itüdergisi/*d*
mühendislik
Cilt:5, Sayı:1, Kısım:2, 193-204
Şubat 2006

Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model

Dilek KAPTANOĞLU*, Ahmet Fahri ÖZOK

İTÜ İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Maçka, İstanbul

Özet

Akademik performans, bir akademisyenin değişik ölçütler bir arada göz önüne alınarak belirlenen değeridir. Akademik performansın değerlendirilmesi için; kolay, akademisyenlerin verilerini aynı bazda değerlendirebilen, esnek, sözel olarak ifade edilen ölçütleri sayısallaştırabilen bir model yoktur. "Akademik yükseltilme ve atanma ölçütleri" adı altında sıralanan ölçütler ve bunların puanlarından oluşan sistemler kullanılmaktadır. Kullanılan ölçütlerin ağırlıklarının saptanması da ayrı bir tartışma konusudur. Akademik performans değerlendirme problemi içerdiği belirsizlik ve ancak öznel değerlendirilebilen ölçütleri ve ölçütlerin hiyerarşik yapısı nedeniyle, birçok ölçütlü bulanık karar verme problemi olarak modellenmeye uygun görülmüş ve bu çalışmada, bulanık analitik hiyerarşi prosesi esaslı bir model çalışması yapılmıştır. Chang'in bulanık analitik hiyerarşi prosesi modelinin temel alındığı çalışmada üç ayrı bulanık sıralama yöntemi kullanılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: *Akademik performans, bulanık AHP, üçgensel bulanık sayılar, bulanık sıralama.*

A fuzzy model for academic performance evaluation

Abstract

Academic performance is the value of an academician evaluated by considering various criteria at the same time. There exits no easy to use and flexible model for academic performance evaluation, which can evaluate the data for each academician on a common basis and can easily quantify the linguistic data. The existing systems use a set of criteria with their related set of points for the purpose of academic promotion. Determination of the weights of those criteria is also another subject of discussion. Considering the uncertainty involved and the criteria which can only be evaluated subjectively and the hierarchical structure of those criteria; the academic performance evaluation problem seemed appropriate to be modelled as a fuzzy multi attribute decision making problem. A fuzzy analytical hierarchy process (AHP) based model is used. Different fuzzy ranking methods one of which was proposed by Liou and Wang and the other one was proposed by Abdel–Kader and Dugdale are used in the model which is based upon Chang's fuzzy AHP model. It is observed that Chang's method gives more reasonable results when used with other fuzzy ranking methods. The model is tested with the data for three academicians by using three main criteria, namely: Research, education and service and their subcriteria. Sensitivity analysis is done by changing only one of the criterions.
Keywords: *Academic performance, fuzzy AHP, triangular fuzzy numbers, fuzzy ranking.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Dilek KAPTANOĞLU. dilekk@yeditepe.edu.tr.
Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ İşletme Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Akademik performans değerlendirmesi için bir çok ölçütlü bulanık karar verme modeli" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 28.12.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 21.03.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.07.2006 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Mükemmel üniversiteler ancak mükemmel öğretim üyeleri ile var olabilirler. Son yıllarda uygulamaları pek çok üniversitede gözlenebilen toplam kalite yönetimi ve akreditasyon çalışmaları çerçevesinde "öğretim üyelerinin değerlendirilmesi" ya da başka bir deyişle "akademik performansın değerlendirilmesi" kaçınılmaz olmuştur. Ancak üniversitelerde bu konuda nasıl bir uygulama yapıldığına bakıldığında çok net tanımlanmış, belli bir standardı olan bir uygulama görülmemektedir. Üniversitelerde kullanılan, "akademik yükseltme ve atama ölçütleri" şeklinde tanımlanan puanlama sistemleridir. Bu puanlama sistemleri ise üniversiteden üniversiteye hem kullanılan ölçütler hem de ölçütlerin ağırlıkları açısından önemli farklılıklar göstermektedir.

Akademik performansın değerlendirilmesi için; kullanımı kolay, her akademisyene ait verileri ortak bir bazda değerlendirebilen, esnek, sözel değişkenlerle ifade edilen ölçütleri kolaylıkla sayısallaştırabilen bir model yoktur. Akademik performans değerlendirme problemi içerdiği belirsizlik ve ancak öznel değerlendirilebilen ölçütleri ve ölçütlerin hiyerarşik yapısı nedeniyle, "çok ölçütlü bulanık performans değerlendirme problemi" olarak modellenmeye uygun görülmüş ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi esaslı bir model çalışması yapılmıştır. Modelde üç ayrı bulanık sıralama yöntemi kullanılmış ve sıralama yönteminin sonuçları nasıl etkilediği tartışılmıştır.

Akademik Performans Değerlendirme (APD) – Ölçütler ve hiyerarşik yapısı

"Akademik performans" veya "bilimsel performans" diye ifade edeceğimiz öğretim üyesinin performansı nedir? Öğretim üyelerini performanslarına göre sıralamak istersek bunu nasıl yapabiliriz?

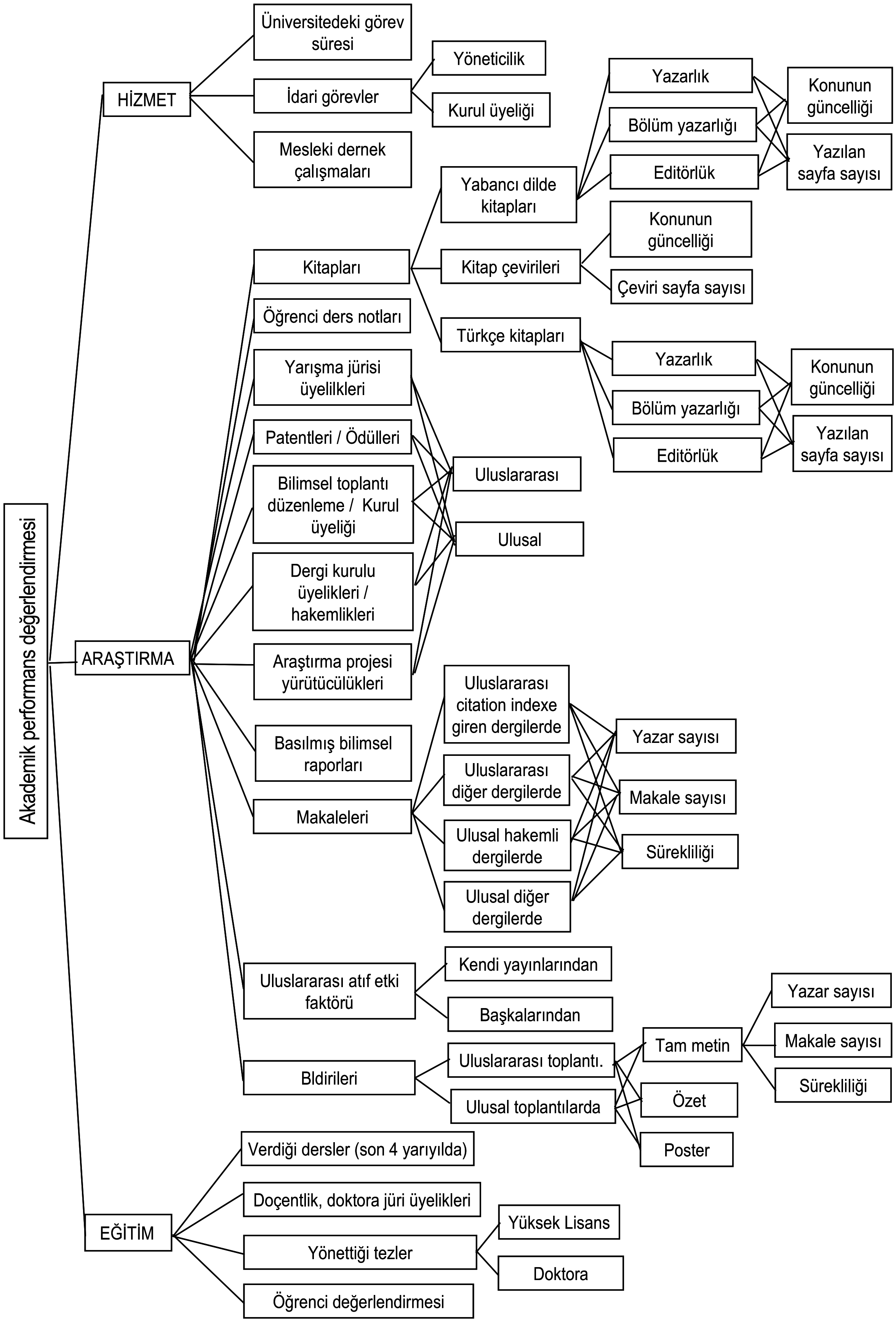
Genelde ölçüt sayısı fazla olan çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) problemlerinde olduğu gibi, bu problemde de ölçütlerin bir hiyerarşik yapısı olduğu görülmektedir. Akademik performans değerlendirmesinde gerek Türkiye'de değişik üniversitelerde, gerekse diğer ülkelerde bu konuda yapılan çalışmalarda kullanılan pek çok ölçüt bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan ölçütler bu mevcut sistemlerden derlenmiş olup, diğer ülkelerdeki uygulamalar için Arreola'nın sistemi göz önüne alınmıştır (Arreola, 2000).

APD probleminde seçenekler, birbirleriyle ikili kıyaslamaları yapılarak performans değerlerine göre sıralaması yapılacak olan akademisyenler, ölçütler ise aşağıda ayrıntıları verilen, "Eğitim", "Araştırma" ve "Hizmet" ana ölçütleri altında hiyerarşik bir yapıda toplanmış olan pek çok mevcut değerlendirme sisteminde kullanılan ölçütlerdir. Şekil 1'de bu ölçütlerin hiyerarşik yapısı görülmektedir. Oldukça fazla ölçüt içeren şekli daha karmaşık hale getirmemek için en alt seviyede seçenekler gösterilmemiştir. Ayrıca yine aynı nedenle alt seviyelerde aynı ölçütler tekrarlandığında bunlar sadece bir kez gösterilip, ilgili oldukları üst seviyelere oklarla bağlanmışlardır. Örneğin, yazar sayısı, makale sayısı ve süreklilik alt ölçütleri makaleler ölçütünün altındaki tüm ölçütler için geçerlidir. Bu üç alt ölçütü de dört kez tekrar çizmek yerine Şekil 1'de çapraz oklar kullanılmıştır. Ancak tabii ki ikili kıyaslama matrisleri oluşturulurken ayrı ayrı ele alınmışlardır.

Ana ölçütler: Eğitim, Araştırma ve Hizmet olarak alınmıştır. Bu ölçütlerden en çok alt ölçütü olan araştırma ölçütüdür.

<u>ARAŞTIRMA</u> ana ölçütünün alt ölçütleri ve onların alt ölçütleri, en alt seviyeye kadar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

1. Kitapları
    - 1.1. Yabancı dilde kitapları
        - 1.1.1. Yazarlık
            - 1.1.1.1. Konunun güncelliği
            - 1.1.1.2. Yazılan sayfa sayısı
        - 1.1.2. Bölüm yazarlığı
            - 1.1.2.1. Konunun güncelliği
            - 1.1.2.2. Yazılan sayfa sayısı
        - 1.1.3. Editörlük
            - 1.1.3.1. Konunun güncelliği
    - 1.2. Türkçe kitapları
        - 1.2.1. Yazarlık
            - 1.2.1.1. Konunun güncelliği
            - 1.2.1.2. Yazılan sayfa sayısı
            - 1.2.1.3. Yazılan sayfa sayısı



Şekil 1. Akademik performans değerlendirmesi ölçütleri hiyerarşisi

1.2.2. Bölüm yazarlığı
1.2.2.1. Konunun güncelliği
1.2.2.2. Yazılan sayfa sayısı
1.2.3. Editörlük
1.2.3.1. Konunun güncelliği
1.2.3.2. Yazılan sayfa sayısı
1.3. Kitap Çevirileri
1.3.1. Konunun güncelliği
1.3.2. Yazılan sayfa sayısı

*Yazılan sayfa sayısı = $\sum_j$ (Sayfa sayısı/yazar sayısı)

j=1,2,..,n (n =Toplam kitap)

2. Alanında basılı öğrenci ders notları
3. Yarışma jürisi üyelikleri
4. Patentleri / ödülleri
5. Bilimsel toplantı düzenleme / kurul üyeliği
6. Dergi kurul üyelikleri / hakemlikleri
7. Araştırma projesi yürütücülükleri
8. Basılmış bilimsel raporları

Yarışma jürisi üyelikleri, Patentleri / ödülleri, Bilimsel toplantı düzenleme / kurul üyeliği, Dergi kurul üyelikleri / hakemlikleri, Araştırma projesi yürütücülükleri alt ölçütleri de bir alt seviyede "uluslararası" veya "ulusal" olması şeklinde ele alınmıştır.

9. Makaleleri
9.1. Uluslararası citation indekse giren dergilerdeki makaleleri. Expanded Science Citation Index (SCI), Social Sciences Citation Index (SSCI) ve Arts & Humanities Citation Index (AHCI)'de taranan.
9.1.1. Yazar sayısı
9.1.2. Makale sayısı
9.1.3. Sürekliliği
9.2. Uluslararası diğer dergilerdeki makaleler
9.2.1. Yazar sayısı
9.2.2. Makale sayısı
9.2.3. Sürekliliği
9.3. Ulusal hakemli dergilerdeki makeleler
9.3.1. Yazar sayısı
9.3.2. Makale sayısı
9.3.3. Sürekliliği
9.4. Ulusal diğer dergilerdeki makaleler
9.4.1. Yazar sayısı
9.4.2. Makale sayısı
9.4.3. Sürekliliği

Yukarıda sayılan tüm makale alt ölçütleri için bir alt seviyede "yazar sayısı", "makale sayısı" ve "sürekliliği" ölçütleri ile mevcut puanlama sistemlerinde tam olarak göz önüne alınamayan bazı ölçütlerin ağırlıklarının da modele katılması sağlanmıştır. Süreklilik ölçütü ile makale sayısı birlikte ele alındığında, sadece adede bakılmasından daha anlamlı olmaktadır. Böylece bir dönem yoğun bir şekilde yayın yapıp artık yapmayanla, düzgün bir şekilde araştırmalarına devam eden ayrılabilecektir.

10. Uluslararası atıf etki faktörü
10.1. Kendi yayınlarından
10.2. Başkalarının yayınlarından

Uluslararası atıf etki faktörü ölçütü ile ilgili olarak, atıf sayısına toplam olarak bakmak yerine diğer araştırıcılar tarafından yapılan atıflarla, kendi yayınlarından diğer yayınlara yapılan atıfları ayırmak gerekmektedir. Kendi atıflarını tamamen saymamak da puanlama sistemlerinin bazılarında kullanılan bir yaklaşımsa da bunları farklı ağırlıklandırmak daha uygundur.

11. Bildirileri
11.1. Uluslararası toplantılarda sunulan bildiriler
11.1.1. Tam metin
Hakemli Uluslararası Bilimsel Toplantılarda sunulan, tartışılmış ve bildiriler kitabında yayımlanmış tam metinli uluslararası bildiriler.
11.1.1.1. Yazar sayısı
11.1.1.2. Bildiri sayısı
11.1.1.3. Sürekliliği
11.1.2. Özet
Hakemli uluslararası toplantılarda sunulan bildirilerin, bildiriler kitabında yayınlanmış özetleri (abstractları).
11.1.3. Poster
Özet ve poster olan bildiriler tam metin olan bildiriler kadar önemli olmadığı için burada tam metindekine benzer şekilde alt açılıma gerek görülmemiştir.
11.2. Ulusal toplantılarda sunulan bildiriler
11.2.1. Tam metin
11.2.1.1. Yazar sayısı
11.2.1.2. Bildiri sayısı

11.2.1.3. Sürekliliği
11.2.2. Özet
11.2.3. Poster

<u>HİZMET</u> ana ölçütünün alt ölçütleri ve onların alt ölçütleri, en alt seviyeye kadar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

1. Üniversitede görev süresi
2. İdari görevler
   2.1. Yöneticilik
   Rektör, Dekan, Enstitü Müdürü, Bölüm Başkanı ve Anabilim Dalı Başkanları ile Yardımcıları
   2.2. Kurul üyeliği
   Senato, Yönetim Kurulu, Fakülte Yönetim Kurulu, Enstitü Yönetim Kurulu
3. Mesleki dernek ve benzeri çalışmalar

<u>EĞİTİM</u> ana ölçütünün alt ölçütleri ve onların alt ölçütleri, en alt seviyeye kadar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

1. Son dört yarıyıldır verdiği dersler
2. Yönettiği tezler
   2.1. Yüksek lisans tezleri
   2.2. Doktora tezleri
3. Doçentlik, doktora, yüksek lisans jüri üyelikleri
4. Öğrenci değerlendirmesi sonuçları

Bulanık kümeler kuramı

Hepimiz bilmekteyiz ki gerçek hayatta, pek çok durumun kesin tanımını yapmak olanaksızdır. Bunun sebebi gerçek hayattaki yüksek derecedeki belirsizliktir. Bulanık kümeler kuramı, 1965 yılında Zadeh'in, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemle, özellikle insanları içeren kısmen karmaşık sistemlerle uğraşırken yetersiz kalmasından hoşnut olmayışından doğmuştur. Bulanık kümeler kuramı, muğlâk ve belirsiz olan problemlerin çözülmesi için geliştirilmiştir. Zadeh'ten bu yana bulanık mantık ve bulanık kümeler kuramı pek çok alanda uygulama bulmuş ve hızla gelişmiştir.

"Pek açık değil", "muhtemelen öyledir", "çok muhtemel", "çok iyi", "vasat" ve daha pek çoğunu sayabileceğimiz bu ifadeleri günlük hayatımızda sıkça işitiriz. Bulanık kümeler kuramına göre, kümedeki her bir eleman, klasik küme kuramında olduğu gibi "kümeye ait" ya da "kümeye ait değil" olarak, bir başka deyişle 0 veya 1 şeklinde değil, bir dereceye kadar üye olarak görülür. X bir evrensel küme olsun. **Ã** bulanık kümesini tanımlayan üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x):X \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanır.

Bulanık sayılar

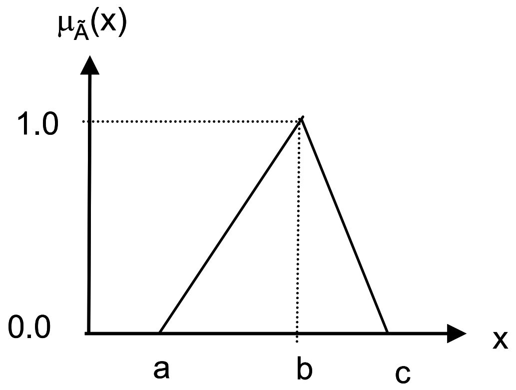
Bulanık sayılar, reel sayıların bir bulanık alt kümesidir ve "güvenlik aralığı" fikrinin gelişmiş halini temsil ederler. Dubois ve Prade'e göre bulanık sayılar şu özelliklere sahip olmalıdırlar (Dubois ve Prade, 1983). Üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x):R \rightarrow [0,1]$ olan "**Ã**" bulanık sayısı için:

- $\mu_{\tilde{A}}(x)$, Reel sayılar kümesinden 0,1 kapalı aralığına bir sürekli fonksiyondur
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ bir konveks bulanık altkümedir
- $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$ yapan bir bir x_0 sayısı vardır.

Üçgensel Bulanık Sayılar (ÜBS)

Üyelik fonksiyonu (1)'de görülen Ã bulanık sayısı, bir üçgensel bulanık sayıdır (ÜBS). Burada $a \leq b \leq c$'dir ve a en küçük olası değeri, b en umut verici değeri, c ise en büyük olası değeri göstermektedir. Bir ÜBS genellikle (a,b,c) şeklinde gösterilir. Şekil 2'de Ã üçgensel bulanık sayısının üyelik fonksiyonu görülmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 0 & , \quad x > c \end{cases} \tag{1}$$



Şekil 2.(a,b,c) Üçgensel bir bulanık sayısının üyelik fonksiyonu

Özellikle çok ölçütlü bulanık karar verme problemlerinde yaygın bir biçimde kullanılan üçgensel bulanık sayılarla temel aritmetik işlemler şu şekildedir:

$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ iki ÜBS olsun;

Toplama $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (a_1 + a_2,\ b_1 + b_2,\ c_1 + c_2)$ (2)

Çarpma $\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (a_1 x\, a_2,\ b_1 x\, b_2,\ c_1 x\, c_2)$ (3)

Bölme $\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (a_1 / c_2,\ b_1 / b_2,\ c_1 / a_2)$ (4)

Negatif $-\tilde{A}_1 = (-a_1, -b_1, -c_1)$ (5)

Tersi $1/\tilde{A}_1 \approx (1/c_1, 1/b_1, 1/a_1)$ (6)

Bulanık sayıların sıralanması

Bulanık sayılar muğlak, kesin tariflenemeyen ortamlarda, bu değerleri sayılaştırabilmek için kullanıldığından, çeşitli uygulamalar açısından bulanık sayıların birbirleriyle kıyaslanabilmesi yada sıralanması oldukça önemlidir. Bulanık sayıların sıralanması yada derecelendirilmesi bulanık optimizasyon ve bulanık karar verme yöntemlerindeki temel problemdir.

Bulanık değerlerin sıralanması bulanık kümelerin değişik özelliklerine dayalı olarak yapılmaktadır. Bunlar çekim merkezi, üyelik derecesi fonksiyonu altındaki alan veya bazı kesişim noktalarıdır. Doğal olarak farklı sıralama yöntemleri aynı veriler için değişik sıralama sonuçları verebilecektir (Chen ve Hwang, 1992).

Bulanık sayılar, reel sayılarda olduğu gibi doğal bir sıra oluşturmadıkları için, bulanık sayıları sıralamak için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Literatürde bu konuda pek çok çalışmaya rastlanmaktadır. Her yöntemin kendine göre avantajları ve dezavantajları vardır ve hangi yöntemin eniyi olduğu konusunda karar verebilmek oldukça güçtür. McCahon ve Lee (1990), Bortolan ve Degani (1985), Chen ve Hwang (1992), Prodanovic ve Simonovic (2002) değişik sıralama yöntemlerini kıyaslamaktadırlar. Söz konusu problemin karmaşıklığına, hassasiyetine, yorumlanabilme kolaylığına ve bulanık sayıların şekline bağlı olarak değişik sıralama yöntemleri kullanılmaktadır.

Bulanık sayıları sıralamak için yaygın bir şekilde kabul görmüş olan bir yöntem ilk olarak Baas ve Kwakernaak (1977) tarafından önerilmiştir. Tong ve Bonissone (1980), "baskınlık ölçüsü" kavramını tanımlayıp bunun Baas ve Kwakernaak'ın sıralama ölçüsüne denk olduğunu ispatlamışlardır. Daha sonra bu yöntem Buckley (1985) tarafından da kullanılmıştır.

Literatür taraması sonucu pek çok bulanık sıralama yöntemi olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerin bazıları: Balwin ve Guild (1979), Chen (1985), Chen ve Klien (1997), Cheng (1998), Dubois ve Prade (1983), Kim ve Park (1990), Lee ve Li (1988), Liou ve Wang (1992), Abdel-Kader ve Dugdale (2001), Matarazzo ve Munda (2001), Modarres and Sadi-Nezhad (2001), Peneva ve Popchev (1998), Yao ve Wu (2000), Yager (1981), Ibrahim ve Ayyub (1998), Ibanez ve Munoz (1989) ve Raj ve Kumar (1999) dır.

Liou ve Wang'ın yöntemi (Liou ve Wang, 1992)

Liou ve Wang'ın toplam entegral değer yönteminde; $\alpha \in [0,1]$ iyimserlik endeksi olmak üzere; $\tilde{A} = (a,b,c)$ şeklinde verilen ÜBS için, toplam entegral değer şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} I_T^{\alpha}(\tilde{A}) &= \frac{1}{2}\alpha(b+c) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(a+b) \\ &= \frac{1}{2}\left[\alpha c + b + (1-\alpha)a\right] \end{aligned} \qquad (7)$$

Karar vericinin iyimserlik endeksi olarak tanımlanan α; $0 \leq \alpha \leq 1$ dir. α büyüdükce iyimser bir karar verici, küçüldükçe de karamsar bir karar verici söz konusudur.

$\tilde{A}_i$ ve $\tilde{A}j$ bulanık sayıları için eğer

$I_T^{\alpha}(\tilde{A}_i) < I_T^{\alpha}(\tilde{A}_j)$ ise $\tilde{A}_i < \tilde{A}j$ (8)

$I_T^{\alpha}(\tilde{A}_i) = I_T^{\alpha}(\tilde{A}_j)$ ise $\tilde{A}_i = \tilde{A}j$ (9)

$I_T^{\alpha}(\tilde{A}_i) > I_T^{\alpha}(\tilde{A}_j)$ ise $\tilde{A}_i > \tilde{A}j$ (10)

Abdel-Kader ve Dugdale'ın yöntemi (Abdel-Kader ve Dugdale, 2001)

Abdel-Kader ve Dugdale'a göre, bir bulanık sayı (1) Tam üyelikler, (2) sağ taraftaki kısmi üyelikler ve (3) sol taraftaki kısmi üyelikler olmak üzere üç kısımdan oluşur. Mevcut sıralama yöntemleri ya sol taraftaki üyelikleri ya da her iki taraftaki üyelikleri yansıtmaktadır. Abdel-Kader ve Dugdale (2001), sıralama prosesinde bir bulanık sayının yukarıda sıralanan üç kısmını da dahil edecek yeni bir sıralama yöntemi önermektedirler. Proje değerlerini sıralamak için kullandıkları yöntemlerinde de $\alpha \in [0,1]$ iyimserlik endeksi kullanmaktadırlar.

$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$, $\tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$, $\tilde{A}_3 = (a_3, b_3, c_3)$

bulanık sayıları için ;

$S = (a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3)$

ve $V(\tilde{A}_k)$ *ise* $\tilde{A}_k$ *'nın değeri olsun.*

$$V(\tilde{A}_k) = (\mathrm{b}_k)\left\{(\alpha)\left[\frac{c_k - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min} + c_k - b_k}\right] + (1-\alpha)\left[1 - \frac{x_{\max} - a_k}{x_{\max} - x_{\min} b_k - a_k}\right]\right\} \tag{11}$$

$$x_{min} = \inf S \tag{12}$$

$$x_{max} = \sup S \tag{13}$$

Bulanık AHP yöntemleri

Literatürde pek çok bulanık AHP uygulaması mevcuttur. Çeşitli araştırmacılar tarafından, bulanık kümeler kuramını ve hiyerarşik yapıyı kullanarak çok ölçütlü ortamda en iyi seçeneği belirlemeğe veya seçenekleri sıralamaya yönelik çeşitli yöntemler sunulmuştur. Kıyaslama prosesinin bulanık doğasından dolayı karar vericiler ikili kıyaslamalarını sabit bir değer olarak belirlemektense, bir aralık üzerinde ifade etmeyi tercih etmektedirler.

Bulanık AHP konusunda ilk çalışma, üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrytcz (1983), tarafından yapılmıştır. Daha sonra Buckley (1985), yamuk bulanık sayıları kullanarak bir model geliştirmiştir. Chang (1996), bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgensel bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertebe değerleri için mertebe analizi yöntemini kullanarak bulanık AHP'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur.

Cheng (1996), denizden atılan taktik füze sistemlerinin değerlendirilmesi için, üyelik fonksiyonunun değerine dayanan bir bulanık AHP yöntemi kullanmıştır. Weck ve diğerleri (1997), farklı üretim döngüsü seçeneklerini, klasik AHP'ye bulanık mantık matemağini ekleyerek değerlendiren bir yöntem sunmuşlardır. Bu şekilde değerlendirilen her üretim döngüsü bir bulanık küme oluşturmakta ve kümenin yüzey ağırlık merkezini oluşturarak netleştirilebilmiştir.

Pek çok uygulamada Saaty'nin Analitik Hiyerarşi Prosesinin (Saaty, 1990, Vergas, 1990) değişik bulanık türevleri kullanılmıştır. Laarhoven ve Pedrycz (1983), Buckley (1985), Boender vd., (1989), Saaty'nin analitik hiyerarşi prosesini üçgensel bulanık sayılar kullanarak uygulamışlardır. Buckley'in yönteminin Boender'inkinden farkı, problemin çözümünün mutlaka ÜBS olması gerekmemesidir.

Bulanık aritmetik işlemlerle silah sistemlerinin değerlendirilmesi (Chen, 1996), askeriyede mermi taktik sistemlerinin değerlendirilmesi (Cheng, 1996 ve Cheng, 1999), turist risklerinin değerlendirilmesi (Tsaur ve diğ., 1997), havayolları şirketlerinin servis kalitesinin değerlendirilmesi (Tsaur ve diğ., 2002), Türkiyedeki yemek servisi veren firmalarda müşteri memnuniyetini değerlendirilmesi (Kahraman ve diğ., 2004), imalat sistemleri yatırımlarının değerlendirilmesi (Karsak ve Tolga, 2001), hem üçgensel, hem yamuk bulanık sayıları kullanarak bir deniz nakliye şirketinin performansının değerlendirilmesi (Chou ve Liang, 2001), mağazalarda algılanan hizmet kalitesini ölçmek (Chien ve Tsai., 2000), bilgisayar destekli imalat sistemlerinin seçimi (Bozdağ vd., 2003), için kurulmuş olan modellerdir. bulanık analitik hiyerarşi prosesinin uygulamalarının sadece bazılarıdır.

Chang'in Bulanık AHP yöntemi

X={$x_1,x_2,...,x_n$}, bir ölçüt kümesi ve U={$u_1,u_2,...,u_n$}, bir amaç kümesi olsun. Chang'in yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için mertebe analizi uygulanır. Böylece her bir ölçüt için ***m*** tane mertebe analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir.

$$M_{g_ş}^1, M_{g_i}^2, ..., M_{g_i}^m, \qquad i=1,2,......,n$$

Burada tüm $M_{g_ş}^j \; (j=1,2,.....,m)$ ler üçgensel bulanık sayılardır.

Chang'ın mertebe analizinin adımları şu şekilde özetlenebilir (Chang, 1996).

Adım 1: Ölçüt ***i*** ye göre bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \right]^{-1} \tag{14}$$

Buradaki $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$ değerini elde etmek için ***m*** mertebe analiz değerine (15)'de görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \tag{15}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \tag{16}$$

Sonra (16)'daki vektörün tersi elde edilir.

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \tag{17}$$

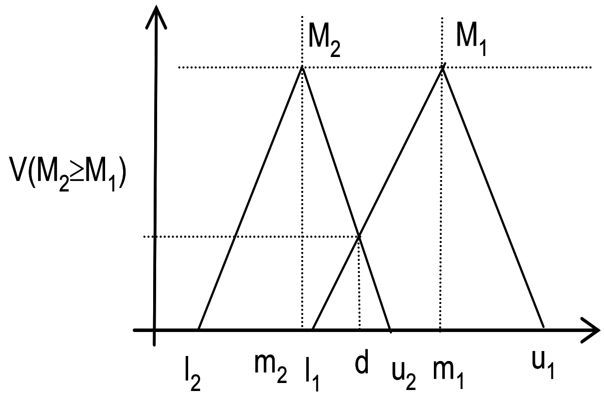
Adım 2: *$M_2 = (l_2,m_2,u_2) \geq M_1 = (l_1,m_1,u_1)$'* nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right] \tag{18}$$

Denk olarak (21)'deki gibi de ifade edilebilir:
$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2)$ veya

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diger} \end{cases} \tag{19}$$

Denk şekilde *$V(M_2 \geq M_1)$* i, *d* ,μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı olmak üzere Şekil 3'te görüldüğü gibi de ifade edebiliriz.



Şekil 3. M_1 ve M_2 arasındaki kesişim noktası

M_1 ve *M_2*'yi kıyaslayabilmek için *$V(M_2 \geq M_1)$* ve *$V(M_1 \geq M_2)$* değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının ***k*** tane konveks bulanık sayıdan M_i (i= 1,2,.,k) büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2,...,M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } V(M \geq M_2) \text{ ve ...ve } V(M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), \quad i=1,2,....,k \tag{20}$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), \tag{21}$$

olduğunu varsayalım, k=1,2,..,n; k≠i için ağırlık vektörü (22)'de görüldüğü gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T \tag{22}$$

Burada A_i (i=1,2,...,n) n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, (25)'deki gibidir. Burada W, bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W=(d(A_1),d(A_2),....,d(A_n))^T \quad (23)$$

Chang'in yönteminde, APD uygulamasında kullanılan bulanık önem dereceleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bulanık önem dereceleri

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit önem	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Biraz daha fazla önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Kuvvetli derecede önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Tamamıyla önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Bulanık APD modelinin uygulaması

Üç adet akademisyen için bulanık analitik hiyerarşi prosesi esaslı bir model olarak, yukarıda ayrıntıları anlatılan Chang'in AHP yöntemi kullanılmıştır. Ancak her ikili karşılaştırma matrisi için ağırlık vektörleri, Chang'in sıralama yöntemi dışında iki ayrı yöntem daha (Liou ve Wang, 1992 ile Abdel-Kader ve Dugdale, 2001) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Liou ve Wang , ile Abdel-Kader ve Dugdale'in sıralama yöntemleri iki ayrı α değeri için (α=0.5 ve α=0.75) için hesaplanmıştır. Ancak farklı α değerlerine göre edilen ağırlık vektörleri büyük farklılık göstermediklerinden sadece (α=0.5) için olan sonuçlar kullanılmıştır.

Tablo 2. Ana amaca göre bulanık ikili karşılaştırmalar matrisi

	H	A	E
H	1.00,1.00,1.00	0.11,0.14,0.20	0.13,0.16,0.25
A	5.00,7.00,9.00	1.00,1.00,1.00	1.00,1.33,2.08
E	3.98,6.08,7.61	0.48,0.75,1.00	1.00,1.00,1.00

Bu makalede sadece bazı temel hesaplamalar gösterilmektedir. Geliştirilmiş olan MS. Excel programı ile hesaplamalar kolaylıkla yapılabilmektedir. Örnek olarak, ana amaca göre bulanık ikili karşılaştırmalar matrisini inceleyelim.

Tablo 2'deki değerlerden ve (14)'ü kullanarak elde edilen sentetik değerler:

Burada: H=Hizmet, A=Araştırma, E=Eğitim dir.

$$S_H = (1.24, 1.31, 1.45) \otimes (1/23.14, 1/18.47, 1/13.70) = (0.054, 0.071, 0.106)$$

$$S_A = (7.00, 9.33, 12.08) \otimes (1/23.14, 1/18.47, 1/13.70) = (0.302, 0.502, 0.882)$$

$$S_E = (5.46, 7.84, 9.61) \otimes (1/23.14, 1/18.47, 1/13.70) = (0.236, 0.424, 0.701)$$

(21)'i kullanarak elde edilen değerler:

$V(S_H>=S_A) = 0.00$
$V(S_H>=S_E) = 0.00$
$V(S_A>=S_H) = 1.00$
$V(S_A>=S_E) = 1.00$
$V(S_E>=S_H) = 1.00$
$V(S_E>=S_A) = 0.83^*$

$$V(S_E>=S_A) = \frac{0.302-0.701}{0.424-0.701-0.502+0.302} = 0.83$$

$d(H) = \min(0.00, 0.00) = 0.00$
$d(A) = \min(1.00, 1,00) = 1.00$
$d(E) = \min(1.00, 0.83) = 0.83$
$w = (0.00, 1.00, 0.83)^T$ dir.

Normalize edilmiş ağırlık vektörü:

$w = (0.00/1.83, 1.00/1.83, 0.83/1.83)$
$w = (0.00, 0.54, 0.45)^T$ dir. (Chang, 1996)

<u>(Liou ve Wang, 1992 - α = 0.5)</u>
Denklem (7) ile,

$$I_T^{\alpha}(H) = \frac{1}{2}\left[0.5\times 0.106 + 0.071 + (1-0.5)\times 0.054\right] = 0.076$$

$$I_T^{\alpha}(A) = \frac{1}{2}\left[0.5\times 0.882 + 0.502 + (1-0.5)\times 0.302\right] = 0.547$$

$$I_T^{\alpha}(E) = \frac{1}{2}\left[0.5\times 0.701 + 0.424 + (1-0.5)\times 0.236\right] = 0.446$$

$0.076 + 0.547 + 0.446 = 1.069$

Normalize edilmiş ağırlık vektörü:

$w = (0.076/1.069 , 0.547/1.069, 0.446/1.069)$
$w = (0.07, \; 0.51, 0.42)^T$ dir.

(Abdel-Kader ve Dugdale, 2001 $\alpha = 0.5$)

$x_{min} = 0.054 \qquad x_{max} = 0.882$

Denklem (11) ile,

$$V(H) = (0.071)\left\{\begin{aligned} &(0.5)\left[\frac{0.106-0.054}{0.882-0.054+0.106-0.071}\right] \\ &+(1-0.5)\left[1-\frac{0.882-0.054}{0.882-0.054+0.071-0.054}\right]\end{aligned}\right\} = 0.003$$

$$V(A) = (0.502)\left\{\begin{aligned} &(0.5)\left[\frac{0.882-0.054}{0.882-0.054+0.882-0.502}\right] \\ &+(1-0.5)\left[1-\frac{0.882-0.302}{0.882-0.054+0.502-0.302}\right]\end{aligned}\right\} = 0.284$$

$$V(E) = (0.424)\left\{\begin{aligned} &(0.5)\left[\frac{0.701-0.054}{0.882-0.054+0.701-0.424}\right] \\ &+(1-0.5)\left[1-\frac{0.882-0.236}{0.882-0.054+0.424-0.236}\right]\end{aligned}\right\} = 0.202$$

Normalize edilmiş ağırlık vektörü:

$w = (0.003/0.489, 0.284/0.489, 0.202/0.489)$
$w = (0.01, \; 0.58, 0{,}41)^T$ dir.

Sonuçların yorumlanması

Model, üç akademisyen için çalıştırılmıştır. A, B, ve C akademisyenlerinin değişik sıralama yöntemleriyle performans puanları şu şekilde Tablo 3'teki gibi bulunmuştur.

Tablo 3. Değişik sıralama yöntemleriyle elde edilen performans değerleri

	Chang	Liou ve Wang	Abdel-Kader
A	0.759	0.505	0.760
B	0.126	0.241	0.116
C	0.115	0.211	0.123

Tablo 3'te görüldüğü gibi A, hangi sıralama yöntemi olursa olsun büyük bir farkla ilk sırada yer almaktadır. Ancak B ve C'nin değerleri ilginç bir durum sergilemektedir. Chang'in yöntemiyle ve Liou ve Wang'ın toplam entegral yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre B, C'ye göre üst sırada yer alırken, Abdel-Kader'in yöntemine göre C, B'den üstün çıkmaktadır.

Ancak tek bir ölçütte yapılan ufak bir değişiklik bu durumu değiştirmektedir. Akademisyenlerin uluslarası patentleri / ödülleri ölçütüne göre değerlendirilmesinde, B ve C eşit durumdadır. Bu eşitliği B, C'den biraz daha iyi olacak şekilde değiştirmemiz durumunda, sonuçlar Tablo 4 de görüldüğü gibi değişmektedir.

Tablo 4. Tek bire ölçüt için yapılan değişikliğin neticeye yansıması

	Chang	Liou ve Wang	Abdel-Kader
A	0.711	0.499	0.744
B	0.174	0.251	0.133
C	0.115	0.208	0.123

Tablo 4'te görüldüğü gibi, tek bire ölçüt için (ödül, patent ölçütü) yapılan değişikliğin neticeye yansıması, B ve C seçenekleri arasındaki değişik sıralama yöntemleriyle farklı çıkan sıralamanın düzelmesi şeklindedir.

Sonuçlar ve öneriler

Akademik performansın doğru olarak değerlendirilmesi, kalitenin belirlenmesi ve akreditasyon açısından da önemlidir. Pek çok ölçüte bağlı olan akademik performansın değerlendirmesinin bir "çok ölçütlü bulanık karar verme" problemi olarak ele alınıp çözülebileceği görülmüştür.

Model esnek yapısından dolayı geliştirilmeye açıktır. Ölçütleri daha ayrıntılı bir biçimde ele almak ve hassasiyet anlalizleri ile ana hedefe etkilerini gözlemek mümkündür. Ya da Kuo ve Chen (2002) gibi ayrıntılı alınan alt ölçütleri birleştirmek için faktör analizi kullanılabilir. Chang'in sıralama yöntemi çok kez aslında çok küçük olan performans değerlerini sıfır olarak seçmekte ve muhtemel hatalı sonuçlara sebep olmaktadır. Sonuçta ağırlık vektörleri birleştirilerek ana hedefe doğru hesap yapılırken, çarpanlardan birinin sıfır olması, aslında önemli etkisi olabilecek bazı değerleri yok etmektedir. Örneğin ana ölçütlerin normalize edilmiş ağırlıklarına bakarsak, diğer sıralama yöntemlerine göre de oldukca küçük bir değer alan "Hizmet" ölçütünün ağırlığı, Chang'ın yöntemiyle sıfır olarak alınmaktadır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlardan biri olarak, Chang'in yönteminin farklı bir sıralama yöntemiyle kullanılması daha uygundur diyebiliriz. Üstelik bu yöntemde, matris boyutu büyüdükçe, ikili kıyaslamaların adedi de büyümektedir. Örneğin; araştırma ölçütünün altındaki 11x11 lik matris için 11'in ikili permutasyonu kadar, yani 110 adet kıyaslama gerekmektedir.

Bulanık AHP yönteminden sonra, hemen hemen tüm ÇÖKV yöntemlerinın bulanık uyarlamaları yapılmıştır. Örneğin, bulanık TOPSIS yöntemi de APD problemine uygulanabilir.

Bu çalışmada, APD probleminin bir çok ölçütlü bulanık karar verme problemi olarak çözülebileceği gösterilmiştir. Benzer bir model bir fakültenin hatta üniversitenin performans değerlendirmesi için de kullanılabilir.

Kaynaklar

Abdel-Kader, M.G., ve Dugdale, D., (2001) Evaluating investments in advanced manufacturing technology: A fuzzy set theory approach, *British Accounting Review,* 33, 455–489.

Arreola, R.A., (2000). Developing a Comprehensive Faculty Evaluation System: A Handbook for College Faculty and Administrators*, Anker Publishing.*

Baas, S.M., ve Kwakernaak, H., (1977). Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets, *Automatica*, 13, 47-58.

Baldwin, J.F., ve Guild, N.C., (1979). Comparison of fuzzy sets on the same decision space, *Fuzzy Sets and Systems,* 2, 213-231.

Boenders, C.G.E, Graan, J.G., ve Lootsma, F.A., (1989). Multicriteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons, *Fuzzy Sets and Systems,* 29, 133-143.

Bortolan, G., ve Degani, R., (1985). A Review of Some Methods for Ranking Fuzzy Subsets, *Fuzzy Sets and Systems,* **15**, 1-19.

Bozdağ, C.H., Kahraman, C. ve Ruan, D. (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems, *Computers in Industry*, **51**, 1, 13–29.

Buckley, J.J., (1985). Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems,* **17**, 233-247.

Buckley, J.J, (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems,* **15**, 21-31.

Campos Ibanes, L.M., ve Gonzales Munoz, A., (1989). A subjective approach for ranking fuzzy subsets, *Fuzzy Sets and Systems,* **29**, 145-153.

Chang D.Y., (1996). Applications of the extent analysis method of fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research,* 95, 649-655.

Chen, C.B, ve Klein, C.M., (1997). A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics–Part B: Cybernetics*, 27, 1, 26-35.

Chen, Shu-Chen ve Hwang, C., in Collaboration with Hwang, F. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag.

Chen S. M., (1996). Evaluating weapon systems using fuzzy arithmetic operations, *Fuzzy Sets and Systems,* **77**, 265-276.

Chen, S. H., (1985). Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set, *Fuzzy Sets and Systems,* **17**, 113-129.

Cheng, C.H., (1996). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on grade value of membership function, *European Journal of Operational Research,* 96, 343-350.

Cheng, C.H., (1998). A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method, Fuzzy Sets and Systems 95, 307-317.

Cheng, C.H., (1999). Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems,* **107**, 25-35.

Chien, T.Y., ve Tsai, H.H., (2000). Using fuzzy numbers to evaluate perceived service quality, *Fuzzy Sets and Systems,* **116**, 289-300.

Chou, T.Y., ve Liang, G.S., (2001). Application of fuzzy multicriteria decision making model for shipping company performance evaluation, *Maritime Policy and Management,* 28, 375-392.

Dubois, D., ve Prade, H., (1983). Ranking of Fuzzy numbers in the setting of possibility theory, *Information Sciences,* 30, 183-224.

Ibanez, L.M.C, ve Munoz, A.G., (1989). A subjective approach for ranking fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems*, 29, 145-153.

Ibrahim, A. ve Ayyub, B.M., (1992). Multi-Criteria ranking of components according to their priority for inspection, *Fuzzy Sets and Systems*, **48**, 1-14.

Kahraman, C., Cebeci, U., ve Ruan, D., (2004). Multi-attribute comparison ofcatering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics* 87, 171–184

Karsak, E.E., ve Tolga, E., (2001). Fuzzy multi-criteria decision making procedure for evaluating advanced manufacturing system investments, *International Journal of Production Economics,* 69, 49-64.

Kim, K., ve Park, K.S., (1990). Ranking fuzzy numbers with index of optimism, *Fuzzy Sets and Systems,* **35**, 229-241.

Kuo Y-F, Chen, L-S, (2002). Using the Fuzzy Synthetic Decision Approach to Assess the Performance of University Teachers in Taiwan, *International Journal of Management,* **19**, 4, 593-603.

Laarhoven, P.M.J., ve Pedrycz, W., (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems,* **11**, 229-241.

Lee, E.S., ve Li, R.J., (1988). Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events, *Computers and Mathematics with Applications*, **15**, 10. 887-896.

Liou, T.S., ve Wang, M.J., (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value, *Fuzzy Sets and Systems,* **50**, 247-255.

Matarazzo, B., ve Munda, G., (2001). New approaches for the comparison of L-R fuzzy numbers: a theoretical and operational analysis, *Fuzzy Sets and Systems,* **118**, 407-418.

McCahon, C.S., ve Lee, E.S., (1990). Comparing fuzzy numbers: The proportion of the optimum method, *Approximate Reasoning,* 4, 159-163.

Modarres, M., ve Sadi-Nezhad, S., (2001). Ranking fuzzy numbers by preference ratio, *Fuzzy Sets and Systems,* **118**, 429-436.

Peneva, V., ve Popchev, I., (1998). Comparison of clusters from fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems,* **97**, 75-81.

Prodanovic,P., ve Simonovic, S.P., (2002), Comparison of fuzzy set ranking methods for implementation in water resources decision-making, *Canadian Journal of Civil Engineering,* 29, 692-701

Raj, P.A., ve Kumar, D.N., (1999). Ranking alternatives with fuzzy weights using maximizing set and minimizing set, *Fuzzy Sets and Systems,* **105**, 365-375.

Saaty, T.L., (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process, *European Journal of operational Research,* 48, 9-26.

Tong, R.M., ve Bonissone, P.P., (1980). A linguistic approach to decision making with fuzzy sets, *IEEE Transactions Systems Man Cybernetics,* SMC-10, 716-723.

Tsaur, S.H., Tzeng, G.H., ve Wang, K.C., (1997). Evaluating tourist risks from fuzzy perspectives, *Annals of Tourism Research,* 24, 796-812.

Tsaur, S.H., Chang, T.Y., ve Yen, C.H., (2002). The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM, *Tourism Management,* 23, 107-115.

Weck, M., Klocke, F., Schell, H., ve Rüenauver, E., (1997). Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method, *European Journal of Operational Research,* 100, 351-366.

Yager, R.R., (1981). A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval, *Information Sciences* 24, 143-161.

Yao, J.S., ve Wu, K., (2000). Ranking fuzzy numbers based on decomposition principle and signed distance, *Fuzzy Sets and Systems,* **116**, 275-288.

Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy Sets, *Information and Control,* 8, 338-353.