

## Bulanık yenileme analizi ve AHS yardımı ile çok ölçütlü işletim sistemi seçimi

**Murat Levent DEMİRCAN\***, Ethem TOLGA, Cengiz KAHRAMAN

*İTÜ İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34357, Maçka, İstanbul*

### Özet

*Bu çalışma Karar Alıcılar (KA) için İşlem Sistemi (İS) seçim sistemi kurmayı hedeflemektedir. Karar Alıcılar teknoloji seçiminde hem ekonomik hem de ekonomik olmayan unsurları göz önüne almak zorunda olduklarından, geliştirilen sistemde her iki unsura da yer verilmiştir. Karar alma sürecinin ekonomik yanı, Bulanık Yenileme Analizi kullanılarak geliştirilmiştir. Ekonomik olmayan unsurlar ve finansal veriler ise Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaklaşımı kullanılarak biraraya getirilmiştir. Çalışma içerisinde aynı zamanda sayısal bir örneğe de yer verilmiştir. AHS yaklaşımının finansal yönü geliştirilen Bulanık Yenileme Analizi altyapısı tarafından desteklenmiştir. Bulanık AHS yönteminin Mühendislik Ekonomisi'nin ana konularından olan Yenileme Analizleri'nde kullanılması araştırmacılara yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesinde etkin yollar sağlamaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Bulanık kümeler, yenileme analizleri, analitik hiyerarşi süreci, teknoloji seçimi.*

## Multi criteria operating system selection using fuzzy replacement analysis and AHP

### Abstract

*This study aims at creating an Operating System (OS) selection framework for decision makers (DMs). Since DMs have to consider both economic and non-economic aspect of technology selection, both factors have been considered in the developed framework. The economic part of the decision process has been developed by Fuzzy Replacement Analysis. Non-economic factors ve financial figures have been combined using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) approach. A real numerical application has also been demonstrated. This study developed a fuzzy AHP framework to select best OS alternative. While fuzzy AHP requires cumbersome computations, it is a more systematic method than the others are, and it is more capable of capturing a human's appraisal of ambiguity when complex multi-attribute decision-making problems are considered. This is true because pairwise comparisons provide a flexible and realistic way to accommodate real-life data. The financial side of the framework is based on fuzzy replacement analysis. The results of fuzzy replacement analysis are included into fuzzy AHP analysis. Using Fuzzy AHP concept in Replacement Analysis investment decisions in fuzzy environment results a very effective way to evaluate alternatives. Using the very same developed framework, a subjective comparison, such as the comparison of diverse operating systems, has been conducted and demonstrated to readers.*

**Keywords:** *Fuzzy sets, replacement analysis, AHP, technology selection.*

---

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Murat Levent DEMİRCAN. Idemircan@gsu.edu.tr; Tel: (212) 227 44 80 dahili:427.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ İşletme Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Bulanık yenileme analizi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 28.12.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 28.01.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.07.2006 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Giriş

İleriye yönelik nakit akışı konusundaki bilginin belirsiz ve eksik oluşu ve katı AHS'nin insan aklının işleyişini tam olarak taklit edemeyişinden ötürü, bulanık kümeler teorisi 2 İS'yi sırayla lisanslı ve lisanssız olarak kıyaslamak suretiyle hem AHS'ye hem de yenileme analizine uygulanmıştır. Çalışmada gerçek sayılardan oluşan bir uygulama da yer almaktadır. Bu çalışmanın hem teorik hem de pratik altyapısı göstermektedir ki ilgili yatırıma yönelik kararları alma sürecinde katı kavramların belirsizliği Bulanık AHS ve Bulanık Yenileme Analizi'nin uygulanması ile bertaraf edilebilmektedir. Bilişim Teknolojilerinin son dönemde karşılaştığı zorluklar, iş dünyasının profesyonellerini daha rekabetçi bir ortama doğru sürüklemektedir. Teknolojideki gelişmeler hızlandıkça, firmalar, ve hatta bireyler, teknoloji yenilemeye yönelik kararları daha sık almak durumunda kalmaktadır. Fleischer (1994) bu konuda önemli bir referans olarak gösterilen çalışmasında yenileme analizinin sebeplerini şöyle sıralamaktadır:

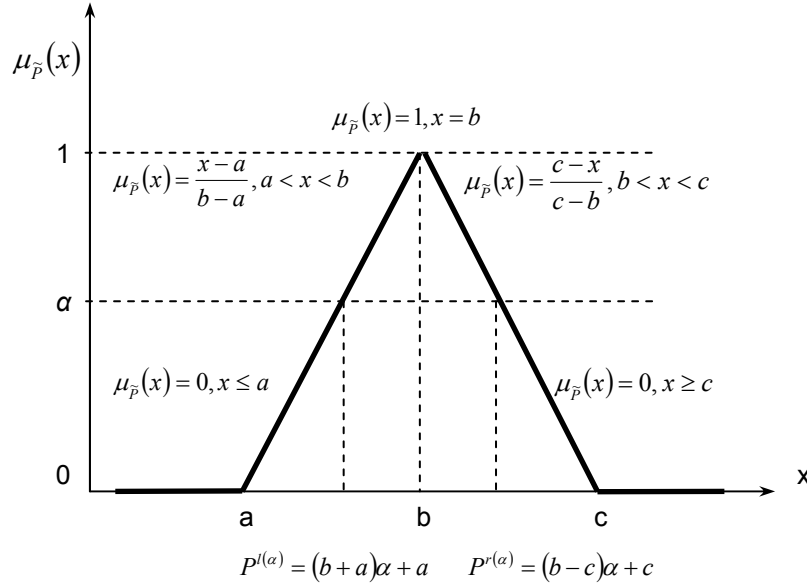
- Kullanılmakta olan donanımın güncel veya öngörülebilir ihtiyaçları karşılayamaması.
- Teknolojinin yenilenmesi. Yenilenen ve daha etkin olan donanımların hem maliyetleri hem de işletme giderlerini gittikçe azaltması.
- Sistemin tamamen çökmesi. Ciddi bir arıza meydana gelmesi. Varolan donanımın kullanılmasının mümkün olmaması.

Usher ve Whitfield (1993) bulanık küme teorisi ve dilesel verilerin kullanılması ile kullanılmış, çok parçalı bir sistemde, her parçanın toplam yaşam döngüsü maliyetlerinin hesaplanmasını sağlayan bir model geliştirmişlerdir. Bir yenileme analizindeki ekonomik ve ekonomik olmayan unsurlar, AHS kullanmak kaydıyla incelenebilmektedir. AHS, çok yönlü karar alma sorunlarına yönelik kapsamlı bir yaklaşımdır. Saaty ve Vargas (2001) tarafından tasarlanan AHS, birçok kritere göre yapılan değerlendirmelerden sonra elde kalan çeşitli alternatifler arasından yapılan hem rasyonel hem de sezgiye

dayalı seçimlerin her ikisi ile de başa çıkmayı hedeflemektedir.

## Yenileme analizinde bulanık küme teorisi

Bulanık küme teorisini dünyaya tanıtan Zadeh (1965), bu teoriyi, belirsizlikten kaynaklanan muallaklıkla başedebilmek için öne sürmüştür. Bulanık küme teorisinin en büyük katkısı belirsiz veriyi tanımlayabilme kapasitesidir. Teori, aynı zamanda matematiksel işlemcilerin ve programların bulanık alanlarda işlem yapmasına olanak sağlamıştır. Bulanık bir küme, aralıksız dereceli üyeliklerin oluşturduğu nesnelere meydana gelen bir sınıftır. Sözkonusu küme, her nesneye 0 ile 1 arasında değişebilen bir üyelik derecesi veren bir üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Şekil 1'de bir Üçgensel Bulanık Sayı (TFN) ( $\tilde{P}$ ) görülmektedir. Bulanık Küme Teorisi birçok mühendislik ekonomisi konularında da uygulanmaktadır: Buckley (1987) bileşik faizli problemleri çözebilmek için bulanık matematiği geliştirmiştir. Bulanık faiz oranlarını kullanarak bulanık nakit akışının bulanık sabit değerini ve bulanık gelecek değerini hesaplamıştır. Chiu ve Park (1994) bulanık finansın kapsamlı sağ ve sol yanlarının ifadesini geliştirmiştir. Esogbue ve Hearn (1998) yenileme kararlarında belirsizliği modellemek için üçgen bulanık sayıları kullanmışlar ve bu yaklaşımı Monte Carlo benzetim metodları ile kıyaslamışlardır. Kahraman ve diğerleri (2002, 2003a) şimdiki zaman değerinin bulanık formüllerini, yıllık düzgün eşdeğer değeri, bulanık gelecek değeri, bulanık kar maliyet oranı ve bulanık geri ödeme dönemleri/taksit teknikleri geliştirmişlerdir. Kahraman ve diğerleri (2000) ve Kahraman (2001a, 2001b), üretim teknolojilerini ve kamusal faaliyet projelerini onaylamak için bulanık şimdiki zaman değerini ve bulanık kar/maliyet oranı analizini uygulamışlardır. Karsak (1998) bulanık indirimli nakit akışı analizini desteklemeye yönelik likidite risk ölçümleri geliştirmiştir. Bousabaine ve Elhag (1999) inşaat projelerinde bulanık küme teorisinin nakit akışı analizine uygulanışının olasılığını incelemiştir.



Şekil 1. Üçgensel Bulanık Sayı  $\tilde{P}$ 'nin sağ ve sol bulanık gösterimi

### Bulanık yıllık düzgün eşdeğer değeri (EUAW)

Yıllık düzgün eşdeğer değeri (EUAW), bütün gelir ve giderlerin (düzensiz ve düzenli) her dönem için geçerli tek bir yıllık düzgün eşdeğer miktara çevrilmesi anlamına gelmektedir. Bu yöntemin tüm diğer yöntemlere göre en büyük avantajı, alternatiflerin değişik hayatları varken yılların en küçük ortak katları arasında kıyaslama yapmaya gerek olmamasıdır. (Blank ve Tarquin, 1987). Kahraman ve diğerleri (2002), bulanık EUAW'yı aşağıdaki gibi göstermektedirler:  $R$  indirim oranını,  $T$  dönemi,  $NVP$  de net şimdiki zaman değerini ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} EUAW &= A \\ &= NPV \gamma^{-1}(T, R) \\ &= NPV \times \frac{(1+R)^T R}{(1+R)^T - 1} \end{aligned} \quad (1)$$

Bulanıklık durumunda, Net Şimdiki Zaman Değeri'nin ( $N\tilde{P}V$ ) hesaplanması gerekmektedir. Böylece bulanık  $EU\tilde{A}W(\tilde{A}_T)$  bulunabilecektir.  $\tilde{A}_T$  için üyelik fonksiyonu olan  $\mu(x|\tilde{A}_T)$  aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

$$f_{T_i}(\alpha|\tilde{A}_T) = f_i(\alpha|NPV) \gamma^{-1}(T, f_i(\alpha|\tilde{R})) \quad (2)$$

$\tilde{R}$  bulanık indirim oranını ifade etmektedir. Bulanık EUAW için TFN( $\alpha$ ) da aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{A}_T(\alpha) = \left( \frac{NPV^{l(\alpha)}}{\gamma(T, R^{l(\alpha)})}, \frac{NPV^{r(\alpha)}}{\gamma(T, R^{r(\alpha)})} \right) \quad (3)$$

Kahraman ve diğerleri (2002) ile herhangi bir farklılık göstermemekle beraber, bu işlemde, TFN kullanarak bir başka EUAW sayısalı ile bir bulanık yenileme sistemi geliştirilmiştir. Öncelikle, yenileme analizi parametreleri belirlenmiştir:  $\tilde{R}$  bulanık indirim oranı,  $T$  de dönem ise, bulanık sermaye yenileme faktörü aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \left( \frac{\tilde{A}}{\tilde{P}}, \tilde{R}, T \right) &= \frac{\tilde{R} \otimes (1 \oplus \tilde{R})^T}{(1 \oplus \tilde{R})^T \ominus 1} \\ &= \left[ \frac{R^{l(\alpha)} \times (1 + R^{l(\alpha)})^T}{(1 + R^{r(\alpha)})^T - 1}, \frac{R^{r(\alpha)} \times (1 + R^{r(\alpha)})^T}{(1 + R^{l(\alpha)})^T - 1} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

$\tilde{I}$  başlangıçtaki bulanık yatırım ise,  $\tilde{S}_T$  de  $T$  döneminde geçerli bulanık hurda değeridir.  $\tilde{C}_T$  de Bulanık Yatırım Telifisidir. Burada dikkat edilmesi gereken unsur,  $\tilde{I}$  nin sayısal uygulamada belirli bir değere sahip olduğu, başlangıçta yapılan yatırımı kapsadığı ve bulanıklık içermediğidir. İşletim sistemi hurda değeri olmadığı için de  $\tilde{S}_T$  bütün dönemler için yok sayılacaktır.

$$\tilde{C}_T = (\tilde{I} \ominus \tilde{S}_T) \otimes \left( \frac{\tilde{A}}{\tilde{P}}, \tilde{R}, T \right) \oplus (\tilde{R} \otimes \tilde{S}_T) = [C_T^{l(\alpha)}, C_T^{r(\alpha)}] \quad (5)$$

$$\tilde{C}_T = \left[ \begin{array}{l} \frac{(I^{l(\alpha)} - S_T^{l(\alpha)}) \times R^{l(\alpha)} \times (1 + R^{l(\alpha)})^T}{(1 + R^{r(\alpha)})^T - 1} \\ + (R^{l(\alpha)} \times S_T^{l(\alpha)}), \\ \frac{(I^{r(\alpha)} - S_T^{r(\alpha)}) \times R^{r(\alpha)} \times (1 + R^{r(\alpha)})^T}{(1 + R^{l(\alpha)})^T - 1} \\ + (R^{r(\alpha)} \times S_T^{r(\alpha)}) \end{array} \right] \quad (6)$$

$\tilde{F}_T$  T dönemi içerisinde geçerli bulanık işletme ve muhafaza giderlerini kapsamaktadır. Bu durumda  $\sum \tilde{P}_T$ ,  $\tilde{F}_T$  'nin  $t=1$ den  $t=T$  ye kadar geçen sürede artan bulanık şimdiki zaman değerini göstermektedir.

$$\sum \tilde{P}_T = [P_T^{l(\alpha)}, P_T^{r(\alpha)}] = \sum_{t=1}^T \frac{\tilde{F}_t}{(1 \oplus \tilde{R})^t} = \left[ \sum_{t=1}^T \frac{F_t^{l(\alpha)}}{(1 + R^{r(\alpha)})^t}, \sum_{t=1}^T \frac{F_t^{r(\alpha)}}{(1 + R^{l(\alpha)})^t} \right] \quad (7)$$

$\tilde{A}(\sum \tilde{P}_T)$   $\tilde{F}_T$  'nin T süresince artan bulanık şimdiki zaman değeri ise,

$$\tilde{A}(\sum \tilde{P}_T) = (\sum \tilde{P}_T) \otimes \left( \frac{\tilde{A}}{\tilde{P}}, \tilde{R}, T \right) = \left[ \begin{array}{l} \frac{P_T^{l(\alpha)} \times R^{l(\alpha)} \times (1 + R^{l(\alpha)})^T}{(1 + R^{r(\alpha)})^T - 1}, \\ \frac{P_T^{r(\alpha)} \times R^{r(\alpha)} \times (1 + R^{r(\alpha)})^T}{(1 + R^{l(\alpha)})^T - 1} \end{array} \right] \quad (8)$$

$\tilde{W}_T$  toplam  $EAUW$ dır. Şekil 2, 9. denklemi açıklamaktadır:

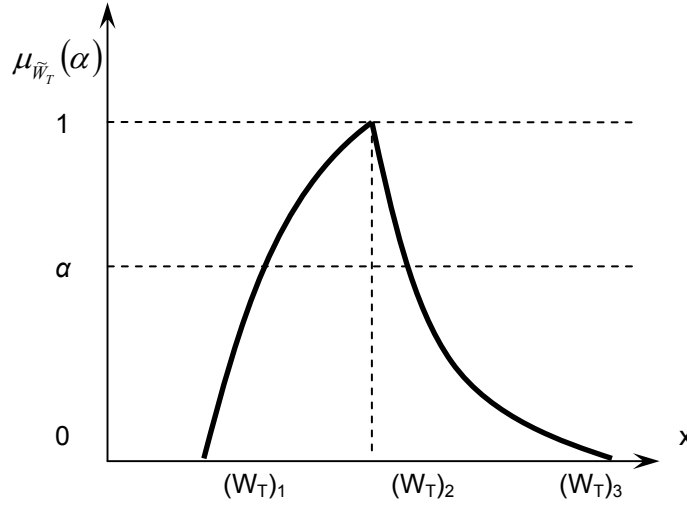
$$\begin{aligned} \tilde{W}_T &= \tilde{C}_T \oplus \tilde{A}(\sum \tilde{P}_T) \\ &= [W_T^{l(\alpha)}, W_T^{r(\alpha)}] \\ &= ((W_T)_1, (W_T)_2, (W_T)_3) \end{aligned} \quad (9)$$

### Bulanık Analitik Hiyerarşik Sürec

Her ne kadar AHS'nin amacı bir uzmanın bilgisini temin etmek olsa da geleneksel AHS insan beyninin düşünsel yapısını taklit etmekten çok uzaktır. Bu yüzden, hiyerarşik bulanık sorunları çözmek amacıyla bulanık AHS ve AHS'nin bulanık uzantıları geliştirilmiştir. Saaty (1978), hem algıda bulanıklık hem de anlamda bulanıklığa bir anlam verebilmek için yeni bir metod önermiştir. Bu metod, sistemin fonksiyonlarını çok nitelikli bir sistemde, hiyerarşik olarak yapılandırarak, bulanıklığın göreceliğini ölçmekte kullanılmaktadır.

Buckley (1985), Saaty'nin önerdiği, KA'ların belirli değerler yerine bulanık oranları tercih edebildikleri AHS metodunu genişletmektedir. Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) alternatifler için olduğu kadar duyarlılıklar için de bulanık metodlar üzerinde çalışmaktadırlar. Chang (1992) AHS için, diğer bulanık AHS yaklaşımlarına kıyasla sayısal açıdan daha kolay, ve Saaty'nin belirgin AHS'sine benzer özelliklerle gösteren bir bulanık genişleme analizi geliştirmiştir. Kahraman ve diğerleri (2003b, c) ve Bozdağ ve diğerleri (2003), en iyi yemek firması, en iyi eğlence mekânı ve en iyi bilgisayarlı üretim sistemi seçimlerinde sırasıyla Chang'ın (1992) genişleme analizini kullanmaktadırlar.  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesne kümesi ve  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$  hedef kümesi olsun. Chang'ın genişleme analizine göre, her nesne teker teker ele alınmakta ve genişleme analizi her hedef için ayrı ayrı sırayla yapılmaktadır. Bu durumda, her nesne için  $m$  genişleme analizi değerleri aşağıdaki seri ile elde edilebilmektedir:

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



Şekil 2. Toplam bulanık yıllık düzgün eşdeğer değer,  $\tilde{W}_T$

$M_{g_i}^j$  ( $j=1,2,\dots,m$ ) ise hepsi TFN'dir. Chang'ın genişleme analizinin adımları aşağıda yer almaktadır.

1. Adım:  $i$ . nesneye göre bulanık sentetik genişleme değeri aşağıdaki gibidir:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (10)$$

Bilindiği üzere, iki TFN'nin çarpımının sonucu TFN değildir. 10. işlemde iki TFN çarpılmaktadır. Sonuç TFN olmamasına karşın, bu çalışmada, TFN'nin düzgün olmayan kombinasyonun TFN'ne yuvarlandığı varsayılmaktadır (Şekil 3).

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  elde edebilmek için, belirli bir matris için  $m$  genişleme analizi değerleri bulanık toplama işlemi aşağıdaki gibi yapılmalıdır:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (11)$$

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$  elde edebilmek için de  $M_{g_i}^j$  ( $j=1,2,\dots,m$ )'nin değerlerinin bulanık toplama işlemi aşağıdaki gibi yapılmalıdır:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (12)$$

ve daha sonra da yukarıdaki vektörün tersi aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır:

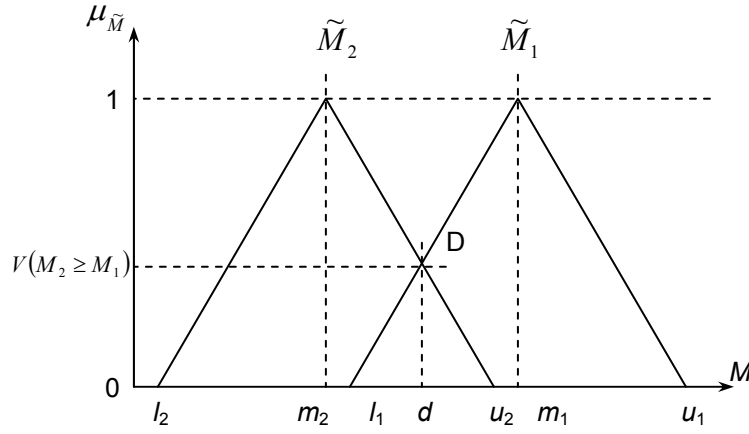
$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (13)$$

$$\forall u_i, m_i, l_i > 0$$

2. Adım:  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  olasılık derecesi aşağıdaki gibi betimlenmiştir:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (14)$$

ve aynı zamanda aşağıdaki gibi de ifade edilebilmektedir:



Şekil 3.  $\tilde{M}_1$  ve  $\tilde{M}_2$  'nin kesişimleri

$$\begin{aligned}
 & V(M_2 \geq M_1) \\
 & = hgt(M_1 \cap M_2) \\
 & = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \end{cases}
 \end{aligned} \quad (15)$$

Şekil 3'te 15. denklem yer almaktadır.  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  noktaları arasındaki  $D$  noktasının en yüksek kesişim noktasının ordinatı  $d$  ise,  $M_1$  ve  $M_2$  yi karşılaştırabilmek için her iki  $V(M_1 \geq M_2)$  ve  $V(M_2 \geq M_1)$  değerlerine ihtiyaç vardır.

3. Adım: Dışbükey bulanık sayının  $M_i (i=1,2,\dots,k)$   $k$  dışbükey bulanık sayılarından daha büyük olma derece olasılığı aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

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

Varsayalım ki;  
 $k=1,2,\dots,n; k \neq i$  için  
 $d(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ .

O halde ağırlık vektörü aşağıdaki gibi verilmiştir:

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

$A_i (i=1,2,\dots,n)$  ise  $n$  adet element vardır.

4. Adım: Normalleşme sayesinde, normalleşmiş ağırlıklar aşağıdaki gibidir: Eğer  $W$  bulanık olmayan bir sayı ise

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

### Bulanık EUAW analizi uygulaması

Bilişim içerikli yenileme kararların verilmesinde, teknolojik ve finansal konular büyük rol oynamaktadır. Teknoloji seçimine dair yapılan çoğu çalışmada, maliyet kıyaslama parametresinden, KA'nın seçiminde ne kadar büyük bir önem arz ettiğine bakılmaksızın, diğer kriterlerden biri olarak yer verilmektedir. Bulanık yenileme analizinin bu uygulamasında, bulanık AHS ve bulanık EUAW analizi kullanılarak iki işlemci sistem, AX ve BS değerlendirilmektedir. Aşağıda, öncelikle işlemci sistem özellikleri, sonrasında ise İS'nin finansal yönü yer almaktadır.

Kurumların teknolojik altyapı göçünün finansal boyutlarını değerlendirebilmek için hem savunucu hem de adayın satın alma toplam maliyetlerinin (TCO) belirlenmesi gerekmektedir. TCO, her sistem işyükü için gereken donanım ve yazılımın temin edilmesi ve desteklenmesinin mali-

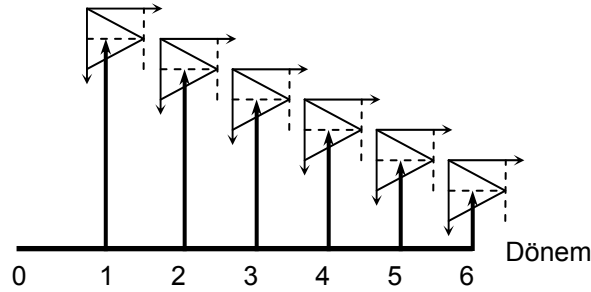
yetlerinin zaman içerisinde beliren maliyet şemasıdır. Sistem işyükü, işleyen bir sisteme ait görev ve hizmetlerin tamamıdır. TCO'nun elemanları arasındaki ilişkiyi anlayabilmek ve takip edebilmek amacıyla hazırlanan Maliyet Analiz Şeması Tablo 1'de yer almaktadır:

Tablo 1. Toplam sahip olma maliyetlerine ait Maliyet Kırılım Yapısı

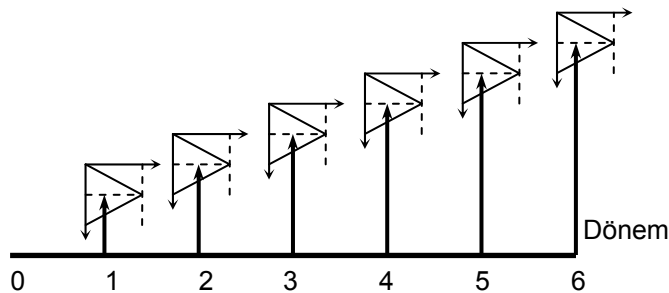
Toplam Sistem Maliyeti
Donanım
Yedekleme
Ağ Yapısı
Diğer Donanım
Yazılım
(İşletim Sistemi)
Yazılım (Uygulama)
Hata Zamanları
Personel
Eğitim
Hizmet Satın Alma

Her işyükü ve beraberindeki yazılım ve donanım masrafı, yapılan harcamayı hesaplanabilir hale getirmek amacıyla dönemsel (işletme maliyeti) olarak belirtilmiştir. İS alternatifi AX açık kaynak ve lisanssız olarak tanımlanmıştır. BS ise AX'den daha yüksek başlangıç sermayesi gerektiren lisanslı bir İS platformudur. Bulanık başlangıç sermayesi ve işletme getirileri Tablo 2'de yer almaktadır. GUI kapasitesinden ve Destek Mekanizmasından ötürü BS'nin işletme giderleri zaman içerisinde azalacaktır (Şekil 4). AX daha düşük maliyetli yatırım sermayesini ifade ederken, işletme giderlerinin daha yüksek olduğu varsayılmaktadır. Böylelikle, personel, personel eğitimleri ve hizmet maliyetleri zaman içerisinde artış gösterecektir (Şekil 5).

Bulanık yenileme analizini yukarıdaki finansal sayılara uygulayabilmek için, bulanık indirim oranı  $\tilde{R}$  nin  $\tilde{R} = (3\%, 4\%, 5\%)$  olarak sabitlenmesi gerekmektedir. Şekil 6-8, sermayenin geri kazanımı, işletme ve bakım masraflarının bulanık EUAW değerlerini göstermektedir. Şekil 6, toplam bulanık EUAW'ları göstermektedir.



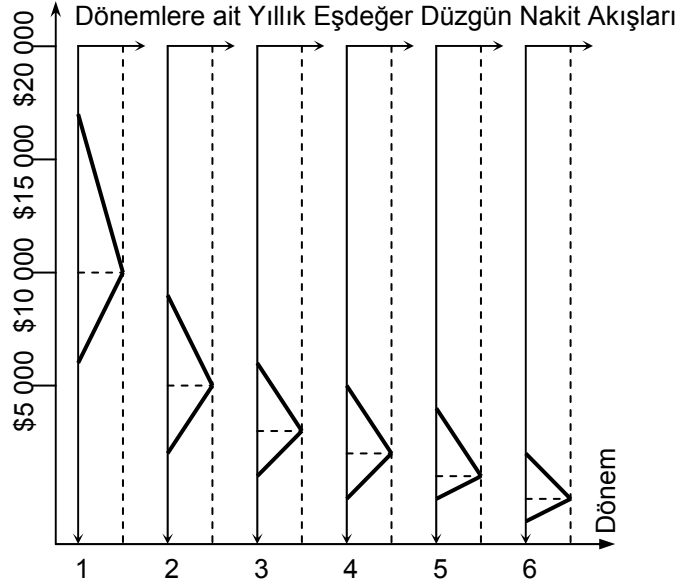
Şekil 4. BS'nin azalan bulanık nakit akışları



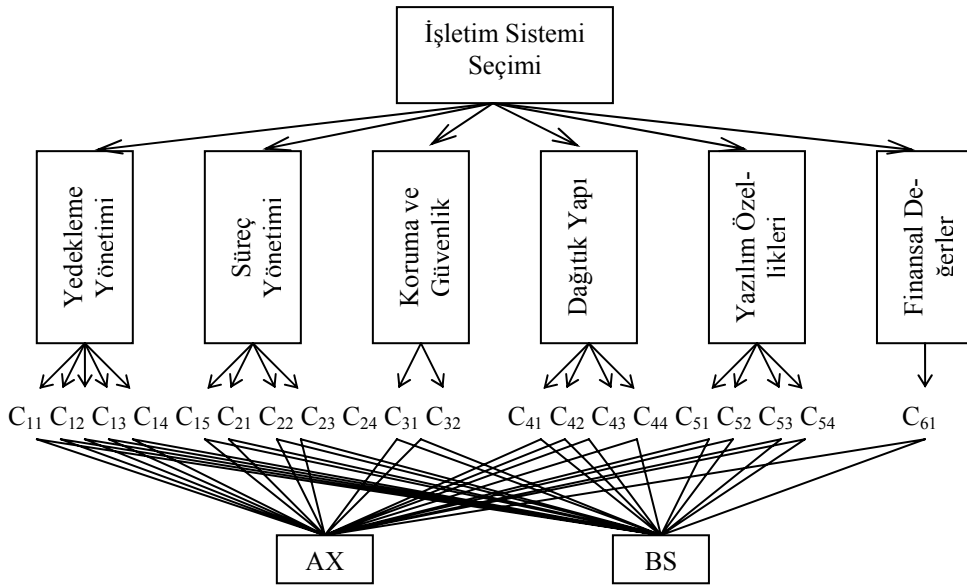
Şekil 5. AX'in artan bulanık nakit akışları

Tablo 2. Alternatif AX ve BS'ye ait bulanık işletme ve bakım maliyetleri ile ilk yatırım maliyetleri

Dönem	AX'e ait bulanık nakit akışları	BS'e ait bulanık nakit akışları
0	(\$10 000; \$10 000; \$10 000 )	(\$ 30 000; \$ 30 000; \$ 30 000)
1	(\$24 000; \$26 000; \$28 000)	(\$8 000; \$10 000; \$12 000)
2	(\$24 500; \$26 500; \$28 500)	(\$7 000; \$9 000; \$11 000)
3	(\$25 500; \$27 500; \$29 500)	(\$6 000; \$8 000; \$10 000)
4	(\$27 500; \$29 500; \$31 500)	(\$5 000; \$7 000; \$9 000)
5	(\$30 500; \$32 500; \$34 500)	(\$4 000; \$6 000; \$8 000)
6	(\$34 500; \$36 500; \$38 500)	(\$3 000; \$5 000; \$7 000)



Şekil 6. AX'in bulanık yıllık düzgün eşdeğer sermaye geri kapama maliyetleri



Şekil 7. İşletim sistemi seçimi kademeleri



### İşletme sisteminin özellikleri

Bir işletmenin kurumsal altyapı ihtiyaçlarını karşılayabilmek için, işletme sisteminin görev ve hizmet yönetimi özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Şekil 7, işletme sistemi seçim problemindeki hiyerarşiyi göstermektedir. Daha detaylı inceleyebilmek için her başlık kendi için alt kategorilere ayrılabilir:

#### 1) Depolama Yönetimi (C<sub>1</sub>).

- a) Hafıza Yönetimi (C<sub>11</sub>).
- b) Sanal Hafıza (C<sub>12</sub>).
- c) Dosya Sistem Arayüzü (C<sub>13</sub>).
- d) Dosya Sistem Uygulaması (C<sub>14</sub>).
- e) İkincil Yedekleme yapısı (C<sub>15</sub>).

#### 2) Süreç Yönetimi (C<sub>2</sub>).

- a) Süreç İdaresi (C<sub>21</sub>).
- b) CPU Zaman Çizelgesi Hazırlanması (C<sub>22</sub>).

#### c) Süreç Senkronizasyonu (C<sub>23</sub>).

#### d) Kilitlenme (C<sub>24</sub>).

#### 3) Korunma ve Güvenlik (C<sub>3</sub>).

#### a) Koruma (C<sub>31</sub>).

#### b) Güvenlik (C<sub>32</sub>).

#### 4) Dağıtılmış Yapı (C<sub>4</sub>).

#### a) Ağ Altyapısı (C<sub>41</sub>).

#### b) Dağıtılmış Sistem Altyapısı (C<sub>42</sub>).

#### c) Dağıtılmış Dosya Sistemi (C<sub>43</sub>).

#### d) Dağıtılmış Koordinasyon (C<sub>44</sub>).

#### 5) Yazılım özellikleri (C<sub>5</sub>).

#### a) Uygulamalar ve Araçlar (C<sub>51</sub>).

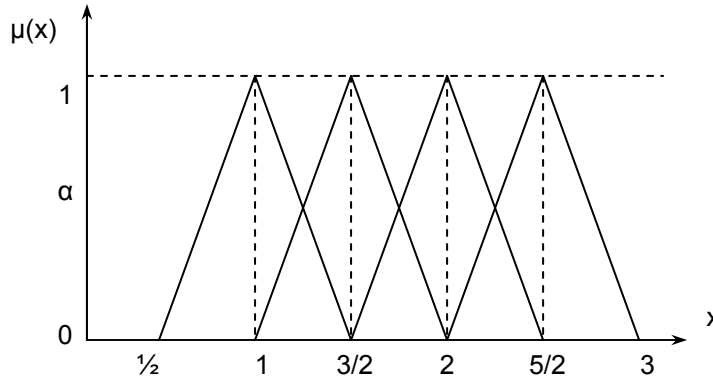
#### b) Hatalar ve Kodlamalar (C<sub>52</sub>).

#### c) Grafik kullanıcı Arayüzü (C<sub>53</sub>).

#### d) Ulaşılabilirlik ve Destek (C<sub>54</sub>).

#### 6) Finansal Şekiller (C<sub>6</sub>).

#### a) Bulanık EUAW (C<sub>61</sub>).



Şekil 8. Üçgensel bulanık önem derecesi

Tablo 3. Üçgensel bulanık önem derecesi

Dilsel Ölçek	Açıklama	Bulanık Üçgensel Ölçek	Karşılıklı Bulanık Üçgensel Ölçek
Eşit Önem Derecesi	İki faaliyet yaklaşık olarak aynı önem derecesine aittir.	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Orta Önem Derecesi	İki faaliyetten biri diğerine az bir önem derecesi ile daha üstün	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Güçlü Önem Derecesi	İki faaliyetten biri diğerine belirli bir önem derecesi ile üstün	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Çok Güçlü Önem Derecesi	İki faaliyetten biri diğerine oldukça kuvvetli bir önem derecesi ile üstün	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Farkedilir Önem Farkı	İki faaliyetten birinin diğerine olan üstünlüğü tartışılmayacak şekilde barizdir	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)

**İS seçimi için bulanık AHS uygulaması**

Bir öncelikler matrisi kurabilmek için gereken parametreler arasında çiftli bir kıstas yapabilmek için bir önem/öncelikler ölçeği geliştirilmiştir. İlk seyvenin çiftli kıstas matrisini yapabilmek için 35 yazılım geliştirme uzmanı ve 18 Bilişim Departmanı Yöneticisi ile yüzyüze görüşülmüştür. Çiftli Kıstas Matrisi, görüşmeye katılan kişiler tarafından verilen cevapların ortalamasının hesaplanması ile oluşturulmuştur (Tablo 4).

Tablo 4'ten,

$$S_{C1}=(2.87, 3.67, 5.33) \otimes (0.02, 0.03, 0.04) = (0.06, 0.11, 0.22)$$

$$S_{C2}=(3.50, 5.00, 6.50) \otimes (0.02, 0.03, 0.04) = (0.08, 0.15, 0.26)$$

$$S_{C3}=(5.00, 6.50, 8.00) \otimes (0.02, 0.03, 0.04) = (0.11, 0.20, 0.33)$$

$$S_{C4}=(4.50, 6.00, 9.50) \otimes (0.02, 0.03, 0.04) = (0.10, 0.18, 0.39)$$

$$S_{C5}=(3.67, 5.17, 8.00) \otimes (0.02, 0.03, 0.04) = (0.08, 0.16, 0.33)$$

$$S_{C6}=(5.00, 7.00, 9.00) \otimes (0.02, 0.03, 0.04) = (0.11, 0.21, 0.37)$$

Elde edilmiştir. Bu vektörleri kullanarak,

$$V(S_{C1} \geq S_{C2})=1.00, V(S_{C1} \geq S_{C3})= 1.00,$$

$$V(S_{C1} \geq S_{C4})= 1.00, V(S_{C1} \geq S_{C5})= 1.00,$$

$$V(S_{C1} \geq S_{C6})= 1.00, V(S_{C2} \geq S_{C1})=0.78,$$

$$V(S_{C2} \geq S_{C3})= 1.00, V(S_{C2} \geq S_{C4})= 1.00,$$

$$V(S_{C2} \geq S_{C5})= 1.00, V(S_{C2} \geq S_{C6})= 1.00,$$

$$V(S_{C3} \geq S_{C1})=0.56, V(S_{C3} \geq S_{C2})=0.78,$$

$$V(S_{C3} \geq S_{C4})=0.95, V(S_{C3} \geq S_{C5})=0.85,$$

$$V(S_{C3} \geq S_{C6})=1.00, V(S_{C4} \geq S_{C1})=0.63,$$

$$V(S_{C4} \geq S_{C2})=0.85, V(S_{C4} \geq S_{C3})=1.00,$$

$$V(S_{C4} \geq S_{C5})=0.90, V(S_{C4} \geq S_{C6})=1.00,$$

$$V(S_{C5} \geq S_{C1})=0.75, V(S_{C5} \geq S_{C2})=0.97,$$

$$V(S_{C5} \geq S_{C3})=1.00, V(S_{C5} \geq S_{C4})=1.00,$$

$$V(S_{C5} \geq S_{C6})=1.0, V(S_{C6} \geq S_{C1})=0.52,$$

Tablo 4. Hedefe göre bulanık değerlendirme matrisi

	$\bar{C}$	$\bar{C}^1$	$\bar{C}^2$	$\bar{C}^3$	$\bar{C}^4$	$\bar{C}^5$
C <sub>1</sub>	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)
C <sub>2</sub>	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)
C <sub>3</sub>	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
C <sub>4</sub>	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)
C <sub>5</sub>	(1,3/2,5/2)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)
C <sub>6</sub>	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 5. Alt özelliklerin yedekleme yönetimine göre değerlendirilmesi

	$\bar{C}^1$	$\bar{C}^2$	$\bar{C}^3$	$\bar{C}^4$	$\bar{C}^5$
C <sub>11</sub>	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)
C <sub>12</sub>	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)
C <sub>13</sub>	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)
C <sub>14</sub>	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
C <sub>15</sub>	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)

Tablo 6. Hedefin ana özellikleri

	$\bar{C}$	$\bar{C}^1$	$\bar{C}^2$	$\bar{C}^3$	$\bar{C}^4$	$\bar{C}^5$	$\bar{C}^6$	Alternatif Öncelik Vektörü
Weight	0.24	0.18	0.13	0.15	0.18	0.12		
AX	0.46	0.39	0.68	0.50	0.76	0.50	0.54	
BS	0.54	0.61	0.32	0.50	0.24	0.50	0.40	

$V(S_{C6} \geq S_{C2})=0.72$ ,  $V(S_{C6} \geq S_{C3})=0.94$ ,  
 $V(S_{C6} \geq S_{C4})=0.90$ ,  $V(S_{C6} \geq S_{C5})=0.80$ , elde edilirler. Böylelikle, Tablo 4'deki ağırlık vektörü  $W_G=(0.24, 0.18, 0.13, 0.15, 0.18, 0.12)^T$  şeklinde hesaplanmış olur.

Tablo 5'ten,  $S_{C11}=(0.09,0.20,0.41)$ ,  
 $S_{C12}=(0.11,0.24,0.43)$ ,  $S_{C13}=(0.10,0.18,0.38)$ ,  
 $S_{C14}=(0.10,0.17,0.32)$ ,  $S_{C15}=(0.10,0.22,0.46)$ ,  
 $V(S_{C11} \geq S_{C12})=1.00$ ,  $V(S_{C11} \geq S_{C13})=0.96$ ,  
 $V(S_{C11} \geq S_{C14})=0.90$ ,  $V(S_{C11} \geq S_{C15})=1.00$ ,  
 $V(S_{C12} \geq S_{C11})=0.88$ ,  $V(S_{C12} \geq S_{C13})=0.84$ ,  
 $V(S_{C12} \geq S_{C14})=0.77$ ,  $V(S_{C12} \geq S_{C15})=0.95$ ,  
 $V(S_{C13} \geq S_{C11})=1.00$ ,  $V(S_{C13} \geq S_{C12})=1.00$ ,  
 $V(S_{C13} \geq S_{C14})=0.94$ ,  $V(S_{C13} \geq S_{C15})=1.00$ ,  
 $V(S_{C14} \geq S_{C11})=1.00$ ,  $V(S_{C14} \geq S_{C12})=1.00$ ,  
 $V(S_{C14} \geq S_{C13})=1.00$ ,  $V(S_{C14} \geq S_{C15})=1.00$ ,  
 $V(S_{C15} \geq S_{C11})=0.94$ ,  $V(S_{C15} \geq S_{C12})=1.00$ ,  
 $V(S_{C15} \geq S_{C13})=0.89$ ,  $V(S_{C15} \geq S_{C14})=0.83$  elde edilirler. Ağırlık vektörü  $W_{C1}=(0.20, 0.17, 0.21, 0.23, 0.19)^T$  bulunur Diğer karşılaştırmalara ait ağırlık vektörleri de benzer şekilde bulunurlar. Ana özelliklere ait hedef tablosu aşağıda verilmiştir:

AX tercih edilen işletim sistemidir.

## Sonuç

İşletme sistemleri, bilişim teknolojilerinin en temel unsurlarıdır. Geleneksel mühendislik ekonomisi modelleri, İS'lerin tabiatında var olan stratejik faydaları gözardı ettiği için, bu kararların çok kapsamlı karar alma metodları ile ongerekelendirilmesi gerekmektedir. Optimum karar varabilmek için, yöneticilerin, her İS alternatifi için hem performans hem de maliyet şemalarını dikkate almaları gerekmektedir. Bu çalışmada, en iyi İS alternatifini seçebilmek amacıyla bulanık bir AHS sistemi geliştirilmiştir. Bulanık AHS hantal hesaplamalar gerektirse de, yine de diğerlerine göre daha sistematik bir metod oluşu ve karmaşık, çok nitelikli karar alma sorunu sözkonusu olduğunda, bir insanın yaklaşımına en yakın değerlendirmenin yapılabilmesine olanak tanıdığı göz ardı edilmemelidir. Bu durumu doğrulayan bir başka gerçek de çiftli kıyaslamaların gerçek veriler kullanıldığında esnek ve gerçekçi bir bakış açısı sunmala-

rıdır. Bu sistemin finansal yönü bulanık yenileme analizine dayanmaktadır. Bulanık yenileme analizinin sonuçları bulanık AHS analizinde yer almaktadır. Bulanık ortamlarda Yenileme Analizi yatırım kararında bulanık AHS kavramı alternatifleri değerlendirmek için çok etkin bir yöntemdir. Bu çalışmada, geliştirilen sistemin aynısı kullanılarak, farklı işletim sistemlerinin kıyaslanması gibi nesnel bir kıyaslama yapılmış ve sonuçlarına yer verilmiştir. Daha kapsamlı araştırma yapmak isteyenlere, İS seçiminde bulanık yenileme analizi ile beraber bulanık TOPSIS ve bulanık dış sıralama metodları gibi diğer çok nitelikli yaklaşımların incelenmesi tavsiye olunmaktadır.

## Kaynaklar

- Blank, L.T., ve Tarquin, J.A., (1987). Engineering Economy, McGraw-Hill.
- Boussabaine, A. H. ve Elhag, T., (1999). Applying fuzzy techniques to cash flow analysis, *Construction Management ve Economics*, **17**, 745 - 755.
- Bozdağ, C. E., Kahraman, C., ve Ruan, D., (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems, *Computers in Industry*, **51**, 13 - 29.
- Buckley, J. J., (1985). Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets ve Systems*, **17**, 233 - 247.
- Buckley, J. J., (1987). The fuzzy mathematics of finance, *Fuzzy Sets ve Systems*, **21**, 257 - 273.
- Chang, D. Y., (1992). Extent analysis ve synthetic decision, *Optimization Techniques ve Applications*, **1**, World Scientific, Singapore, 352.
- Chiu, C. Y., Park, C. S., (1994). Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion, *The Engineering Economist*, **39**, 113 - 138.
- Esogbue, A. O., Hearnes, W. E., (1998). On replacement models via a fuzzy set theoretic framework, *IEEE Transactions on Systems, Man, ve Cybernetics, Part C*, **28**, 549 - 560.
- Fleischer, G. A., (1994). Introduction to Engineering Economy, PWS Publishing Company, Boston.
- Kahraman, C., (2001a). Capital budgeting techniques using discounted fuzzy cash flows, in soft computing for risk evaluation ve management: Applications in Technology, Environment and Finance (Editors: Ruan, D., Kacprzyk, J., ve Fedrizzi, M.), Physica Verlag Heidelberg, 375 - 396.
- Kahraman, C., (2001b). Fuzzy versus probabilistic benefit/cost ratio analysis for public works pro-

- jects, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, **11**, 101 - 114.
- Kahraman C., Ruan D., ve Bozdağ, C. E., (2003a). Optimization of multilevel investments using dynamic programming based on fuzzy cash flows, *Fuzzy Optimization and Decision Making Journal*, Kluwer, **2**, 101 - 122.
- Kahraman, C., Cebeci, U., ve Ruan, D., (2003b). Multi attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, forthcoming.
- Kahraman, C., Ruan, D., ve Doğan, I., (2003c). Fuzzy group decision-making for facility location selection, *Information Sciences*, forthcoming.
- Kahraman, C., Ruan, D., ve Tolga, E., (2002). Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash Flows, *Information Sciences*, **42**, 57-76.
- Kahraman, C., Tolga, E., ve Ulukan, Z., (2000). Justification of manufacturing technologies using fuzzy benefit / cost ratio analysis, *International Journal of Production Economics*, **66**, 45 - 52.
- Karsak, E. E., (1998). Measures of liquidity risk supplementing fuzzy discounted cash flow analysis, *Engineering Economist*, **43**, 331 - 344.
- Saaty, T. L., (1978). Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives, and fuzzy sets, *Fuzzy sets and systems*, **1**, 57 - 68.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., (2001). Models, methods, concepts & Applications of the analytic hierarchy process, Kluwer Academic Publishers.
- Usher, J. S., ve Whitfield, G. M., (1993). Evaluation of used-system life cycle costs using fuzzy set theory, **25**, IIE Transactions.
- Van Laarhoven, P.J.M., ve Pedrycz, W., (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*, **11**, 229 - 241.
- Zadeh, L., (1965). Fuzzy Sets, *Information Control*, **8**, 338 - 353.