

2. Yapı İşletmesi Kongresi  
15-16-17 Haziran 2000, İzmir

## Bulanık Küme Kavramı Ve Yapı İşletmesinde Uygulama Örnekler

*Ekrem MANİSALI<sup>1</sup>*

### ÖZET

Bu çalışmada, özellikle mühendislik alanında çok hızlı bir uygulama alanı bulan ve her geçen gün teorik ve uygulama açısından hızlı gelişmeler kaydetmekte olan bulanık küme kavramı açıklanarak tanıtılacaktır. İnşaat projeleri yapıları gereği her zaman risk ve belirsizlik taşımaktadırlar. Proje yönetiminin ilk ve temel esaslarını, yöneteceği projenin/projelerin taşımakta olduğu belirsizliklerin ve bu belirsizlik altında yapacağı tahminlerin ne olabileceğini, tiplerini ve boyutlarını doğruya yakın kestirebilmesi oluşturur. Böylesine zor ve çetin bir görevin başarıyla yerine getirilmesinde bulanık küme kavramından faydalanmanın önemi açıktır.

Bulanık planlama, kontrol ve yönetim felsefesi ve bu alandaki metodlar incelenerek, Yapı İşletmesi alanında yazarın edindiği bilgi birikimi ile verilen örnekler sonucu konunun daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır.

### 1. BULANIK KÜME KURAMI TEMEL KAVRAMLARI

Klasik küme kuramında, her bir eleman ya bir kümenin elemanıdır ya da değildir [yani,  $A = \{x/x \text{ bir } L \text{ çizgisine örneğin bir fay hattına aittir}\}$ ; bu nedenle,  $x$  elemanı ya fay üzerindedir, ya da değildir]. Bir bulanık

<sup>1</sup> İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölölümü, Avcılar, İstanbul

kümede, her bir eleman "0" ile "1" aralığında,  $\mu_A(x)$  üyelik dereceleriyle ifade edilmiş, değişen derecelerde bir kümeye ait olabilir. Dolayısıyla, A kümesinde her bir eleman,  $(x)$  değeri ve  $[\mu_A(x)]$  kümeye ait olması derecesi gibi, iki büyüklükle tanımlanır (Zimmermann, 1985).

Bulanık küme kuramı (Fuzzy Set Theory), gerçekte, klasik matematiğin kesinliği ile gerçek hayatta var olan belirsizlikler arasında yakınlaşmayı sağlayan bir adımdır. İdrak yeteneği ve mantık işlevlerinin daha iyi anlaşılması için insanların devamlı sorulara cevap aramaları için ortaya çıkmıştır (Zadeh, 1975). Bulanık küme kuramının bazı temel kavramları aşağıdaki gibi açıklanır.

**Tanım 1.** N ayrık karar seçeneklerinin bir kümesine sahip olduğumuzu farz edelim:

$$X = x_1, x_2, \dots, x_N \quad (1)$$

Bir bulanık kümede  $X_i$  nin herbir elemanına karşılık gelen üyelik derecesi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$U = \left\{ \frac{\mu_U(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_U(x_2)}{x_2}, \dots, \frac{\mu_U(x_N)}{x_N} \right\} \quad (2)$$

$X_i$ , U Bulanık kümesinin elemanlarını,  $\mu_U(x_i)$  ise  $X_i$  nin  $[0,1]$  aralığında değişen üyelik dereceleri. Burada  $\mu_U(x_i)$  üyelik derecesinin değerleri, karar verici tarafından subjektif olarak belirlenir.

**Tanım 2.** U ve V X'e bağlı iki Bulanık küme olsun. İki kümenin kesişimi  $U \cap V$  X'e bağlı yine bir Bulanık kümedir.  $C = U \cap V$  nin üyelik derecesi aşağıdaki gibi, bütün  $x_i \in X$  için, elde edilir.

$$\mu_C(x_i) = \mu_U(x_i) \wedge \mu_V(x_i) \quad (3)$$

Burada, " $\cap$ " En küçük (Minimum) işlemini gösterir ve "VE" (AND) mantık operatörüyle tanımlanır.

**Tanım 3.** U ve V X'e bağlı iki Bulanık küme olsun. İki kümenin birleşimi  $U \cup V$  X'e bağlı yine bir Bulanık kümedir.  $D=U \cup V$  nin üyelik derecesi aşağıdaki gibi, bütün  $x_i \in X$  için, elde edilir.

$$\mu_D(x_i) = \mu_U(x_i) \vee \mu_V(x_i) \quad (4)$$

Burada, " $\cup$ " En büyük (Maksimum) işlemini gösterir ve "VEYA" (OR) mantık operatörüyle tanımlanır.

**Tanım 4.** X boyutuna göre tarif edilen U Bulanık kümenin tamlayıcısı  $\bar{U}$  olarak belirtilen yine bir Bulanık kümedir. kümesinin üyelik derecesi, bütün  $x_i \in X$  için, aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\mu_{\bar{U}}(x_i) = 1 - \mu_U(x_i) \quad (5)$$

**Tanım 5.** Max-Min işlemiyle kural etkinleştirme. Bulanık kümelerle ilgili karar verme Max-Min işlemiyle yapılır. Bir bilgi tabanında farklı seviyelerde bütün ilgili kuralları değerlendirmekle bir karara varılır. Değerlendirmeler MAX-MIN algoritmasına göre yapılır (Zimmermann, 1985).

$$\mu_j(x) = \max_{i \in I} \left\{ \min_{k \in K} \{ \mu_{i1}(x_1), \mu_{i2}(x_2), \dots, \mu_{ik}(x_k), \dots, \mu_{iK}(x_K) \} \right\} \quad (6)$$

Burada,  $\mu_{ik}(x) = j$ . inci karar aşamasında i. inci kuralın k ıncı öncesini gösteren k Bulanık kümesinin x değişkeninin üyelik derecesi,  $\mu_i(x) = j$ . inci karar aşamasında uygulanacak kuralla ilgili olan Bulanık kümenin x değişkenine ait üyelik derecesi ve  $x, x_k =$ değişkenlerdir.

MAX-MIN algoritması iki safhada gerçekleştirilir. Önceki kural aşağıdaki gibi de gösterilebilir.

$$\tau_j(x) = \min \{ \mu_{i1}(x_1), \mu_{i2}(x_2), \dots, \mu_{ik}(x_k), \dots, \mu_{iK}(x_K) \} \quad (7)$$

**Örnek 1**  $X = \{0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240\}$  bir tanktaki likitin ısı dereceleri (K) seti olsun. U ise "orta dereceli" bir ısıyı temsil etsin. Isı



derecesine göre, X'in her bir elemanına bir üyelik derecesi karşılık gelecektir

$$U\{0/0,.25/30,.50/60,.75/90,1/120,.75/150,.50/180,.25/210,0/240\}$$

Böyle bir olayın basit yorumu şöyledir: Eğer tanktaki likitin ısısı 120 K ise, bu gerçekten "orta derece" li bir likittir. 90 K ısı ise böyle bir ısı U setine daha "düşük" bir dereceyle, (mesela, 0.75) dahildir

**Örnek 2** Aşağıda iki bulanık küme bulunmuş olsun:

$$U\{0/0,.25/30,.50/60,.75/90,1/120,.75/150,.50/180,.25/210,0/240\}$$

$$V\{1/0,.75/30,.50/60,.25/90,0/120,0/150,0/180,0/210,0/240\}$$

$$C=U \wedge V = \left\{ \frac{0 \wedge 1}{0}, \frac{0.25 \wedge 0.75}{30}, \frac{0.50 \wedge 0.50}{60}, \frac{0.75 \wedge 0.25}{90}, \frac{0.25 \wedge 0}{120}, \frac{0.75 \wedge 0}{150}, \frac{0.50 \wedge 0}{180}, \frac{0.25 \wedge 0}{210}, \frac{0 \wedge 0}{240} \right\}$$

## 2. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

### 2.1 CPM Bulanık Planlama Örnekleri

#### 2.1.1 İnşaat projelerinde bulanık planlama ve programla

##### 2.1.1.1 Özet

İnşaat projeleri planlama ve programlaması risk ve belirsizlik halleri için incelenmiştir. Proje faaliyet sürelerinin doğru ve gerçekçi tahminleri, proje yönetiminde ilk ve temel esaslardır. Belirsizliğin ve belirsizlik altında yapılacak tahminlerin ancak bulanık küme kavramıyla doğru değerlendirilmesi mümkündür. Bulanık planlama ve programlama felsefesi ve bu alandaki metodlar incelenerek, verilen örneklerle konunun daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır.

##### 2.1.1.2. Sonuç

Planlamayı yapan uzmanın bilgi ve tecrübelerinin açıkça ve net bir şekilde görülebilmesi, sübjektif değerlendirmelerin, belirsiz ve bulanık tanım ve kavramların ifadesine imkan veren bulanık sayı kavramı (fuzzy set teorisi)ni gerektirmektedir. Planlama safhasından gerçekleştirmeye kadar,

sürekli olarak belirsizlik ve değişimin hakim olduğu inşaat projelerinin süre ve maliyet optimizasyonu problemine, bulanık planlama ve programlama ile en gerçekçi çözümler bulunabilir. Statik ve belirli kabüllere dayandığı için daha planlama aşamasında gerçekçiliğini yitiren klasik metodlar, ne kadar sofistike ve kompüterize olursa olsunlar, beklenen amaçlara yeterince hizmet edemediklerinden, sözleşme evrakları içinde şart koşulan bir dökümandan öteye gidememektedirler.

## 2.2 Risk/Tehlike Analizi Konusundaki Çalışmalar

### 2.2.1 Bulanık küme teorisi (fuzzy set theory) kavrami ile ecemiş fayı sismik tehlike analizi

#### 2.2.1.1 Özet

Bulanık Küme Teorisi (Fuzzy Set Theory) olasılık (Probabilistic) veya matematiksel modellerle ele alınacak herhangi bir olayın, subjektif değerlendirilmesinin gerekli olduğu veya olayın net olmaması hallerinde, son yıllarda, kullanılan, çok çekici, bir yöntemdir.

Genellikle, sismik tehlike analizlerini veren kaynaklarda, bütün tehlikeye etki eden baskın faktörlerin belirsizlikleri genellikle klasik olasılık yöntemlerle ele alınmaktadır. Bununla birlikte, subjectif düşüncelerin şartlı olasılıklar şeklinde analizlerde ele alınması durumu, gerçi, karmaşık veya karar vericiyi kısıtlayıcı ve daha çok sezgisel bir yaklaşım olmakla birlikte, Bulanık Küme Teorisinde olduğu gibi, çekici olabilir.

Bu çalışmada, günümüze kadar halen, uzunluğu yerbilimcilerce tartışma konusu olan Ecemiş Fayı'nın Sismik Tehlike Analizi, Bulanık Küme Teorisi kullanılarak incelenmiştir.

## 2.3 Teklif Stratejisi İle İlgili Örnekler

### 2.3.1 Bir bulanık-çok ölçütlü teklif model

#### 2.3.1.1 Özet

Klasik teklif hazırlamada genellikle tek bir ölçüt (kar ölçütü) esas alınmaktadır Bu ise uygulamada bilinen çok farklı problemlere neden olmak-

tadır. Gerçekçi çözümler için teklif modelinin, çok ölçütlü bir karar verme problemi olarak bulanık mantıkla ele alınması gerekir. Çünkü karar, belirsiz ve net olmayan bir ortamda yapılmaktadır. Her alternatif karar verici (KV) 'nin amaçlarına ne ölçüde hizmet ediyor. sorusunun cevabı bulunmalıdır. Önem ölçüleri nicel veya nitel olabilmektedir. İstatistikî bilgi yoksa veya güvenilirliği azsa (fuzziness) durum söz konusudur. Rekabet ortamı teklif konusunda, çıktılarının muhtemel varyasyon katsayıları yerine beklenen kayıplar kavramının kullanılması daha uygun olacaktır.

Çok ölçütlü alternatiflerden hangisinin sistemin amacına en çok katkısı sağlayacağını bulmak için alternatiflerin üyelik derecelerinden oluşan, matris-vektör çarpımı kullanılabilir. Matris, alternatiflerin ölçütlere katkı derecelerini, vektör ise, ölçütlerin sistemin amaçları olarak birbirine göre önemini yansıtmaktadır. Çarpımın sonucu bir diğer vektör olacaktır. Bu sonuç vektör, herbir alternatifin tüm ölçütlere, sistem amacına, toplam katkısını vermektedir.

### **2.3.1.2. Sonuçlar**

Çalışmada, örnek bir firma üzerinde, alternatif teklif fiyatı seti ve firma temel amaçları esas alınarak çok ölçütlü bir teklif modeli geliştirilmiştir. Model, sekiz adımdan oluşmaktadır: Model KV'nin sübjektif değer yargılarını, sağduyusunu kantitatif bir şekle sokmaktadır.

### **2.3.2 Çok ölçütlü-bulanık bir teklif ver/verme karar destek modeli**

#### **2.3.2.1. Özet**

Teklif karar verme- acımasız ve değişken rekabet ortamında gerçekleşen bir süreçtir. Bu iki süreç: (1) Aday projeye teklif verilip verilmeyeceğinin kararı (2) Teklif fiyatı ne olmalıdır kararı. Kararlar tamamen sübjektif, Karar verici(KV), kararını sağduyu, tecrübe ve tahminlerle yapar. Yanlış tercihler birçok firmanın batışı anlamına gelir. Analitik bir teknik model özlemi teklif ver/verme problemine (TV/VP) götürmüştür. Modelin en önemli faktörleri işin tipi, sahibi, yeri, boyutu, halihazırdaki iş miktarı, firmanın gücü gibi; ölçülebilenler ile; işin tehlikelilik derecesi, yatırımın taşıdığı belirsizlik, projenin riski, taşaronların güvenilirliği v.s gibi; sübjektif karakterde faktörler de konunun fuzzy lojik yönünü oluşturmaktadır.



### 2.3.2.2. Sonuçlar

İnşaat müteahhidinin teklif ver/verme karar problemi incelenmiştir. Karar verme - nicel ve nitel faktörler ve önemlerine göre olmalıdır. Çok ölçütlü bu değerlendirmede belirsizlik ölçümü, Fuzzy lojik-Sübjektif değer yarıları ve kelime değişkenler kullanılmıştır.

### KAYNAKLAR

- Manisalı, E., 1980.** Yatırım projelerini değerlendirmede karşılaşılan sorunlar ve bir çözüm önerisi, YA, VI. Ulusal kongresi, Ankara.
- Manisalı, E., 1981.** Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde çok ölçütlü model yaklaşımı. İTÜ, Müh.-Müm. Fak. Doktora tezi, 119s, İstanbul.
- Monks, J.G., 1987.** Operations management. Mc Graw Hill, N.J.
- Saaty, T. L., 1988.** Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process. Univ. of Pittsburg Press, Pittsburg, Pa.
- Schub, A., 1979.** Decision-Making process in design and construction with the criteria alternatives analysis, Techn. Rep., T. U., Munich.
- UNIDO, 1978.** Guide to practical project appraisal: Social benefit-cost analysis in developing contries, ID/SER. H/3, New York.
- Chen, H. C. and Fang, J. H., 1993.** A new Method for prospect appraisal. AAPG Bulletin, v. 77, p. 9-18.
- Cornell, C. A., 1968.** Engineering risk in seismic risk analysis. İTÜ, Maden Fak., Jeofizik Müh. Böl.
- Fang, J. H. and Chen, H. C., 1990.** Uncertainties are better handled by fuzzy arithmetic. AAPG Bulletin, v. 74, p. 1228-1233.
- McGuire, R. K., 1977.** Effects of uncertainty in seismicity on estimates of seismic hazard for the east coast of the United States, Bull. Seism. Soc. Am., 67, 827-848.
- Rabinowitz, N. and Eck, T. V., 1988.** A note on Fuzzy Set Theory concept, with an application to seismic hazard analysis. Bull. Seism. Soc. Am., 78, 4, pp. 1603-1610.
- Shah, H.C., Dong, W. M. and Boissonnade, A. C., 1987.** Use of knowledge-based expert systems in seismic hazard and risk analysis, in Engineering Aspects of Earthquake Phenomena, A. Koridze, Editor, Omega Scientific, Corte Madera, California.
- Manisalı, E. ve Diğerleri, 1994.** Petrol ve maden arama çalışmalarının

değerlendirilmesinde bulanık küme kuramının (Fuzzy Set Theory) kullanılması. Ç. Ü. Müh. Mim.Fak. 15. yıl Sempozyumu, 4-7 Nisan 1994 de sunulan bildiri (ÇÜ Yerbilimleri, yayında).

**Zadeh, L., A., 1965.** Fuzzy sets. Information and Control 8, 338-353.

**Zadeh, L., A., 1968.** Probability measure of fuzzy events. J. Math. Anal. Appl. 23, 421-427.

**Zadeh, L., A., 1978.** Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Int. J. Fuzzy Sets Syst. 1, 3-28

**Zimmermann, H. J., 1985.** Fuzzy Sets: Theory and Its Applications, Kluwer-Nijhoff, Hingham, Massachusetts.