JEOFİZİK 9.10; 197-200

MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ'NDE BULANIK KÜME TEORİSİNİN (FUZZY SET THEORY) UYGULAMASI

Fuzzy Set Theory Application for Engineering Geophysics

Fethi Ahmet YÜKSEL*, Şakir ESNAF**

ÖNSÖZ

Bu çalışmada yeni bir tekniğin mühendislik jeofiziğinde kullanılması sunulmuştur. Özellikle belirsiz, mutlak veya öznel verilerin yorumlanmasında kullanılır. Esas olarak bulanık kümeler belirsizlik ifade eden, tanımlanması güç veya anlamı zor kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik getirir. Yöntem olasılık teorisine dayanan klasik yöntemlerin yerine bir ikame değil alternatif bir yaklaşımdır.

ABSTRACT

In this study new methodology is presented for Engineering Geophysics. This method, based on fuzzy set theory, is especially reasonable when collected data are vague or subjective. The main problem is how to trasform qualitative data into quantitative data. It is solved by suggested method. It must be known that this method is just an alternative approach, not a substitute for classical methods based on probability theory.

GİRİŞ

Bulanık Kümeler (Fuzzy Sets) [BK] ilk defa 1965 yılında Prof. Dr. L. A. Zadeh tarafından ileri sürülen bir kavramdır (Zadeh 1965). Bulanık kuramı matematiksel bir kuramdır ve bulanıklılık (fuzziness) ile şüpheli bir durum (uncertainty) tanımlanır. Bulanıklılık bir kavram veya bir kelimenin anlamının tarifinde bulunabilen müphemliktir (ambiguity). Örneğin, "yaşlı insan", "yüksek sıcaklık" ve "küçük sayı" gibi ifadelerdeki (yaşlı, yüksek, küçük gibi sözel değişkenler) kesin olmayış (belirsizlik) bulanıklılık olarak tanımlanır.

BK kuramı olasılık ve matematik modellerle ilgili kararların veya yargıların muğlak ve subjektif olması durumunda cazip bir yöntemdir. BK kuramı olayın net olmaması hallerinde, son yıllarda, kullanılan, çok çekici, bir yöntemdir.

Klasik mantıkta, bir iddianın doğruluk değeri önerme doğru ise "1", yanlış ise "0" dır. Bulanık mantıkta ise, bir önermenin doğruluk derecesinin ifadesi "0" ile "1" arasındaki herhangi bir sayı olabilir.

Yöntem bazı verilerin eksik, muğlak veya subjektif olduğu durumlarda uygundur. Bilinen jeoistatistik yöntemler, genellikle, olasılık kuramını esas alır. Olasılık kuramını esas alan simülasyon ve sayısal olasılık yöntemleri, öncelikle, istatistiksel verinin istenilen miktarlarda kullanılabilirliğini kabul eder. BK kuramı olasılık kuramından ziyade olabilirlik kuramına dayanmaktadır. Esas olarak BK kuramının amacı belirsizlik ifade eden, tanınması güç veya anlamı zor kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik getirmektir.

BK kuramı, 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).

BK kuramı bütün mühendislik dallarında, tıp, sosyal bilimlerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Günlük hayatta kullandığımız birçok araç ve gereçlerin gelişmiş modellerinin (bulaşık ve çamaşır makinaları, video kamera ve fotoğraf makinaları, otomobillerin ve super trenlerin fren sistemleri, ısıtma ve iklimlendirme sistemleri gibi) birçoğu BK teknolojisiyle tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak BK kuramını esas alan birçok ticari yazılımların üretilmesi ile farklı bilim dallarının uzmanlarınca da pratik olarak kullanılması olanaklı hale gelmiştir. Yerbilimlerinde de BK kuramının kullanılması elde mevcut bütün verilerin topluca değerlendirilmesinde ve en uygun jeolojik ve jeofizik modellerin geliştirilmesinde katkıda bulunacaktır (Rabinowitz ve Eck 1988; Fang ve Chen 1990; Chen ve Fang 1993; Yüksel ve diğ. 1994a, 1994b; Esnaf ve diğ. 1994).

BULANIK KÜME TEORİSİ (FUZZY SET THEORY)

Küme, kümeler kuramında, ortak bir isim altında toplanmış nesneler topluluğudur. Evrensel kümenin tek

* İ.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl. 34850 Avcılar, İstanbul
** İ.Ü. İşletme Fakültesi 34850, Avcılar, İstanbul

tek bütün elemanlarının bir kümenin içine girip girmediğini göstermek için bir karekteristik fonksiyon tanımlanır. Öyle bir karekteristik fonksiyon tanımlanmalıdır ki, eğer bir nesne bir kümenin elemanı ise, o kümeyi tanımlayan karekteristik fonksiyon 1, değilse 0 sonucunu versin. Yani karekteristik fonksiyon evrensel kümenin her bir elemanını {1,0} kümesine eşler. Örnek olarak, karekteristik fonksiyonunu yazarak gerçel sayılar evrensel kümesinin içinde bir küme tanımlamaya çalışalım:

$$\mu_{[5-10]}(x) = \begin{cases} 1, & 5 \le x \le 10 \quad \textit{ise}, \\ 0, & x < 5 \text{ veya } x > 10 \quad \textit{ise}, \end{cases}$$

Bu karekteristik fonksiyon [5,10] aralığını gerçel sayılar evrensel kümesinin bir alt kümesi olduğunu tanımlar.

Klasik küme kuramında (crisp set), her bir eleman ya bir kümenin elemanıdır ya da değildir. Bir bulanık kümede (Fuzzy set) ise, her bir eleman "0" ile "1" aralığında $\mu(x)$ üyelik dereceleriyle ifade edilmiş, değişen derecelerde, bir kümeye ait olabilir. Bir BK, sınırları kesin çizgilerle belirlenmemiş bir kümedir. Başka bir deyişle, bir BK'yı oluşturan her bir eleman, kısmen o kümenin üyesi olabilir. Yani, her bir elemanın bir üyelik derecesi vardır. E bir küme ve A E' nin bir alt kümesi $A \subset E$ olsun. E 'nin bir x elemanının $\in$ sembolünü kullanarak A'nın bir üyesi olduğu genellikle $x \in A$ şeklinde gösterilir. Bu üyeliği göstermek için, $\mu_A(x)$ karekteristik fonksiyonu kullanılır; burada x A'nın bir üyesidir.

$\mu_A(x) = 1, \quad x \in A$

$\mu_A(x) = 0, \quad x \notin A$

Bu karekteristik fonksiyonun [0,1] aralığında herhangi bir değer alabildiğini şimdi düşünelim. Böylece, E'nin x_i elemanı $A(\mu_A=0)$'ın bir üyesi olmayabilir, çok az (μ_A 0'a yakın) A "nın bir üyesi olabilir, A 'nın bir üyesi (μ_A ne çok 0'a yakın ne de çok 1'e yakın) çok veya az olabilir, A'nın bir üyesi (1'e yakın) kuvvetle olmalıdır, veya son olarak A'nın bir üyesi (μ_A =1) olmalıdır.

E bir küme olsun, E 'nin bir elemanı olarak x 'i alalım, x bu kümeye dahildir veya değildir. O halde E 'nin bir A bulanık alt kümesi bir düzenli çift kümedir. $A = \{(x, \mu_A(x))\}$, $\forall x \in E$ burada $\mu_A(x)$ A'da x'in üyelik derecesidir. Bu fonksiyon üyelik derecesi fonksiyonu olarak isimlendirilir. Bir BK"nın iki nesne arasında, bir sınıfa ait veya değil, keskin bir sınır olmadığında bir nesneler sınıfı olduğu sonucuna varabiliriz.

Bir örnekle açıklanırsa:

E= {Erzincan, Adapazarı, Amasya, Elazığ, Konya, İzmir}

A_1= Kuzeyanadolu Fay Kuşağı üzerinde olan iller

= {(Erzincan, 1.), (Adapazarı, 1.), (Amasya, 1.), (Elazığ, 0.), (Konya, 0.), (İzmir, 0.)}

= {(Erzincan, 1.), (Adapazarı, 1.), (Amasya, 1.)}

= {Erzincan, Adapazarı, Amasya}

A_2= Kuzey Anadolu Fay Kuşağı'na yakın olan iller

= {(Erzincan, 1.), (Adapazarı, 9.), (Amasya, 8.), (Elazığ, 6.), (Konya, 3.), (İzmir, 1.)}

Bu örnekte A_1 klasik küme ve A_2 ise BK'dır. Eğer bir elemanın üyelik derecesi 1.0 ise tümüyle o kümenin bir elemanıdır, 0.0 ise hiç bir şekilde o kümenin bir elemanı değildir veya 0.5 ise yarı yarıya o kümeye aittir.

Kümeleri tanımlamak için kullanılan karekteristik fonksiyonlara benzer olarak bulanık kümeleri ifade etmek için de karekteristik fonksiyon tanımlanabilir. Öyle bir fonksiyon tanımlanmalıdırki, bu fonksiyon her bir eleman için bir üyelik derecesi versin. Yani karakteristik fonksiyon evrensel kümenin her bir elemanı için 0.0 ile 1.0 arasında bir gerçel sayı versin. Bunu yukarıdaki örnekle açıklayalım, KAF kuşağına yakın iller kümesini dikkate alarak, öyle bir fonksiyon tanımlayalım ki, eğer bir ilin KAFK yakınlığını bu fonksiyona sokarsak, fonksiyon da bize bu ilin ne kadar "yakın" olduğunu söylesin. Böylece İzmir 0.1 üyelik derecesiyle, $\mu_{yakın}$ (uzaklık) karakteristik fonksiyonla {İzmir, .1} olarak tanımlanmıştır.

Aslında bir klasik küme, küme elemanlarının üyelik derecesinin 1.0 olduğu bir bulanık kümedir. Yani, bulanık kümeler, klasik kümeleri de özel bir durum olarak içerir.

BULANIK KÜME TEORİSİNİN MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİNDE UYGULAMASI

Deniz dibine ait zeminlerin formasyon ve kayaç özelliklerinin belirlenmesi mühendislik ve bilimsel çalışmalar açısından son derece önemlidir. Dip altı zemin malzemesinin özelliklerinin jeofiziksel verilerle bulunması ve formülizasyonu için önce, zemin malzemesinin fiziksel parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Zeminlerin farklı cins ve özellikleri Vp ve Vs sismik dalga hızlarıyla bulunabilmektedir. Çeşitli zemin tipleri için p-dalga hızlarını belirlemek bilgi ve deneyim gerektirir. Çünkü, bu dip altı zemin malzemelerinin P ve S dalga hızları genellikle tek bir değere sahip değildir. Dalga hızları belirli değerler arasında, aşağıdaki gibi, değişebilmektedir.

ZEMİN (Kaya)	Vp [m/s]	Vs [m/s]
Kum	1500-2000	150-300
Kumlu toprak	1450-1800	120-280
Toprak	1500-1900	100-250
Kil	1800-2500	100-400
Çakıl	2000-2700	250-500
Kumtaşı	1800-4500	500-2500
Kireçtaşı	2000-5000	500-2800
Granit	2500-5500	800-3000

Hesaplamalarda her bir zemin tipi için alt ve üst sınırlardan hangisi alınmalıdır? Bu sorunun cevabını Bulanık Küme kuramıyla verebiliriz. BK kullanılarak her bir zemin tipi için P-dalga hızı dizisine ait açıkça sınırları belirlenmemiş kayaçların V_p dalga hızları $\mu(V_p)$ üyelik derecesiyle tanımlanır. Aynı şekilde S-dalgası içinde hesaplanır.

Örneğin, kum için verilen V_p hızı 1500-2000 arasındadır. Kum tabakasına ait bir kalınlığın sismik kesitlerden hesaplanması istendiğinde hangi değer kullanılmalıdır. Bu problem klasik olasılık yöntemleriyle kısmen çözümlenebilir. Bu problem B.K kuramına göre çözülmek istense, bu zemin için Klasik küme karekteristik fonksiyonu

$$\mu_{[1500-2000]}\left(V_p\right) = \begin{cases} 1, & 1500 \le V_p \le 2000 \quad \textit{ise;} \\ 0 & x < 1500 \text{ veya } x > 2000 \quad \textit{ise;} \end{cases}$$

şeklinde tanımlarken, BK için ise her bir eleman 0 ile 1 aralığında $\mu_{[1500-2000]}$ (Vp) üyelik dereceleriyle ifade edilir. $\mu_{[1500-2000]}(Vp)$ = {(1500, 0.5), (1600, 0.99), (1700, 0.99), (1800, 0.99), (1900, 0.85), (2000, 0.4)}. Aynı şekilde diğer zemin kayaçları için de üyelik dereceleri belirlenir. Zemin tipi tanınmasıyla ilgili olarak herhangi bir $V_p=V\pm\sigma$ (σ hız hatası) kesin hız değerinin bilgi içeriği, $S_1,..., S_n$ n olası zemin tipleri için V_p de $\mu_1,...$, μ_n üyelik derecelerine bağlı olan sonraki hesabı

$P_1, ..., P_n$ olasılık kümesiyle ifade edilir. Burada P_i, $P_i = P\{S_i/E\}$ durumsal olasılığını gösterir ve E, $V_p=V\pm\sigma$ olduğu bir olaydır. $P\{S_i/E\}$ şartlı olasılıkları Bayes kuramına göre belirlenir (Kovalevsky ve Kharchenko 1992).

SONUÇ

Bulanık küme kuramı bazı verilerin eksik, muğlak veya subjektif olduğu durumlarda uygundur. Diğer bir deyişle olasılık teorisine dayanan klasik yöntemlerin yerine bir ikame değil alternatif bir yaklaşımdır.

Yerbilimlerinin çeşitli verilerinin, jeoteknik, jeolojik, jeomorfolojik, jeofizik v. b., tamamının koordineli olarak yorumlanması veya bazı durumlarda eksik yada yetersiz verilerin kullanılması gerektiğinde, elde mevcut verilerin değerlendirilmelerinde bazı klasik istatistiksel yöntemler kullanılmakla beraber, kısıtlı zaman ve ekonomiklik sözkonusu olduğunda farklı bir bakış açısıyla yerbilim problemlerine çözüm önerir.

Deniz dibi zemin parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan sismik hızların su veya özgün ortamına bağlı olarak tam ve kesin belirlenemediği, fakat belli sınırlar içerisinde bu hızların tanımlanabildiği durumlar sözkonusu olduğundan; zemine ait jeolojik, jeoteknik, fiziksel ve geometrik parametrelerin belirlenmesinde bulanık küme kuramının kullanılması ekonomik sonuçlara bizi ulaştırabilir.

Bulanık küme kuramına göre bir problemin çözüm tasarımıyla elde edilen çözüm kümesi, yine bir bulanık kümedir.

KAYNAKLAR

Chen, H. C. and Fang, J. H., 1993. *A new Method for prospect appraisal, AAPG Bulletin, v. 77, p. 9-18.*

Esnaf, Ş., Manisalı, E. ve Yüksel, F. A. 1994, *Sigorta sektöründe bölgelere göre deprem ek priminin belirlenmesi için bir bulanık (fuzzy) sigorta modeli önerisi, YA/EM'94 16 Ulusal Kongresi, 13-15 Temmuz Bikent Üniversitesi (Baskıda).*

Fang, J. H. and Chen, H. C., 1990. *Uncertainties are better handled by fuzzy arithmetic. AAPG Bulletin, v. 74, p. 1228- 1233.*

Kovalevsky, E. V. and Kharchenko, V.I. 1992, *Integrated interpretation of marine engineering geological and geophysical data on the principles of expert system technology, Geophysical Prospecting 40, 909-923.*

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.*

Yüksel F. A., Manisalı, E. ve Esnaf, Ş. 1994a, *Petrol ve maden arama çalışmalarının değerlendirilmesinde bulanık küme kuramının (Fuzzy Set Theory) kullanılması. C. Ü. Müh. Mim. Fak. Yerbilimleri (Geosound) 24, 1-16.*

Yüksel, F. A., Manisalı, E. ve Esnaf, Ş. 1994b, *Bulanık küme teorisi (fuzzy set theory) kavramı ile Ecemiş fayı sismik tehlike analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mim. Müh. Fak 8. Müh. Haftası 26-28 Mayıs, Tebliğ Özetleri kitabı, 79, (Makale baskıda).*

Zadeh, L. 1975, *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, Part I, Information Science 8, 199-246.*