DEPREM KONUMLARININ BELİRLENMESİNDE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

Koray BODUR[1] ve Hüseyin GÖKALP[2]

[1] *Yüksek lisans öğrencisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
[2] *Yrd. Doç. Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
Email: koray_bodur@hotmail.com
gokalp@ktu.edu.tr

ÖZET:

Depremlerin konumlarının belirlenmesinde özellikle; bir sismograf ağı tarafından deprem fazlarının düşük kalitede kaydediliyor olması ve/veya istasyon ağına göre depremlerin çok büyük azimutal boşluklar içermesi gibi durumlarda yerel ve bölgesel depremlerin lokasyonunda bir takım problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada bu sorunun üstesinden gelmek için son yıllarda giderek önem kazanan ve birçok bilim dalında kullanılmaya başlanan ve ilk olarak Lotfi A. ZADEH tarafından 1965 yılında ortaya atılan "bulanık mantık" yaklaşımlı düz problem çözümüne dayalı bir yöntem kullanılmaktadır. Deprem konumlarını belirlemek için bir istasyon ağında kaydedilen P ve S dalga fazlarının varış zamanları ve teorik olarak oluşturulan istasyonların birbirilerine göre olan faz farkları P-P ve S-S ile her bir istasyon için S-P zaman farkları alınarak bulanık ortama aktarılmıştır. Yeniden düzenlenen klasik **G** matrisinde (**d=G.m**; **d**:veri; **G**: Jacobian matris; **m**: model) veri olarak göreceli zaman farkları kullanıldığından deprem oluş zamanları ortadan kalmaktadır. Bu çalışmada mantık uzayında yapılan; birleşim, kesişim gibi mantıksal işlemlerin deprem konumlarını belirleme üzerindeki etkisi irdelenmektedir. Bulanık mantıkla yapılan işlemler sonucunda belirlenmeye çalışılan deprem konumları, çıkış matrisine yapılan bir durulama işlemiyle (ağırlık merkezi durulama işlemi) belirlenmektedir. Test sonuçları bu yöntemin başarılı olduğu ve özellikle faz okumaların çok hatalı olması ve depremlerin sismik ağ dışında olması gibi durumlarda genelleştirilmiş ters çözüm tekniğinde karşılaşılan yerel minimum problemini önleyerek daha başarılı sonuçlar verdiği ve konum belirlemede ayrımlılığın daha da arttığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER : bulanık mantık, deprem konumu belirleme, yerel depremler, bulanık kümeler

1. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık kavramı ilk olarak Lotfi A. ZADEH tarafından bulanık kümeler teorisiyle 1965 yılında ortaya atılmıştır. Klasik mantıkta bir değişkenin doğruluğu 0 ya da 1 iken bulanık mantık yaklaşımında bir değişkenin doğruluk derecesi 0 ile 1 arasında değişen bir değer almaktadır. Bu üyelik dereceleri çeşitli üyelik fonksiyonları ile belirlenmektedir. Üyelik fonksiyonları çeşitlilik göstermekle beraber probleme göre yeniden düzenlenebilir. Birçok bulanık işlem olmakla beraber en yaygın kullanılan işlemler kesişim ve birleşim işlemleridir. Kesişim ve birleşim işlemleri,

$$\text{Birleşim: } \mu_{A\cup\bar{A}}(x,y) = \max\left(\mu_A(x,y), \mu_{\bar{A}}(x,y)\right) \qquad (1)$$

$$\text{Kesişim: } \mu_{A\cap\bar{A}}(x,y) = \min\left(\mu_A(x,y), \mu_{\bar{A}}(x,y)\right) \qquad (2)$$

olarak tanımlanmaktadır. Bulanık mantık teorisi ve uygulamaları üzerine daha detaylı bilgi için Marks (1994) and Kandel (1986) bakılabilir.

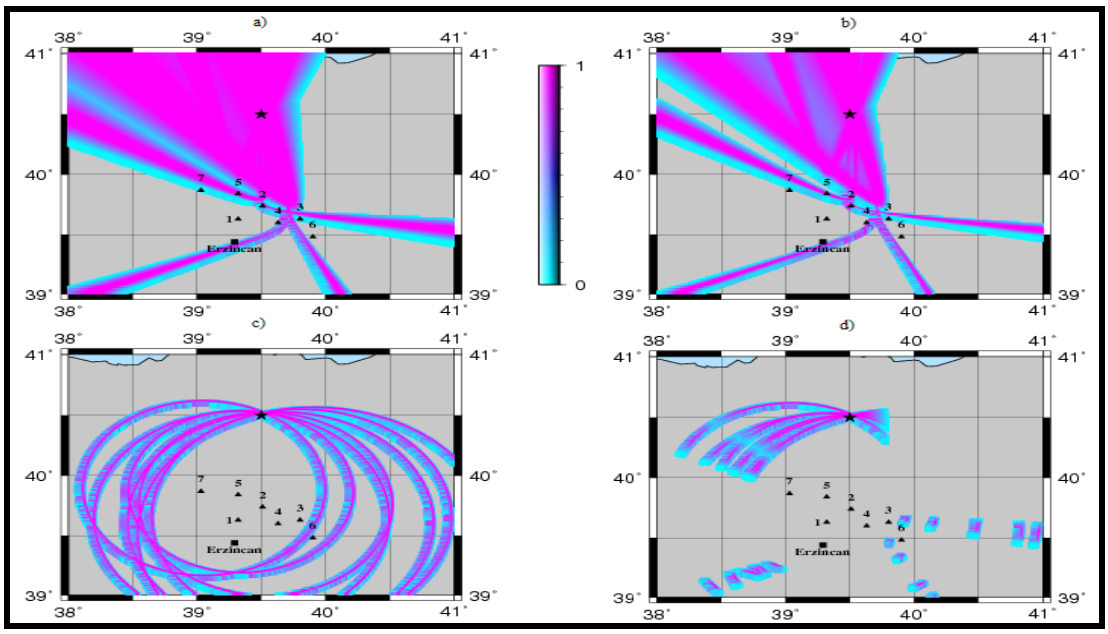
2. BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE DEPREM KONUMLARININ BELİRLENMESİ

Yöntemin çalışabilirliğini incelemek amacı ile yöntem ilk olarak yapay deprem verileri ile test edilmiştir. Yapay depremin hiposantral parametreleri λ= 39.5E, θ= 40.5N, h= 8 km olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanı, 200x200km'den oluşmaktadır ve 1km^2'lik hücrelere ayrılmıştır. Her bir hücre teorik episantr noktası olarak kabul edilerek istasyonlara olan teorik P ve S varışları hesaplanmıştır. Teorik varışları hesaplarken odak derinliği 5 km olarak sabit değer alınmıştır. Episantr hesaplamasında iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır:

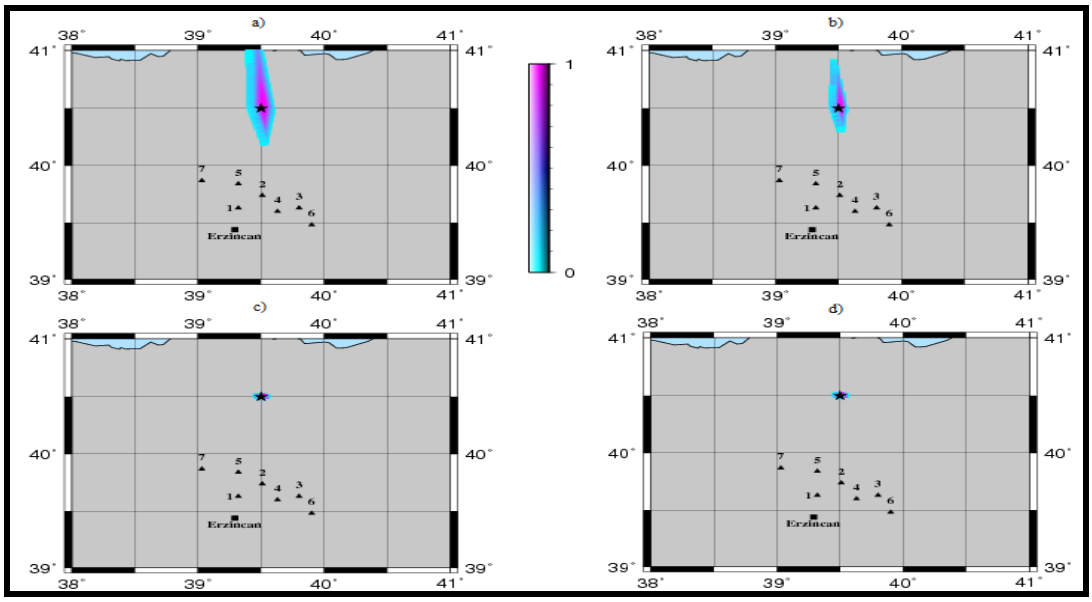
$$O = \left[(P-P)\cup(S-S)\right]\cap(S-P) \qquad (3)$$

$$O = \left[(P-P)\cap(S-S)\right]\cap(S-P) \qquad (4)$$

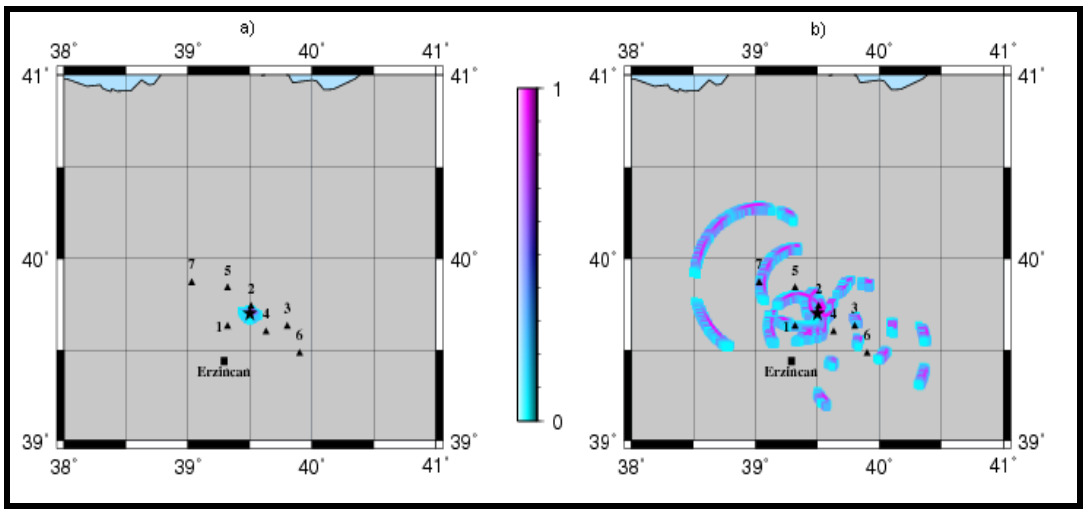
P-P, S-S ve S-P varış zamanı farkları, bulanık ortama "yamuk üyelik fonksiyonu" kullanılarak aktarılmıştır. Üyelik fonksiyonu, çalışılan bölgenin hız yapısına uygun olarak hazırlanmıştır. Şekil 1' de, P-P ve S-S bulanık kümelerinin birleşimi ile S-P bulanık kümesinin kesişimini ve final bulanık çıkışı göstermektedir. Pembe renkli alan 1 üyelik derecesine sahiptir ve teorik P ve S farklarının ölçülen farklarla örtüştüğü bölgedir. Pembe renkli alanın etrafındaki turkuaz renkli bölge, teorik ve ölçülen P ve S farklarının nispeten daha az örtüştüğü bölgedir ve daha düşük üyelik derecelerine sahiptir. Şekil 2' de ise tüm bulanık kümelerin kesişimi gösterilmektedir. Şekil 3, depremin bir istasyon ağı içerisine düştüğü durumdaki bulanık çıkışı göstermektedir.



Şekil 1. (a) P-P farkları birleşim kümesi. (b) S-S farkları birleşim kümesi. (c) S-P farkları birleşim kümesi. (d) Final bulanık çıkış. Burada P-P ve S-P kümelerinin birleşiminden oluşan bulanık küme ile S-P bulanık kümesine kesişim işlemi uygulanmıştır. Siyah üçgen teorik depremin episantrını göstermektedir.



Şekil 2. (a) P-P farkları kesişim kümesi. (b) S-S farkları kesişim kümesi. (c) S-P farkları kesişim kümesi. (d) Final bulanık çıkış kümesi. Burada tüm bulanık kümelere kesişim işlemi uygulanmıştır. Siyah üçgen teorik deprem episantrını göstermektedir.



Şekil 3. (a) Yakın deprem için final çıkış. Burada tüm bulanık kümelere kesişim işlemi uygulanmıştır. (b) Yakın deprem için final çıkış. Burada P-P, S-S ve S-P kümelerine birleşim işlemi uygulanmıştır. P-P ve S-S kümeleri ile S-P kümesine kesişim işlemi uygulanmıştır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada episantrı belirlemek için iki farklı mantıksal işlem kullanılmıştır. Varış zamanı farklarındaki belirsizliklerin bulanık ortama, hız modelindeki belirsizlikler şeklinde aktarıldığı düşünülmektedir. Bu çalışmada ters çözüm tekniğine göre daha avantajlı olan bulanık yaklaşımlı düz çözüm tekniği kullanılmıştır (Lin & Sanford, 2001). Yöntem, varış zamanlarının hatalar içermesi durumunda klasik ters çözüm yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Kesişim ve birleşim gibi mantıksal işlemlerin deprem konumu belirleme işlemi üzerindeki olumlu ve olumsuz yönlerini de araştırmaya çalışılmıştır. İki işlemin de bölgesel depremlerin episantrını belirlemede iyi sonuçlar verdiği, ancak kesişim işleminin birleşim işlemine oranla daha hassas sonuçlar verdiği görülmüştür. Episantr koordinatları kesişim işlemi ile daha iyi bir çözünürlükle saptanmıştır. Öte yandan, kesişim işleminde üyelik fonksiyonlarının biraz daha geniş tutulması gerekmektedir.

Depremin istasyon ağı içerisine düşmesi durumunda yöntemin doğası gereği birleşim işleminde bazı problemlerle karşılaşılmıştır. Faz okumalarında hata olması durumunda yöntemlerin verimi üzerine yaptığımız çalışmalar bu iki mantık işlemleri ile yapılan işlemlerin iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Ancak hatalı okumaların olması durumunda hatasız okumalara oranla verideki hataları da ifade edecek şekilde daha geniş bir üyelik fonksiyonu kullanılması gerekmektedir. Genel olarak bulanık mantık yaklaşımı ile deprem lokasyonu belirlemesinde olayın istasyon ağı dışında olması durumunda tatmin edici sonuçlar vermeyen "Hypocenter" gibi programlara göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Hartse, H. E. (1991). Simultaneous hypocenter and velocity model estimation using direct and reflected phases from microearthquakes recorded within the central Rio Grande rift, Ph. D. Dissertation, New Mexico Institute of Mining and Technology, Sorocco, New Mexico, 251 pp.

Lee, W. H. K., and J. C. Lahr (1975). HYPO71 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U. S. Geol. Surv. Open file Rept. 75-311.

Lin, K. and Sanford R. A. (2001). Improving Regional Earthquake Using a Modified G Matrix and Fuzz Logic. Bull. Seism. Soc. Am. 91, 82-93.