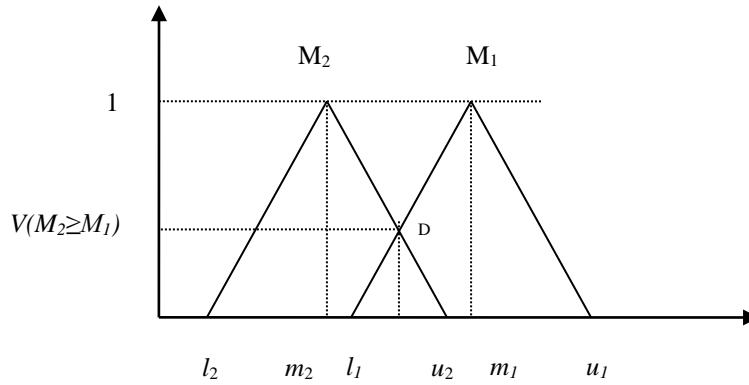
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (6)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) \mu_{M_2}(d) \quad (7)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eger } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eger } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{dd} \end{cases} \quad (8)$$

ifadesi elde edilir. Aşağıda Şekil 4’de görüldüğü gibi $V(M_2 \geq M_1)$ ifadesi $M_1=(l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgensel bulanık sayıların kesişim noktasının ordinatıdır. Bir başka ifade ile üyelik fonksiyonunun değeridir. M_1 ve M_2 ’yi karşılaştırmak için, $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisinin de bulunması gerekmektedir.

Şekil 4. $M_2 \geq M_1$ Olasılığın Derecesi



Kaynak: Chaghooshi, 2012: 156

Bir konveks bulanık sayının, k konveks bulanık sayıdan M_i ($i=1,2,\dots,k$) daha büyük olması için olabilirlik derecesi şöyle tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1)$$

ve $(M \geq M_2)$ ve \dots ve $(M \geq M_k)$]

$$= \min V(M \geq M_i), \quad i=1,2,3 \dots k \quad (9)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (10)$$

$k=1,2,\dots,n$ için $k \neq i$ olmak üzere ağırlık vektörü aşağıdaki gibi elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (11)$$

A_i ($i=1,2,\dots,n$) = olmak üzere A_i n elementlidir.

Normalizasyondan sonra, normalize edilen ağırlık vektörü;



$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \text{ dir.} \quad (12)$$

ve burada W bulanık olmayan bir sayıdır.

5. UYGULAMA

Şekil 1'deki hiyerarşik yapı ve Tablo 2'deki ölçek dikkate alınarak hazırlanan anketler 4'ü akademisyen, 8'i işletmelerin üretim bölümünde çalışan yöneticiler olmak üzere 12 kişiye uygulanmıştır. Anket sonuçlarının geometrik ortalaması alınarak Tablo 3 oluşturulmuştur. AHS yönteminde çok fazla veriye ihtiyaç duyulduğundan en az 10 anket kullanılarak analiz yapılabilmektedir (Lam ve Chin, 2005: 767).

Ana kriterler için belirlenen bulanık değerlendirme matrisinden sonra her bir ana kriter bakımından alt kriterlerin bulanık değerlendirme matrisleri belirlenmiştir. Bunun için öncelikle ana kriterlerin amaca göre bulanık değerlendirme matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3. Amaca Göre Ana Kriterlerin Değerlendirme Matrisi

	BO	BA	ŞA
BO	1,1,1	1,3,5	1,1,3
BA	1/5,1/3,1	1,1,1	1/5,1/3,1
ŞA	1/3,1,1	1,3,5	1,1,1

Bulanık değerlendirme matrisinden ikili karşılaştırmanın sentetik değer boyutları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4. Ana Kriterlerin İşlem Tablosu

$S_{BO} =$	3,00	5,00	9,00	X	0,05263	0,13043	0,14851	=	0,16	0,65	1,34
$S_{BA} =$	1,40	1,67	3,00	X	0,05381	0,07435	0,08547	=	0,08	0,12	0,26
$S_{ŞA} =$	2,33	5,00	7,00	X	0,05381	0,07435	0,08547	=	0,13	0,37	0,60

Ağırlıklar sırasıyla $WG = (1; 0,16; 0,61)$ olarak elde edilmiştir. Normalizasyon sonucunda ağırlıklar; $W_{BO} = 0,57$, $W_{BA} = 0,09$, $W_{ŞA} = 0,35$ olarak bulunmuştur.

Benzer işlemler alt kriterler için tekrarlandığında ağırlık vektörleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

**Tablo 5. Projenin Boyutu ve Çeşitliliğine Göre Bulanık Karşılaştırmalar Matrisi**

	PS	BÇ	PK	Pİ
PS	1,1,1	3,5,7	5,7,9	1/5,1/3,1
BÇ	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1,1,3	1,1,3
PK	1/9,1/7,1/5	1/3,1,1	1,1,1	1,1,3
Pİ	1,3,5	1/3,1,1	1/3,1,1	1,1,1

Tablo 6. Projenin Boyutu ve Çeşitliliği Kriterinin İşlem Tablosu

S_{PS} =	9,20	13,33	18,00	X	0,03	0,04	0,06	=	0,24	0,52	1,03
S_{BÇ} =	3,14	3,20	7,33	X	0,02	0,03	0,05	=	0,06	0,10	0,37
S_{PK} =	2,44	3,14	5,20	X	0,02	0,03	0,05	=	0,05	0,09	0,26
S_{Pİ} =	2,66	6,00	8,00	X	0,02	0,03	0,05	=	0,05	0,18	0,40

Ağırlıkların normalize edilmiş hali $W_{PS}=0,63$, $W_{BÇ}=0,14$, $W_{PK}=0,03$, $W_{Pİ}=0,2$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 7. Projenin Bağlılığına Göre Bulanık Karşılaştırmalar Matrisi

	ÇB	DB	Tİ	PB	ÇM
ÇB	1,1,1	5,7,9	1,1,3	1,3,5	1/5,1/3,1
DB	1/9,1/7,1/5	1,1,1	1/5,1/3,1	1,1,3	1/5,1/3,1
Tİ	1/3,1,1	1,3,5	1,1,1	3,5,7	1,1,3
PB	1/5,1/3,1	1/3,1,1	1/7,1/5,1/3	1,1,1	1/7,1/5,1/3
ÇM	1,3,5	1,3,5	1/3,1,1	3,5,7	1,1,1

Tablo 8. Projenin Bağlılığı Kriterinin İşlem Tablosu

S_{ÇB} =	8,20	12,33	19,00	X	0,02	0,02	0,04	=	0,13	0,29	0,75
S_{DB} =	2,51	2,81	6,20	X	0,02	0,02	0,04	=	0,05	0,06	0,25
S_{Tİ} =	6,33	11,00	17,00	X	0,02	0,02	0,04	=	0,13	0,22	0,68
S_{PB} =	1,82	2,73	3,67	X	0,02	0,02	0,04	=	0,04	0,05	0,15
S_{ÇM} =	6,33	13,00	19,00	X	0,02	0,02	0,04	=	0,13	0,26	0,76



Projenin bağlılığı kriterinin alt kriterlerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen ağırlık vektörleri $W = (1; 0,34; 0,88; 0,07; 0,94)$ olarak belirlenmiştir. Bu ağırlıklar normalize edildiğinde ise $W_{CB} = 0,31; W_{DB} = 0,11; W_{TI} = 0,27; W_{PB} = 0,02; W_{CM} = 0,29$ sonucu ortaya çıkmıştır.

Tablo 9. Projenin Şartlarına Göre Bulanık Karşılaştırma Matrisi

	KÇ	ÇÖ	ÇT
KÇ	1,1,1	1,3,5	1,1,3
ÇÖ	1/5,1/3,1	1,1,1	1,1,3
ÇT	1/3,1,1	1/3,1,1	1,1,1

Tablo 10. Projenin Şartları Kriterinin İşlem Tablosu

$S_{KÇ} =$	3,00	5,00	9,00	X	0,05882	0,09677	0,14563	=	0,18	0,48	1,31
$S_{ÇÖ} =$	2,20	2,33	5,00	X	0,06452	0,08824	0,12632	=	0,14	0,21	0,63
$S_{ÇT} =$	1,67	3,00	3,00	X	0,06452	0,08824	0,12632	=	0,11	0,26	0,38

Aynı işlemler yapıldığında proje şartları kriterinin alt kriterlerinin ağırlık vektörü $W = (1; 0,62; 0,48)$ olarak belirlenmiştir. Normalize edilmiş ağırlıklar ise $W_{KÇ} = 0,48; W_{ÇÖ} = 0,3; W_{ÇT} = 0,22$ olarak elde edilmiştir.

BAHS ile elde edilen proje karmaşıklığı ana kriterleri ve alt kriterleri için bulunan yerel ve genel ağırlıklar (ana kriterin ağırlığı*alt kriterin yerel ağırlığı) Tablo 11'de

Tablo 11. Proje Karmaşıklığı Kriter ve Alt Kriterlerinin Ağırlıkları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Yerel Ağırlıklar	Genel Ağırlıklar
Projenin Boyutu ve Çeşitliliği (0,57)	Paydaşların Sayısı	0,62	0,353
	Bilgi Sistemlerinin Çeşitliliği	0,14	0,079
	Paydaşların Konumu	0,03	0,017
	Paydaşların İlgili Alanları	0,2	0,114
Projenin Bağlılığı (0,09)	Çevreyle Bağlılığı	0,31	0,027
	Departmanların Bağlılığı	0,11	0,009
	Takım İşbirliği ve İletişimi	0,27	0,024
	Programlar Arası Bağlılık	0,02	0,001
	Çalışanların ve Malzemelerin Elverişliliği	0,29	0,026



Projenin Şartları (0,34)	Kültürel Düzen ve Çeşitlilik	0,48	0,163
	Çevre – Örgüt Karmaşıklığı	0,3	0,102
	Çevre – Teknoloji Karmaşıklığı	0,22	0,075

Tüm ikili karşılaştırma matrislerinde tutarlılık oranı kabul sınırlarındadır.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada firmaların uyguladıkları projelerde karmaşıklığa neden olan faktörlerin (kriterler) önem derecesi Bulanık AHS yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına bakıldığında en önemli ana kriterin “projenin boyutu ve çeşitliliği” (0,57) olduğu onu ise “projenin şartları” (0,34) boyutunun takip ettiği görülmektedir. Bu konuyla alakalı yapılan çalışma incelendiğinde en önemli ana kriterin bu çalışmadan farklı olarak “projenin bağlılığı” olduğu sonucuna varılmıştır (Vidal vd. 2011: 725).

Projenin boyutu ve çeşitliliği içinde ise en önemli kriterin “paydaşların sayısı” (0,62) olduğu görülürken, en az öneme sahip kriterin ise “paydaşların konumu” (0,03) olduğu belirlenmiştir. Vidal vd. (2011)’nin yapmış oldukları çalışmada en önemli kriterin “paydaşların sayısı” en az öneme sahip kriterin ise “bilgi sistemlerinin çeşitliliği” olduğu görülmektedir.

Projenin şartları içindeki en önemli alt kriterin “kültürel düzen ve çeşitlilik” (0,48) olduğu ortaya çıkmıştır. Bu boyut için en az öneme sahip alt kriter ise “çevre – teknoloji karmaşıklığı” (0,22) olarak tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmaya bakıldığında ise en önemli kriterin “çalışanların ve malzemelerin elverişliliği”, en az öneme sahip kriterin ise çalışmaya benzer şekilde “programlar arası bağlılık” kriteri olduğu sonucuna varılmıştır.

En az öneme sahip olduğu sonucuna varılan “projenin bağlılığı” boyutunda ise en önemli alt kriterin “projenin çevreyle bağlılığı” (0,31) olduğu görülmüştür. En az önemli alt kriter ise “programlar arası bağlılık” (0,02) olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışma ile benzerlik göstermektedir. Vidal vd. (2011) tarafından yapılan çalışma en önemli kriter çalışmadaki gibi “projenin çevreyle bağlılığı”, en az öneme sahip kriter ise “çevre-teknoloji karmaşıklığı” olarak hesaplanmıştır.

Genel ağırlıklara bakıldığında ise en önemli alt kriterlerin sırasıyla “paydaşların sayısı” (0,353), “kültürel düzen ve çeşitlilik” (0,163) ve “paydaşların ilgi alanları” (0,114) olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde en az önemli alt kriterlerin ise “programlar arası bağlılık” (0,001) ve “departmanlar arası bağlılık” (0,009) olarak belirlenmiştir.

Literatürdeki çalışmada alt kriterlere bakıldığında benzer olarak en önemli alt kriterlerin “paydaşların sayısı”, “paydaşların ilgi alanları” ve “kültürel düzen ve çeşitlilik” kriterlerinin önemli olduğu bulunmuştur (Vidal vd. 2011: 725).

Çalışmadan projelerde paydaşların sayısının artması projelerde karmaşıklığa sebep olan en önemli faktör olduğu görülmektedir. Ayrıca kültürel çeşitlilik ve paydaşların ilgi alanları da projelerde karmaşıklığa neden olmaktadır. Bu faktörleri uygulanacak projelerde göz önünde bulundurmak projenin etkinliği artıracak ve maliyetleri düşürecektir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda TOPSIS, ELECTRE, ANP gibi yöntemlerle sektör bazında proje karmaşıklığına neden olan faktörlerin önem derecesini belirlenebilir en uygun proje seçimi yapılabilir. Ayrıca proje karmaşıklığı faktörlerinin işletme performansına etkisi (yapısal eşitlik) araştırılabilir.

KAYNAKÇA

Baccarini, David (1996), “The Concept of Project Complexity: A Review”, International Journal of Project Management (14), 4, 201-204.

Büyüközkan, G.; Çifci, G.; Guleryuz, S. (2011) “Strategic Analysis of Healthcare Service Quality Using Fuzzy AHP Methodology” Expert Systems with Applications, 1-18.



Bahar-2013

Spring-2013

Yıl: 2 Sayı: 3 (20-33)

Year: 2 Issue: 3 (20-33)

Calabrese, Armando; Costa, Roberta; Menichini, Tamara (2013), "Using Fuzzy AHP to Manage Intellectual Capital Assets: An Application to the ICT Service Industry", *Expert Systems with Applications*, 40 (9), 3447-3755.

Cardoso, J.; Mendling, J.; Neumann, G.; Reijers, H. A. (2006), "A Discourse on Complexity of Process Models", *Business Process Management Workshops Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 4103, 117-128.

Chaghooshi, Ahmad Jafarnejad; Safari, Hossein; Fathi, Mohammad Reza (2012), "Integration of Fuzzy AHP and Fuzzy GTMA for Location Selection of Gas Pressure Reducing Stations: A Case Study", *Journal of Management Research*, 4 (3), 152-169.

Chan, F. T.S. ve Kumar N. (2007), "Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach", *Omega*, 35(4), 417-431.

Chamodrakas, I.; Batis, D.; Martakos D. (2010), "Supplier Selection in Electronic Marketplaces Using Satisfying and Fuzzy AHP", *Expert Systems with Applications*, 37, 490-498.

Che, Z.H.; Wang, H.S.; Chuang, Chih-Ling (2010), "A fuzzy AHP and DEA Approach For Making Bank Loan Decisions For Small And Medium Enterprises in Taiwan", *Expert Systems with Applications*, 37, 7189-7199.

Chou, Ying-Chyi; Sun, Chia-Chi; Yen, Hsin-Yi (2012), "Evaluating the Criteria for Human Resource for Science and Technology (HRST) Based on an Integrated Fuzzy AHP and Fuzzy Dematel Approach", *Applied Soft Computing*, 12, 64-71.

Chu, Dominique; Strand, Roger; Fjelland, Ragnar (2003), "Theories of Complexity", *Wiley Periodicals*, 8 (3), 19-30.

Çebi, S.; Çelik M.; Kahraman, C. (2008), "Gemi Sistemleri İçin Entegre Bakım-Onarım Yönetimi Gereksiniminin Analizi", *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3 (4), 17-24

Duru, Okan; Bulut, Emrah; Yoshida, Shigeru (2012), "Regime Switching Fuzzy AHP Model For Choice-Varying Priorities Problem and Expert Consistency Prioritization: A Cubic Fuzzy-Priority Matrix Design", *Expert Systems with Applications*, 39, 4954-4964.

Hameri, Ari-Pekka (1997), "Project Management in a Long-Term and Global One-Of-A-Kind Project", *International Journal of Project Management* (15), 3, 151-157.

Heising, Wilderich (2012), "The Integration of Ideation and Project Portfolio Management-A Key Factor For Sustainable Success", *International Journal of Project Management*, 30, 582-595.

Heylighen, Francis; Cilliers, Paul; Gershenson, Carlos (2011), "Complexity and Philosophy", *Book Chapter*.

Ho, Chao Chung (2012), "Construct Factor Evaluation Model of Health Management Center Selected By Customers With Fuzzy Analytic Hierarchy Process", *Expert Systems with Applications*, 39, 954-959.

Huang, C.C.; Chu, P.-Y.; Chiang, Y. H. (2008) "A **Fuzzy AHP** Application in Government-Sponsored R&D Project Selection" *Omega*, 36(6), 1038-1052.

Ireland Lew (2007), "Project Complexity: A Brief Exposure To Difficult Situations", *PrezSez*, published at the asapm website: www.asapm.org.

Ishizaka, Alessio ve HOANG N. (2013), "Calibrated Fuzzy AHP for Current Bank Account Selection", *Expert Systems with Applications*, 40 (9), 3775-3783.

Ishizaka, A. ve Labib A. (2011), "Selection of New Production Facilities With The Group Analytic Hierarchy Process Ordering Method" *Expert Systems with Applications*, 38, 7317-7325.

Javanbarg, Mohammad Bagher; Scawthorn, Charles; Kiyono, Junji; Shahbodaghkhan, Babak (2012), "Fuzzy AHP-Based Multicriteria Decision Making Systems Using Particle Swarm Optimization", *Expert Systems with Applications*, 39, 960-966.

Ju, Yanbing; Wang, Aihua; Liu, Xiaoyue (2012), "Evaluating Emergency Response Capacity By Fuzzy AHP and 2-tuple Fuzzy Linguistic Approach", *Expert Systems with Applications* 39, 6972-6981.



Bahar-2013

Spring-2013

Yıl: 2 Sayı: 3 (20-33)

Year: 2 Issue: 3 (20-33)

Jung H. (2011), "A Fuzzy AHP-GP Approach For Integrated Production-Planning Considering Manufacturing Partners", *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5833-5840.

Karimi, A.R.; Mehrdadi, N.; Hashemian, S.J.; Nabi-Bidhendi, Gh. R.; Tavakkoli-Moghaddam R. (2011), "Using of the Fuzzy TOPSIS and Fuzzy AHP Methods for Wastewater Treatment Process Selection", *International Journal of Academic Research*, 3 (1), 737-745.

Kilincer, O. ve Onal S.A. (2011), "Fuzzy AHP Approach For Supplier Selection in A Washing Machine Company", *Expert Systems with Applications*, 38 (8), 9665-9664.

Lam, P. K. ve Chin, K. S. (2005), "Identifying and Prioritizing Critical Success Factors for Conflict Management in Collaborative New Product Development", *Industrial Marketing Management*, 34, 761– 772.

Lee, S.K.; Mogi, G.; Jong Kim, J.W.; Gim B.J. (2008), "A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach For Assessing National Competitiveness In The Hydrogen Technology Sector" *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(23), 6840-6848

Li, Tiejun; Jin, Jianhua; Li, Chunquan (2012), "Refractured Well Selection for Multicriteria Group Decision Making by Integrating Fuzzy AHP With Fuzzy TOPSIS Based on Interval-Typed Fuzzy Numbers", *Hindawi Publishing Corporation Journal of Applied Mathematics*, 1-20.

Mahmoodzadeh, S.; Shahrabi, J.; Pariazar, M.; Zaeri, M. S. (2007), "Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique", *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 1 (3), 135-140.

Martin, A. (2000), "A Simulation Engine For Custom Project Management Education", *International Journal of Project Management*, 18, 201-213.

Marques, Guillaume; Gourc Didier; Luras Matthieu (2010), "Multi-Criteria Performance Analysis For Decision Making in Project Management", *International Journal of Project Management* 29, 1057–1069.

Maylor, Harvey; Vidgen, Richard; Carver, Stephen (2008), "Managerial Complexity in Project-Based Operations: A Grounded Model and Its Implications for Practice", *Project Management Journal*, (39), 15–26.

Mota, Caroline Maria De Miranda; Almeida, Adiel Teixeira De; Alencar, Luciana Hazin (2009), "A Multiple Criteria Decision Model For Assigning Priorities To Activities in Project Management", *International Journal of Project Management*, 27, 175–181.

Nassar, Khaled M.; Hegab, Mohamed Y.; E., P.; Asce, M. (2006), "Developing a Complexity Measure for Project Schedules", *Journal Of Construction Engineering and Management*, 132 (6), 554-561.

Nepal, B.; Yadav, O.P.; Murat A. (2010) "A Fuzzy-AHP Approach To Prioritization of CS Attributes In Target Planning For Automotive Product Development", *Expert Systems with Applications*, 37, 6775–6786.

Organ, Arzu ve Kenger, Murat Deniz (2012), "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Mortgage Banka Kredisi Seçim Problemine Uygulanması", *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5 (2), 119-135.

Özdemir, A. İ. ve Seçme G. (2009), "Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına Bulanık Ulaştırma Modeli Yaklaşımı", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32, 219-237.

Rao, R.V. (2008), "Evaluating Flexible Manufacturing Systems Using A Combined Multiple Attribute Decision Making Method" *International Journal of Production Research*, 46 (7), 1975–1989.

Seçme, N.Y., Bayrakdaroğlu, A.; Kahraman C. (2009) "Fuzzy performance Evaluation in Turkish Banking Sector Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process and TOPSIS", *Expert Systems with Applications*, 36 (9), 11699-11709.

Shahriari, Gholamreza; Hosseini, Seyyed S. M.; Hosseinalipour (2011), "Optimal Sustainable Energy Portfolio in Tehran Province Industries Using Fuzzy AHP", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (12), 2584-2594.

Shaw, Krishnendu; Shankar, Ravi; Yadav, Surenda S.; Thakur, Lakshman S. (2012), "Supplier Selection Using Fuzzy AHP and Fuzzy Multi-Objective Linear Programming For Developing Low Carbon Supply Chain", *Expert Systems with Applications*, 39, 8182–8192.

Thomas Janice ve Mengel Thomas (2008), "Preparing Project Managers To Deal With Complexity – Advanced Project Management Education", *International Journal of Project Management*, 26, 304-315.



Bahar-2013

Spring-2013

Yıl: 2 Sayı: 3 (20-33)

Year: 2 Issue: 3 (20-33)

Vidal Ludovic-Alexandre; Marle Franck; Bocquet Jean-Claude, (2011a), “Using a Delphi Process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Evaluate the Complexity of Projects”, Expert Systems with Applications, 38, 5388–5405.

Vidal, Ludovic-Alexandre; Marle, Franck; Bocquet, Jean-Claude (2011b), “Measuring Project Complexity Using the Analytic Hierarchy Process”, International Journal of Project Management, 29, 718-727.

Wang, Xiaojun; Chan, Hing Kai; Yee, Rachel W.Y.; Diaz-Rainey, Ivan (2011), A Two-Stage Fuzzy-AHP Model For Risk Assessment Of Implementing Green Initiatives in The Fashion Supply Chain, Int. J. Production Economics, 135, 595-606.

Whitty Stephen Jonathan ve Maylor Harvey (2009), “And Then Came Complex Project Management (revised)”, International Journal of Project Management 27, 304–310.

Zheng, Guozhong; Zhu, Neng; Tian, Zhe; Chen, Ying; Sun, Binhui (2012), “Application of A Trapezoidal Fuzzy AHP Method for Work Safety Evaluation and Early Warning Rating of Hot and Humid Environments”, Safety Science, 50, 228-239.