Book of Full Texts
Yer Bilimleri/ Earth Science

Doğal ve Yapay Sarsıntıların Karmaşıklık Yönteminde *P* ve *S* dalgası Fazlarının Etkin Seçimi ile Ayrımı

Discrimination of Natural and Artificial Quakes through Effective Selection of *P* and *S* Wave Phases on Complexity Method

Evrim Yavuz[1*+], Hamdullah Livaoğlu[1], T. Serkan Irmak[1], Fadime Sertçelik[1]

[1]Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
[*]Sorumlu yazar: evrim.yavuz@kocaeli.edu.tr
[+]Konuşmacı: evrim.yavuz@kocaeli.edu.tr
Sunum Türü: Sözlü
Sunum Dili: Türkçe

Özet

Doğal ve yapay kaynaklı sismik olayların ayırt edilmesi, çeşitli sismoloji merkezlerinin odaklandıkları önemli çalışmalar arasındadır. Ayrım yapılabilmesi için birçok teknik hem bir arada hem de birbirinden bağımsız şekilde kullanılmaktadır. Ayrım yöntemlerinden biri olan karmaşıklık analizi ise gerek bilimsel gerekse kurumlar içerisindeki sınıflandırma çalışmalarında yaygınca kullanılmaktadır. Bu çalışmada, karmaşıklık analizinde hesaplanan değerlerin yeni bir sayısal bakış açısı ile test edilmesi amaçlanmıştır. Türkiye'nin kuzeybatısında konumlanan Biga Yarımadası'nda bulunan 3 farklı sismik istasyon tarafından kayıt edilmiş 53 adet sismik sinyal bu test çalışması için kullanılmıştır. Karmaşıklık analizi hesaplamasında sabit olarak (1.5 s, 2.5 s, vb.) kullanılan zaman pencereleri *P*-*S* dalga fazları arasındaki zaman farkı gözetilerek hareketli pencerelerde değerlendirilmiştir. Böylece hem sabit hem de hareketli zaman pencereleri içerisinde hesaplanan karmaşıklık değerleri karşılaştırılmıştır. Lineer Ayrımlaştırma Fonksiyonu ile kaynak tipi sınıflandırması yapılarak zaman pencerelerin etkileri arasındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Hareketli pencere kullanımında farklı dış merkez uzaklıklarına ait tüm veriler birlikte değerlendirilmektedir. Böylece hem değerlendirilen veri sayısı artmakta hem de *S* dalgasının baskın olduğu enerji yoğunluğu değişimi göz önünde bulundurulmaktadır. Hareketli pencere kullanımı ile *P* ve *S* dalga fazlarının ait oldukları pencereler içerisindeki baskın fazlar olması ön plana çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, hareketli zaman penceresinin (*P*-*S* dalga fazlı) kullanılması ile, karmaşıklık analizinde daha etkili ve başarılı sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Anahtar Kelimeler: Karmaşıklık analizi, hareketli zaman penceresi, doğal ve yapay sismik olaylar.

Abstract

Discrimination of natural and artificial seismic events is one of the most important studies focused on by various seismological centers. Many techniques are used in order to discriminate both together and independently of each other. Complexity analysis, which is one of the methods of discrimination, is widely used in both scientific and institutional classification studies. In this study, it is aimed to test the values calculated in the complexity analysis with a new numerical point of view. 53 different seismic data recorded by 3 seismic stations in the Biga Peninsula,

located in the northwestern Turkey were used for this test study. The time windows used as stabled (1.5 s, 2.5 s, etc.) in the complexity analysis calculation were evaluated in moving windows considering the time difference between *P*-*S* wave phases. Thus, the complexity values calculated in both stabled and moving time windows were compared. The differences between the effects of time windows have been determined by using Linear Discriminant Function as source type classification. In the case of moving windows, all data of different distances are evaluated together. Hence, both the number of data evaluated increases and the energy density variation dominated by *S* wave is taken into consideration. With the use of moving windows, *P* and *S* wave phases are the dominant phases in the windows to which they belong. According to the results, more effective and successful results were obtained by using the moving time window (*P*-*S* wave phased).
Keywords: Complexity analysis, moving time window, natural and artificial seismic events.

1. Giriş

Yapay kaynaklı sismik olaylar depremler ile birlikte sismik istasyonlarda kayıt edilmektedirler. Mikro-ölçekli bu sarsıntılar kataloglanma aşamasında ayrımlaştırılmadığında ise karmaşıklıklara neden olmaktadırlar. Sismik olayların kaynak tiplerinin belirlenmesi ise yapılacak olan bilimsel çalışmalarda başlangıç niteliği gösterecektir. Yapay ve doğal sarsıntıların sınıflandırılması ile birlikte yenilenecek sismik kataloglar, sismolojik çalışmaların güvenilirliğini arttıracaktır.
Geçmişten günümüze çeşitli yöntemler ile ayrımlaştırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan karmaşıklık analizi ise en yaygın olarak kullanılan metotlardan biridir. İlk olarak Gitterman ve Shapira (1993) tarafından yeraltında meydana gelen patlatmalar için uygulanmıştır. Sonrasında Arai ve Yoshida (2004) tarafından kullanılarak geliştirilmiştir. Karmaşıklık analizi bunlar ile birlikte daha bir çok bilimsel çalışmada deprem ile patlatma kayıtlarının ayırt edilmesinde kullanılmıştır (Sertçelik ve Başer, 2010; Horasan ve diğ., 2009; Öğütçü ve diğ., 2011; Budakoğlu ve Horasan, 2019; Yavuz ve diğ., 2019a; Yavuz ve diğ., 2019b). Önceki tüm çalışmalarda karmaşıklık yönteminin uygulanabilmesi için sabit zaman pencereleri belirlenmiştir. Fakat bu çalışmada zaman pencerelerin *P*-*S* dalgalarına bağlı olarak hareketli bir biçimde değişmesi ve böylece tüm dış merkez uzaklıklarında yöntemin uygulanabilirliği test edilmiştir.

2. Yöntem ve Uygulama

Karmaşıklık yönteminde değerlendirilmeye alınan veri iki ayrı zaman penceresine ayrılmaktadır. Bu pencereler içerisinde kalan sinyallerin güçleri hesaplanarak birbirine oranlaması yapılır ve bu değere karmaşıklık (C) adı verilir (Denklem 1) (Gitterman ve Shapira, 1993). Sonrasında sinyale iki farklı band-geçişli filtre (alçak, yüksek) uygulanır. Sinyalin enerji yoğunlukları hesaplanır ve birbirine oranlanır. Bu değere de spektral oran ismi verilir (Sr) (Denklem 2) (Arai ve Yoshida, 2004). İki farklı değer bir grafiğe çizdirilir ve istatistiksel yaklaşımlardan biri olan Lineer Ayrımlaştırma Fonksiyonu (LAF) (Fisher, 1936) ile sınıflandırma yapılmaya çalışılır.

$$C = \int_{t_1}^{t_2} s^2(t)dt / \int_{t_0}^{t_1} s^2(t)dt \quad (1)$$

$$Sr = \int_{h_1}^{h_2} a(f)df / \int_{l_1}^{l_2} a(f)df \quad (2)$$

Bu çalışmada, Biga Yarımadası'nda konumlanmış 3 farklı sismik istasyon tarafından kayıt edilmiş 53 adet sismik sinyal kullanılmıştır. Karmaşıklık analizi hesaplamasında sabit olarak (1.5 s, 2.5 s, vb.) kullanılan zaman pencereleri *P*-*S* dalga fazları arasındaki zaman farkı gözetilerek

hareketli pencereler içerisinde kıyaslanarak değerlendirilmiştir. LAF ile de kaynak tipi sınıflandırması yapılarak zaman pencerelerin etkileri değerlendirilmiştir.

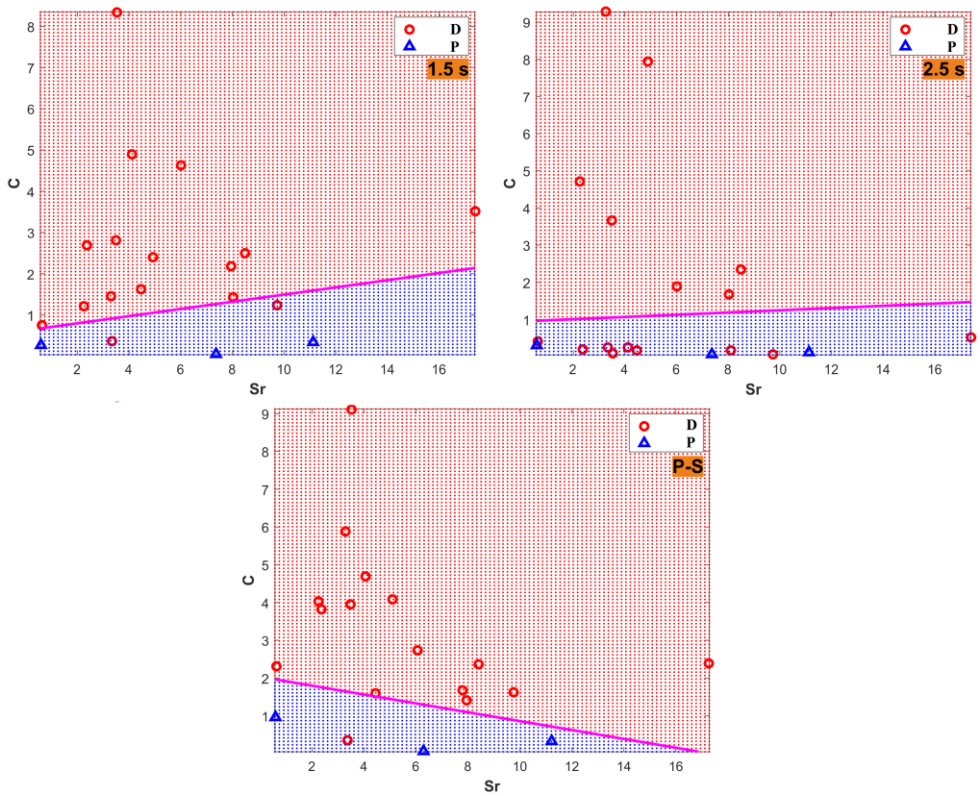
3. Sonuçlar

Bu çalışmada 3 farklı sismik istasyon kullanılarak doğal-yapay sarsıntı sınıflandırılması değişken pencereler yardımı ile karmaşıklık yönteminde değerlendirilmiştir. EDC istasyonu için herhangi bir değişiklik göze çarpmamıştır. Fakat GONE ve KRBG istasyonlarında hareketli pencere kullanıldığı takdirde sonuçların güvenilirliğinin arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Farklı zaman pencerelerinde değerlendirilmiş sınıflandırma sonuçları. TO: Toplam Olay, D: Deprem, P: Patlatma, HD: Hatalı Deprem, HP: Hatalı Patlatma, BO: Başarı Oranı.

Pencere	İstasyon	TO	D	P	HD	HP	BO (%)
1.5 s					-	-	100
2.5 s	EDC	15	9	6	-	-	100
P-S					-	-	100
1.5 s					5	1	68.42
2.5 s	GONE	19	15	4	7	-	63.16
P-S					1	-	94.74
1.5 s					2	-	89.47
2.5 s	KRBG	19	16	3	9	-	52.63
P-S					1	-	94.74

Başarı oranları ile kıyaslama yapıldığı zaman hareketli pencere kullanımının güvenilirliği arttırdığı gözlenmiştir. Bunun ile ilgili KRBG istasyonunda yapılan örnek bir analiz Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. KRBG istasyonu için farklı zaman pencerelerine ait karmaşıklık yöntemi ile hesaplanmış LDF sonuçları. D: Deprem, P: Patlatma, C: Karmaşıklık, Sr: Spektral Oran.

Analizlere göre, pencerelerin hareketli bir şekilde kullanılması durumunda her dış merkez uzaklığında uygulanabileceği ve buna bağlı olarak veri sayısının da artacağı düşünülmektedir. Sonuçların ise daha güvenilir olduğu gözlenmiştir. Doğal-yapay sarsıntı analizi çalışmalarında eğer karmaşıklık yöntemi kullanılacaksa hareketli pencere (*P*-*S* dalga fazlı) ile işlemlerin yapılması sonuçların güvenilirliğini arttıracağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

Arai, N., Yosida, Y., 2004. Discrimination by short-period seismograms. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute (IISEE). Lecture Note, Global Course, Tsukuba, Japan, p. 10.

Budakoğlu, E., Horasan, G., 2018. Classification of seismic events using linear discriminant function (LDF) in the Sakarya region, Turkey. Acta Geophysica, 66(5), 895-906.

Fisher, R. A. 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. Annals of eugenics, 7(2), 179-188.

Gitterman, Y., Shapira, A., 1993. Spectral discrimination of underwater explosions. Isr J Earth Sci, 42, 37-44.

Horasan, G., Güney, A. B., Küsmezer, A., Bekler, F., Öğütçü, Z., Musaoğlu, N., 2009. Contamination of seismicity catalogs by quarry blasts: An example from Istanbul and its vicinity, northwestern Turkey. J Asian Earth Sci, 34, 90-99.

Öğütçü, Z., Horasan, G., Kalafat, D., 2011. Investigation of microseismic activity sources in Konya and its vicinity, central Turkey. Natural Hazards, 58, 497-509.

Sertçelik, F., Başer, O., 2010. Güney Ege Bölgesi'nde yapay ve doğal kaynaklı titreşimlerin ayırt edilmesi. Yerbilimleri, 31, 233-245.

Yavuz, E., Sertçelik, F., Livaoğlu, H., Woith, H., Lühr, B-G., 2019a. Discrimination of quarry blasts from tectonic events in the Armutlu Peninsula, Turkey. Journal of Seismology, 23(1), 59-76.

Yavuz, E., Sertçelik, F., Livaoğlu, H., Irmak, T. S., 2019b. Gaziantep-Kahramanmaraş bölgesinde meydana gelen deprem ve taş ocağı patlatmalarının zaman ve frekans ortamı yöntemleri ile sınıflandırılması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), 642-651.