

2005 Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Mekânsal Değerlendirilmesi

The Spatial Evaluation of 2005 Sığacık Gulf (İzmir) Earthquakes

ÖZDE BAKAK^{1*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeotermal Enerji Anabilim Dalı, 35160, Buca, İzmir.

Geliş (received) : 07 Mart (March) 2016

Kabul (accepted) : 29 Nisan (April) 2016

Öz

2005 Sığacık Körfezi deprem verilerinin ArcGIS – (versiyon 10.1) yazılımı kullanılarak mekânsal ve yoğunluk analizleri incelenmiş ve bölgenin depremselliği değerlendirilmiştir. Mekânsal analiz için $M>2$ büyüklüğünde 1506 adet deprem verisi programa aktararak ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma elipsi analizleri yapılmıştır. Yoğunluk analizlerinden nokta analizi $M>2$, Kernel yoğunluk analizi ise $M>2$ ve $M>3$ depremlere uygulanmıştır. Deprem ve fay ilişkisinin incelenmesi için öncelikle bölgedeki faylar sayısallaştırılarak programa aktarılmış ve belirli mesafeler için tampon analizi yapılmıştır. Tüm bu analizler sonucunda, depremlerin Gülbahçe ve Urla faylarının bulunduğu bölgede yoğunlaştığı ve Seferihisar, Urla, Gülbahçe ve Demircili bölgelerinin yüksek deprem aktivitesine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, depremsellik, Kernel yoğunluk analizi, mekânsal analiz, nokta analiz, Sığacık depremleri.

ABSTRACT

2005 Sığacık Gulf earthquake data and seismicity of this region is evaluated with spatial and density analysis (point and Kernel) using ArcGIS_10.1 software. To spatial analysis, $M>2$ magnitude 1506 earthquakes points were transferred to program and applied to mean center, weighted mean center, standard distance, weighted standard distance, standard deviation ellipse analysis. Point and Kernel density analysis was made for $M>2$ magnitudes, and both $M>2$ and $M>3$ magnitudes respectively. To investigation of relationship between fault and seismicity, digitized fault lines transferred to using program, after then buffer analysis was applied for specific distance. In the light of analysis results, it is determined that earthquakes dominated in Gülbahçe and Urla faults, and Seferihisar, Urla, Gülbahçe ve Demircili are identified as areas having high seismic activity.

Keywords: West Anatolia, seismicity, Kernel analysis, spatial analysis, point density, Sığacık earthquakes.

* Ö Bakak

e-posta: :ozde.badur@deu.edu.tr

GİRİŞ

Son yıllarda İzmir ve çevresinde yapılan çalışmalarda bölgenin büyük bir risk taşıdığı belirtilmiştir (Pamukçu vd., 2013; Akıncı vd., 2000; Polat vd., 2009; Gök vd., 2010a; 2010b). Sığacık depremleri, 17 Ekim 2005 tarihinde yerel saat ile 08:45'de büyüklüğü $M=5.7$ olan deprem ile başlamış ve ardından bölgede yüzlerce hafif ve çok hafif büyüklükte depreme neden olmuştur (UDİM, 2005). Bölge bu depremler sonucunda birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir (Emre vd., 2013; Benetatos vd., 2006; Aktar vd., 2007; Sözbilir vd., 2009; Pamukçu vd., 2015; Yolsal-Çevikbilen vd., 2015). Artçı sarsıntıların dağılımı genellikle Gülbahçe Fayı'nın (bazı çalışmalarda Karaburun Fayı olarak da adlandırılmaktadır) doğrultusu ile uyumlu olmakla birlikte, Urla Fayı'nın güney ucu ile Sığacık Körfezi'nde yoğunlaşmakta ve önceki çalışmalarda yapılan çözümler sonucunda; bölgeyi etkileyen hakim tektonik rejimin olduğu K-G ve KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Baykal, 2006). Araştırmacı, Karaburun Fayı'nın güney ucu ile Teke Yarımadası'nın arasında kalan bölgede yapılan odak mekanizması hesaplamalarında, sağ yönlü doğrultu atım bileşeninin yanı sıra az miktarda eğim atımlı bileşenin de olduğunu belirtmiştir. Emre vd., (2005) hızlı fay düzlemi çözümleriyle depremlerin doğrultu atımlı faylanma mekanizmasına bağlı olarak geliştiği ve depremlerin dış merkezinin körfezin batısında kara ile denizin birleştiği bölgede olduğu belirlenmiştir. Sığacık-Urla bölgesinde meydana gelen depremlerin çeşitli kuruluşlardan alınan dış merkez lokasyonları diri fay haritası ile karşılaştırıldığında Gülbahçe Fayı'ndan kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Utku (2005) ise bu depremlerin ikincil fay zonlarının birbirine paralel gelişen kırılmaları şeklinde olduğuna dair bir yaklaşımda bulunmasına rağmen, Sözbilir vd. (2009), deprem dizilerinin Karaburun Yarımadası ile Seferihisar Yükseltisi arasında kalan bölgedeki faylarda gelişmiş olan negatif çiçek yapısından kaynaklandığını belirtmiştir. Odak mekanizma çözümlerinden, Sığacık Körfezi'ndeki bu deprem dizilerinin yanal atımlı fay hareketlerinin (Benetatos vd., 2006) ve ilksel odak mekanizma

çözümlerinden üç büyük depremin yaklaşık K-G doğrultulu ve sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma mekanizmasına (Baykal, 2006) bağlı olduğu belirlenmiştir.

17-31 Ekim 2005 tarihleri arasında ($M>2.4$) 839 deprem raporlanmış ve bunların Gülbahçe Fayının güney bölümünde yoğunlaştığı belirtilmiştir (UDİM, 2005; Yolsal-Çevikbilen vd., 2015). Depremler sonucunda Demircili bölgesi çevresinde yüzey deformasyonları gözlenmiş ve ayrıntılı olarak haritalanmıştır (Sözbilir vd., 2009). Türkiye'de yerbilimleri ile uğraşan farklı disiplinlerde farklı özellikte verilerin kullanılarak, düzenlenmesi ve depolanması, görselleştirilmesi, analizi ve raporlanması konularında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarına olan rağbet artmaktadır (Poyraz ve Kalafat, 2012). Bununla birlikte sistem depremle ilgili tüm verilerin coğrafi koordinatlara dönüştürülerek, istatistiksel veya matematiksel analizlere ve elde edilen sonuçların görsel olarak sunulmasına olanak sağlamaktadır (Tağıl ve Alevyakalı, 2013; Özşahin, 2014; Pektezeli, 2015). Literatürde CBS uygulamalarında deprem ile ilgili olarak afet yönetimi, deprem duyarlılık haritaları ve risk analizi tespiti gibi konularında yapılan çalışmalara oranla mekânsal ve yoğunluk analizi ile ilgili çalışmaların sayısının daha az olduğu görülmüştür. Mekânsal analiz uygulamaları ile ilgili benzer çalışmalar İzmir ve yakın çevresi (Aktepe ve Aydın, 2013) ile Ege Bölgesi (Tağıl ve Alevyakalı, 2013) için uygulanmıştır.

2005 Sığacık depremlerinin mekânsal ve yoğunluk analizleri için, AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı) deprem kataloğundan çalışma alanına uygun olarak belirlenen bölge içerisinde $M>2$ büyüklüğündeki deprem verileri alınmıştır (AFAD, 2015). Bu çalışmada belirtilen tüm analizler ArcGIS Desktop yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

YÖNTEM

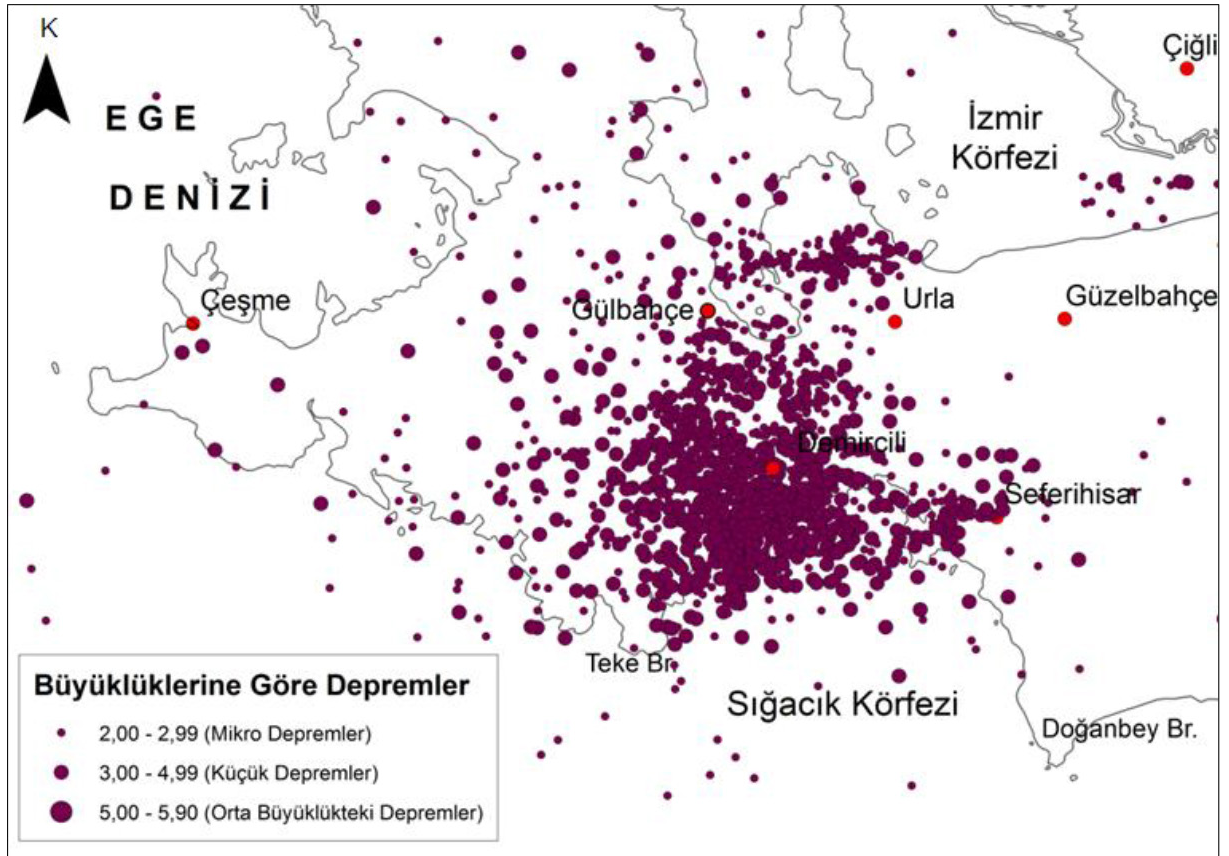
AFAD'ın resmi internet sitesinde yer alan deprem kataloğu kullanılarak 01/01/2005 – 01/12/2005 tarihlerinde 26,658-27,0645 B - 38,0126-38, 6941 E arasında kalan alanda $M>2$ büyüklüğünde, 1-105 km derinlikte meydana

na gelen 1506 adet deprem verisi Excel tablosunda (Boylam-Enlem-Derinlik-Büyüklik) ArcGIS –(versiyon 10.1) programında kullanılmak üzere uygun formata çevrilmiş ve analizler için hazır hale getirilmiştir. Belirtilen tarih aralıkları ve sınırlandırılan bölge, çalışmanın amacına göre belirlenmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinde WGS-UTM-Zone-35N coğrafi koordinat sistemi kullanılarak çalışılmıştır. Depremler, büyüklüklerine göre mikro depremler ($1.0 \leq M < 2.99$), küçük depremler ($3.0 \leq M < 4.99$) ve orta büyüklükteki ($5 \leq M < 5.90$) depremler olarak sınıflandırılarak dağılım haritası hazırlanmıştır (Şekil 1).

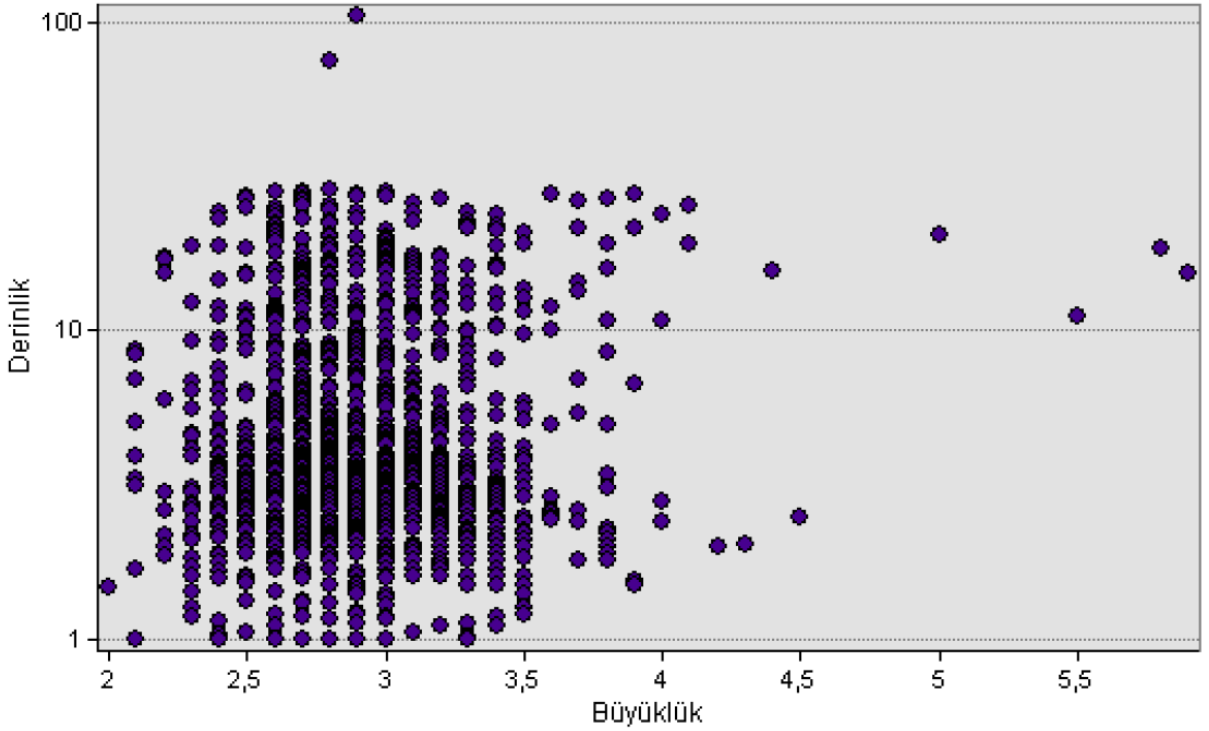
Çalışma kapsamında, 2005 Sığacık depremleri için tampon analizi, mekânsal analiz (ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart

uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma elipsi) ve yoğunluk (nokta yoğunluk ve Kernel yoğunluk) analizi uygulanmıştır.

Meydana gelen depremlerin genel dağılımına bakıldığında Teke Burnu, Urla, Gülbahçe ve Seferihisar arasında kalan bölgede yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 1). Depremlerin büyüklüklerinin derinliğe göre dağılım grafiği incelendiğinde, büyüklüğü $2 < M < 3.5$ olan depremlerin oldukça fazla olduğu ve bunların 0-10 km derinlikte ve büyüklüğü $M > 3.5$ olan depremlerin de 0-30 km derinlikte meydana geldiği görülmüştür (Şekil 2). Bölgede deprem derinlik dağılımı 0-30 km arasında değişim gösterdiğinden bunlar, yüzeye yakın yani sığ depremler olarak ($60 < km < 300$) sınıflandırılmıştır. Sığ depremler (< 60 km) dar alanda yayılım göstermesine rağmen yüzeyde



Şekil 1. 2005 Sığacık depremlerinin büyüklüklerine ($M > 2$) göre dağılımı (AFAD, 2015).
Figure 1. Distribution of 2005 Sığacık earthquakes ($M > 2$) by magnitude (AFAD, 2015).



Şekil 2. Depremlerin büyüklük ve derinliğe göre dağılımı.
Figure 2. Distribution by magnitude and depth of earthquakes.

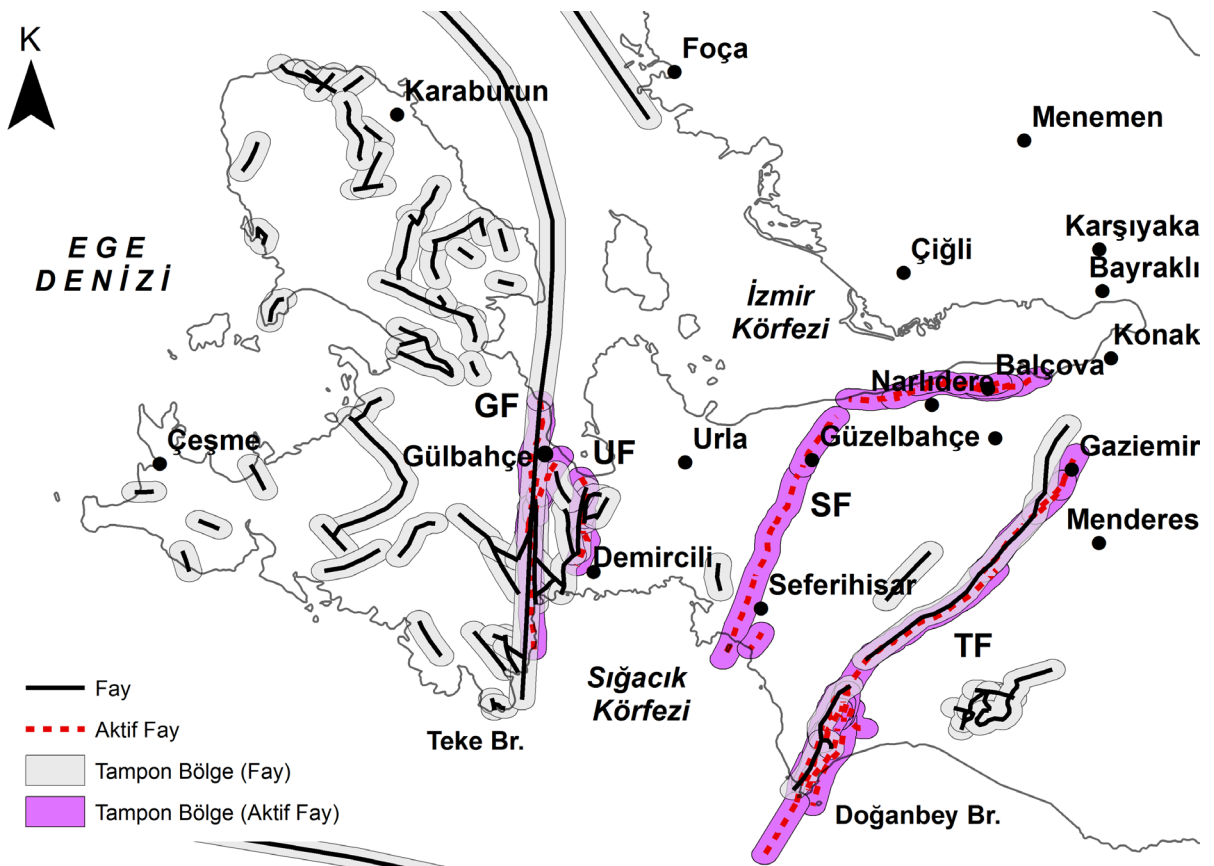
büyük hasara neden olabilmektedir. Sığacık depremleri de yeryüzünde belirli bölgelerde yüzey kırıkları ve binalarda çatlaklara neden olmuş (Sözbilir vd., 2005) ve neredeyse bir hafta süren artçı sarsıntılarla İzmir Körfezi ve çevresindeki tüm ilçelerde hissedilerek tedirginliğe neden olmuştur. 10 Nisan 2003 tarihinde meydana gelen Seferhisar depremi ($M_w=5.7$) de sığ odak derinlik (h : 8 km) değerine sahiptir. Genellikle meydana gelen depremlerin odak derinlikleri, Batı Anadolu'nun bu bölümü için 0-20 km arasında değişmektedir (Yolsal-Çevikbilen vd., 2015). Ayrıca çalışmada, Sığacık Körfezi için, büyüklüğü 5.4, 5.7 ve 5.9 olan depremlerin odak derinlikleri (h) 14 ± 2 km, 9 ± 1 km ve 10 ± 2 km olarak belirlemişlerdir.

Tampon Analizi

Tampon analizi, belirli bir bölge içerisinde çalışma amacına göre istenilen bilgilere yönelik yapılan analizdir. Fay hatları için uygulanan

tampon analiz, gelecekte deprem üretme potansiyeli olan aktif fayların etrafında, belirli kriterler gözetilerek herhangi bir yapılaşmaya izin verilmeyen zonlar (emniyetli uzaklık aralığı) olarak tanımlanmıştır (Sözbilir vd., 2015).

Çalışmada, Sığacık Körfezi depremlerinin incelenmesi amacıyla öncelikle deprem dağılımının bölgedeki Gülbahçe ve Urla Fayları ile ilişkisinin değerlendirilmesi için Tampon Analizi yapılmıştır. Bu amaçla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nın Yerbilimleri Portalından yararlanılarak (Emre vd., 2013) fayların koordinat bilgileri belirlenerek *.kml uzantılı olarak kaydedilmiş ve programa Conversion Tools bölümünden *.kml dosyası From KML aracı kullanılarak programa aktarılmıştır. Programa aktarılan noktalar birleştirilerek fay haritası oluşturulmuş ve örnek olması bakımından aktif ve aktif olmayan tüm faylar için 1 km'lik mesafe için tampon analizi uygulanmıştır (Şekil 3). Tarihsel ve güncel depremlerin dağılımı dikkate



Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresinde yer alan faylar (faylar Emre vd., 2013'den yararlanılarak hazırlanmıştır) için örnek Tampon analizi (1 km) (GF : Gülbahçe Fayı, UF : Urla Fayı, SF : Seferihisar Fayı, TF : Tuzla Fayı).
 Figure 3. An example for Buffer analysis (1 km) for faults in study area and its surroundings (faults prepared from Emre et al., 2013) (GF : Gülbahçe Fault, UF : Urla Fault, SF : Seferihisar Fault, TF: Tuzla Fault).

alınarak yaklaşık olarak 6 km'lik mesafe için tampon analizi Gülbahçe ve Urla Faylarına uygulanmıştır (Şekil 4).

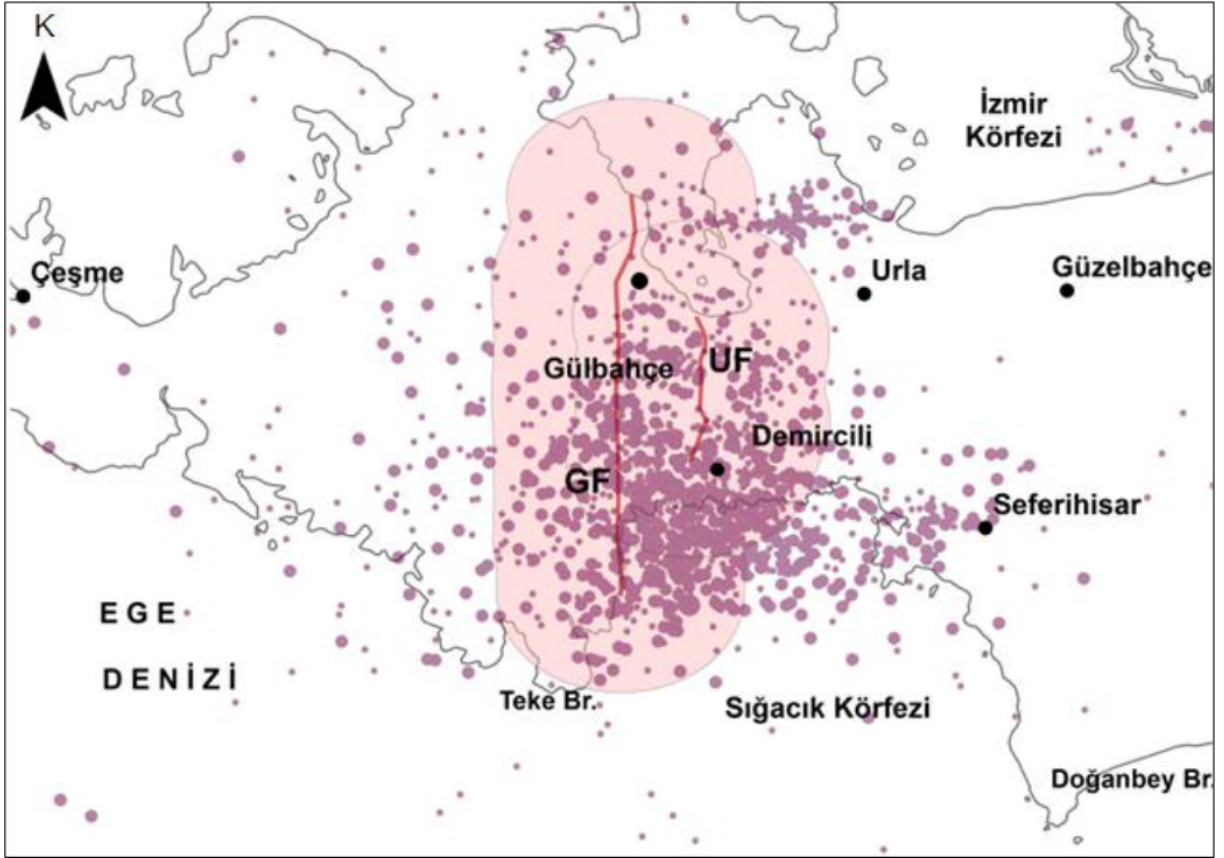
Mekânsal Analiz

Mekânsal istatistiklerden nokta deseninin gösterildiği analizler birçok unsurun nokta dağılımının gösterilmesi ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Vere-Jones ve Li, 1997; Mateu vd., 1998; Stoyan ve Penttinen, 2000). Bu çalışmada mekânsal analiz kapsamında ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma analizi ve yoğunluk analizi uygulanmıştır.

Ortalama merkez ve ağırlıklı ortalama merkez analizi

Ortalama merkez yöntemi tüm deprem noktalarının X ve Y koordinat değerlerinin ortalamasını hesaplayarak harita üzerinde yeni bir nokta veri oluşturulması esasına dayanmakta olup (McGrew ve Monroe, 1993; Karabulut, 2014; Hepdeniz ve Soyaslan, 2015), depremlerin mekânsal istatistik açıdan orta noktalarının bulunmasını sağlamaktadır (Tağıl ve Alevkayalı, 2013).

Bazı durumlarda bölgede meydana gelen olay ve olguların bireysel olarak etki değerleri olduğundan dağılımın merkezi çözümü için yeterli olamamaktadır, bu gibi durumlarda ise ağırlıklı ortalama merkez analizi kullanılmaktadır (Kaya



Şekil 4. Gülbahçe ve Urla Faylarına uygulanan 6 km uzaklık için tampon analizi ve 2005 Sığacık depremleri ile ilişkisi.

Figure 4. Buffer analysis (6 km) for Gülbahçe and Urla Faults and its relation with 2005 Sığacık earthquakes.

vd., 2015). Ortalama merkez analizinde sadece deprem noktaları analize katılırken, ağırlıklı ortalama merkez analizinde ise depremlere ait büyüklük değerleri hesaba katılarak yeniden analiz işlemi gerçekleştirilmektedir (Hepdeniz ve Soyaslan, 2015). Ortalama merkez analizi sonucunda merkez noktası için 26,6674 Enlem – 38,2309 Boylam ve ağırlıklı ortalama merkez analizi sonucunda ise 26,6673 Enlem – 38,2403 Boylam değerleri belirlenmiştir (Şekil 5).

Standart uzaklık ve ağırlıklı standart uzaklık

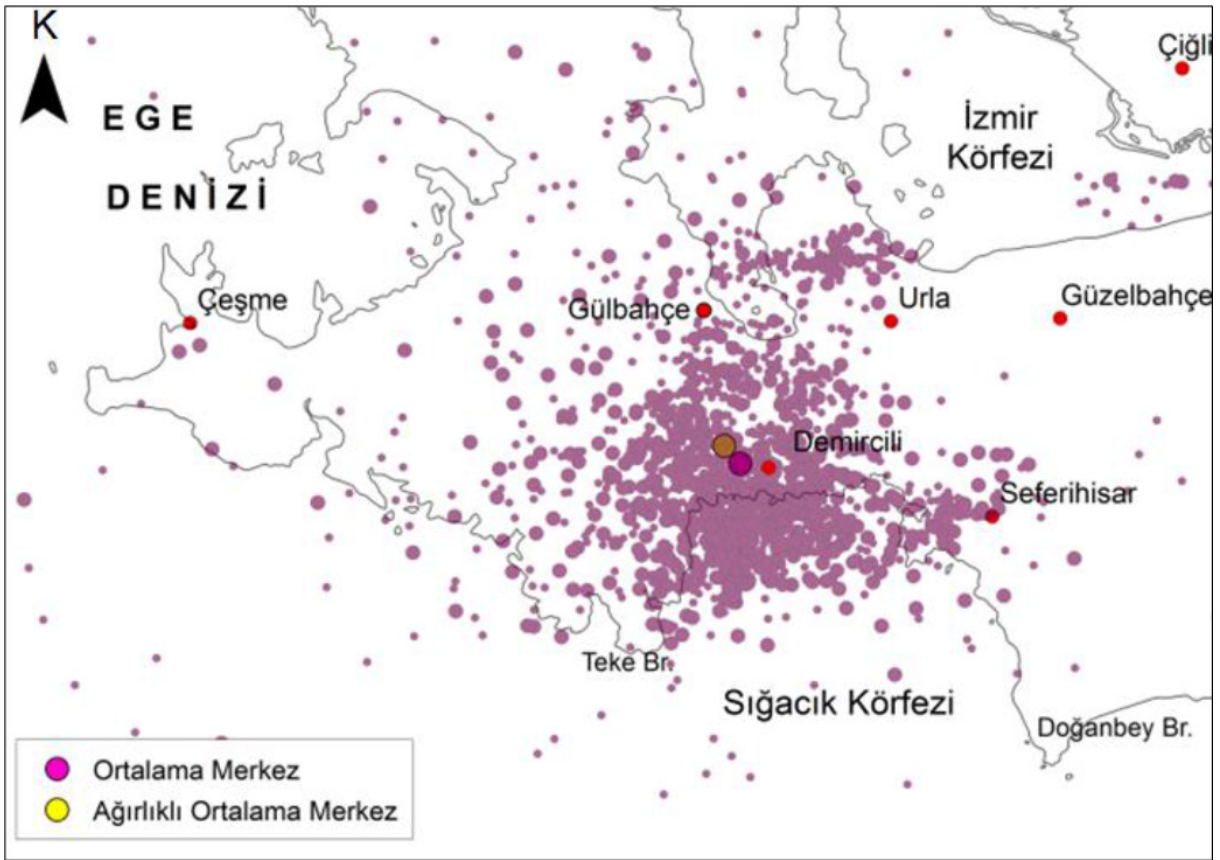
Standart uzaklık, çalışma alanı içerisindeki deprem noktalarının dağılım alanını değerlendirmek için uygulanmaktadır (Walford, 2011; Menteşe ve Okuyucu, 2013) (Şekil 6). Standart uzaklık çemberinin geniş bir alanı kaplayacak şekilde

yayılm göstermesi, deprem noktalarının dağınık bir yapı sunduğunu; çemberin daha küçük bir alanda yayılım göstermesi ise depremlerin birbirine yakın bölgelerde meydana geldiğini göstermektedir (Menteşe ve Okuyucu, 2013).

Ağırlıklı standart uzaklık, ağırlıklı ortalama merkez gibi öznitelik bilgilerinin bulunduğu mekânsal olaylarla hesaplanabilmekte olup (McGrew ve Monroe, 1993; Karabulut, 2014; Sahoo, 2013; Kaya vd., 2015) bu çalışmada, deprem büyüklüğü analize katılarak uzaklığın yeniden hesaplanması ile elde edilmiştir (Şekil 6).

Standart sapma elipsi

Deprem noktalarının dağılım yönü standart sapma elipsi ile belirlenmektedir (Lee ve Wong,



Şekil 5. Ortalama merkez ve ağırlıklı ortalama merkez analiz haritaları.
Figure 5. Mean center and weighted mean center analysis maps.

2001; Hepdeniz ve Soyaslan, 2015; Menteşe ve Okuyucu, 2013). Standart sapma elipsi bir bölgede meydana gelen olay ve olguların dağılışı derecesi, yayılma derecesi ve yönelimini göstermekte olup, dağılışı ve yayılım açısından standart mesafeden farklı olarak, dağılımın doğrultu ve yönelimini ortaya koymaktadır (Gürbüz ve Karabulut, 2008; Kaya vd., 2015). 2005 Sığacık depremleri için belirlenen standart sapma elipsinin K-G yönlü olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).

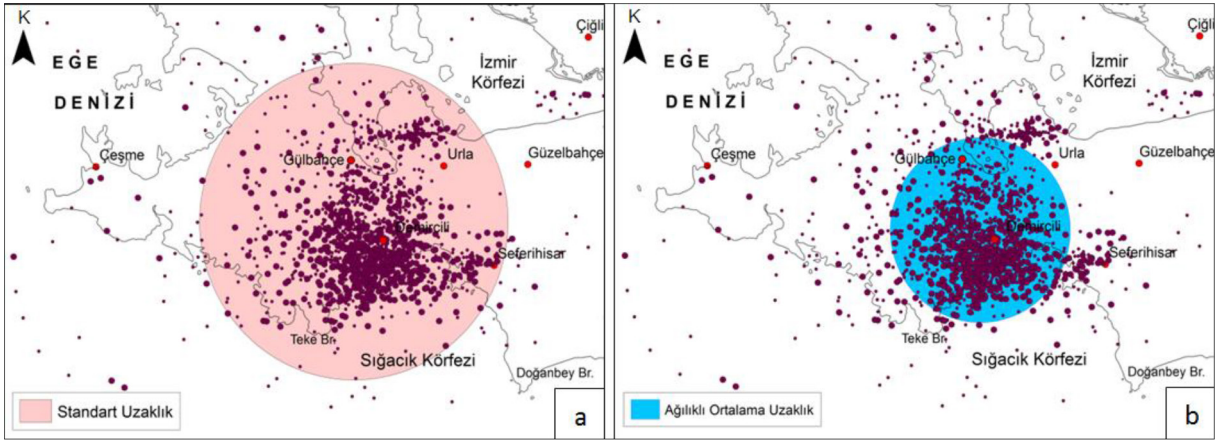
Yoğunluk Analizi

Yoğunluk fonksiyonu, nokta ve çizgi şeklindeki detayların yoğunluğunun, km^2 başına düşen miktarının belirlenebilmesi için uygulanan en uygun analizdir. Bu analiz belirli bir bölgedeki verinin (deprem merkezi, ağaç tipleri, ev, bina, trafik, nüfus vb.) sıklığını/yoğunluğunu ve bunların öznelilikleri üzerinde uygulanmaktadır.

Yoğunluk analizi nokta/çizgi tipi veri özelliğinin harita üzerinde bölgesel olarak dağılımını gözlemlemek amacıyla kullanılmaktadır. Yoğunluk analizi içerisinde nokta yoğunluk, çizgi yoğunluk ve Kernel yoğunluk analizleri bulunmaktadır. Çalışmada deprem verileri değerlendirildiğinden nokta ve Kernel yoğunluk analizlerinin uygulanmıştır.

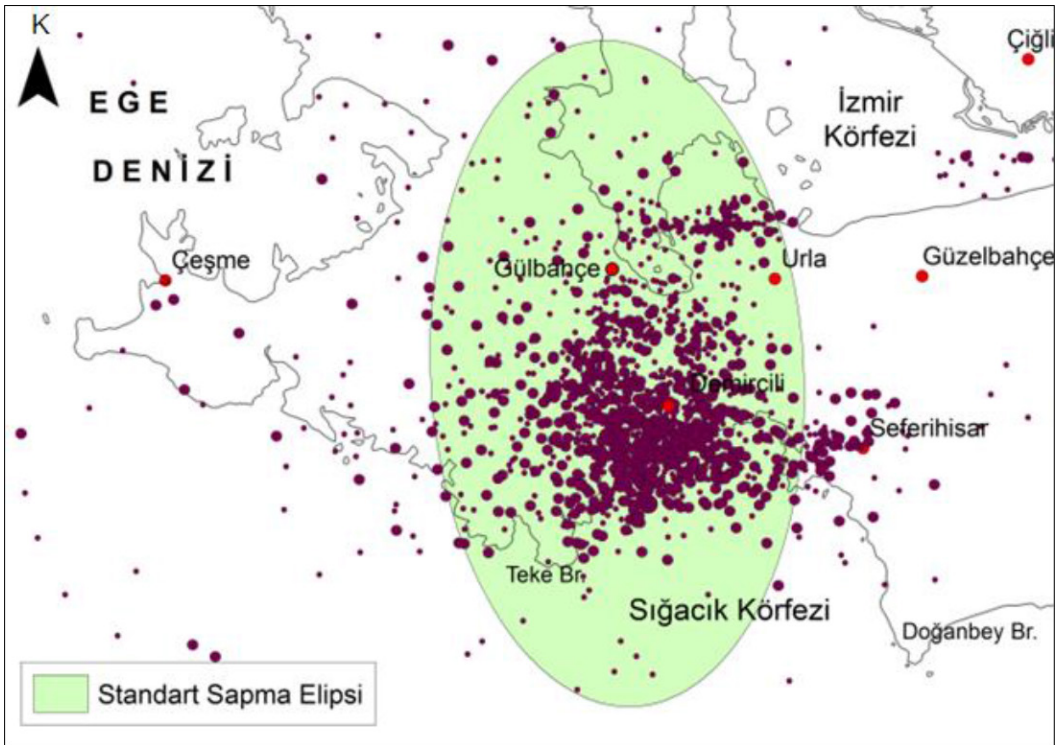
Nokta yoğunluk analizi

Bu analiz için kullanılacak olan hücre değerleri dairesel olarak belirlenen bir tarama alanına göre hesaplanmaktadır. Her bir hücre değeri ise, tarama alanında bulunan nesne sayısı alanının büyüklüğüne bölünerek belirlenmektedir (Kahraman ve Ünsal, 2014). Nokta yoğunluk analizi, ayrı noktalarla ifade edilen verilerin analizi ile noktalardan yoğunluk yüzeyi oluşturulması ile gerçekleştirilmektedir. Noktasal yoğunluk



Şekil 6. a) Standart uzaklık ve b) ağırlıklı standart uzaklık haritaları.

Figure 6. a) Standard distance and b) weighted standard distance maps.

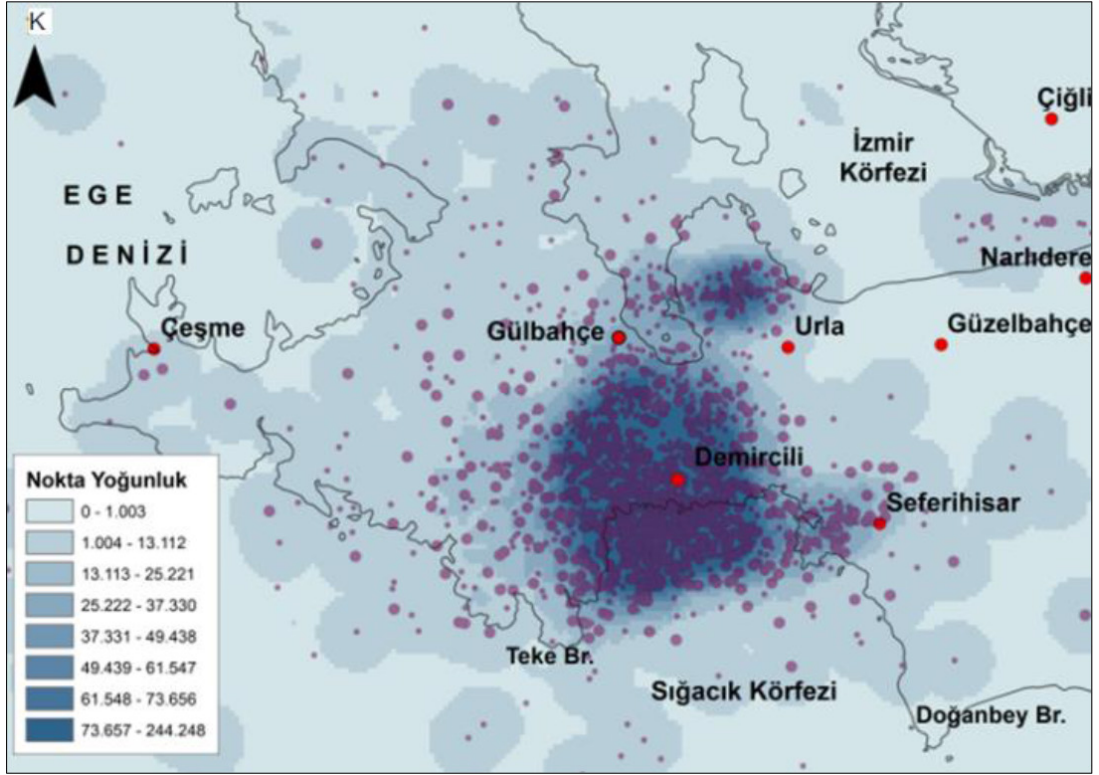


Şekil 7. Standart sapma elipsi haritası

Figure 7. Map of standard deviation ellipse.

analizi her bir pikselde ya da tanımlı bir hücre (yuvarlak alan) içerisine düşen noktaların sayısı ile değerlendirilerek hesaplanabilmektedir. 2005 Sığacık depremleri için uygulanan nokta yoğunluk analizi ile elde edilen sonuçlar Şekil

8'de görülmektedir. Yoğunluk analizi, noktasal verilerin keşiştiği diğer bir deyişle noktaların yoğunlaştığı alanları temsil etmektedir. Aktepe ve Aydın (2013) çalışmasında İzmir il merkezinden 50 km yarıçapındaki alanı kapsayan bölgede



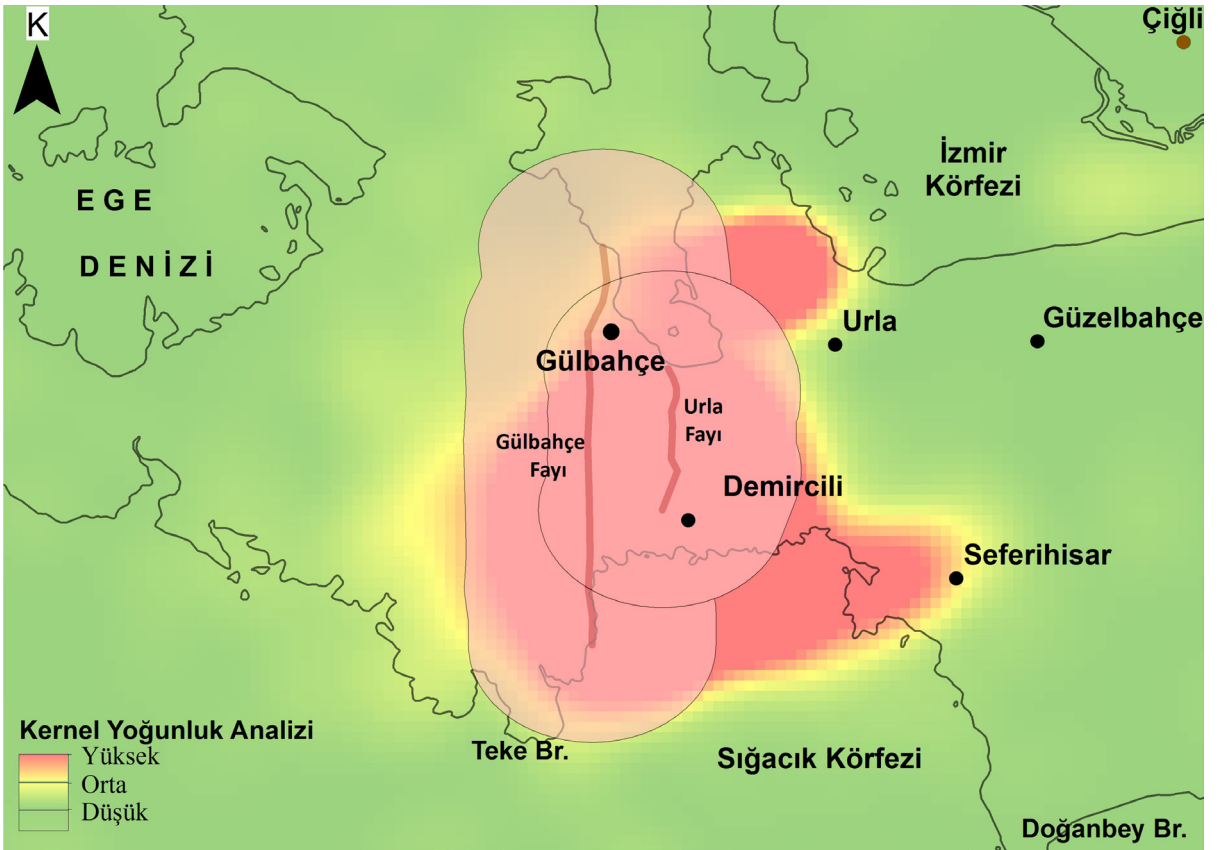
Şekil 8. 2005 Sığacık depremleri ($M>2$) için nokta yoğunluk analizi.
Figure 8. Point density analysis for 2005 Sığacık earthquakes ($M>2$).

meydana gelen depremlerin nokta yoğunluk analizi sonucunda Seferihisar ilinin deprem yoğunluğu bakımından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kernel yoğunluk analizi

Kernel yoğunluğu yönteminde noktaların bulunduğu alan ızgara biçiminde karelerle bölünmekte ve her kare içerisine düşen noktaların sayısına bağlı histogram ile yoğunluk belirlenmektedir. Kernel yoğunluk analizinde noktaların dağılım sıklığı, karelerin gözlenen frekans dağılımı ile beklenen değerinin karşılaştırılması ile test edilmektedir. Kernel yoğunluk analizi hücrelerle değil, tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile bu kaynaktan uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir. Kernel analizi, deprem çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Bailey ve Gattrell, 1995). Bu teknik aynı zamanda tehlike

analizi (Woo, 1996) ve sismik olay sıklığının belirlenmesi için de kullanılmaktadır (Tağıl ve Alevkayalı, 2013). Tağıl ve Alevkayalı (2013), Ege Bölgesinde 1900-2012 yılları arasında meydana gelen $M\geq 4$ depremlerin mekânsal dağılımlarını incelemiş ve belirli yıl aralıklarında meydana gelen depremler için Kernel yoğunluk analizini uygulamışlardır. Belirtilen çalışmada 1978-2012 yılları arasında $M>4$ depremler için yapılan Kernel yoğunluk haritasında, İzmir il merkezinden Çeşme'ye kadar geniş bir bölgede yüksek yoğunluk değeri görülmektedir. 1978-2012 yılları arasında $M>5$ depremler için yapılan haritada ise bu bölgenin İzmir il merkezinden Seferihisar ve Urla arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Her iki haritada da İzmir ve çevresinin yoğun deprem aktivitesine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir. 2005 Sığacık $M>2$ depremleri için Kernel yoğunluk analizi depremlerin büyüklüğü, ağırlıklı olarak kullanılmış ve tampon bölge ile korelasyonu için Şekil 9 hazırlanmıştır.



Şekil 9. $M>2$ depremler için uygulanan Kernel yoğunluk analizi ve tampon analizi ile korelasyonu (GF: Gülbahçe Fayı, UF: Urla Fayı).

Figure 9. Kernel density analysis for $M>2$ earthquakes and its relation with buffer analysis for active faults (GF: Gülbahçe Fault, UF: Urla Fault).

SONUÇLAR

Çalışmada 2005 Sığacık depremlerinin ($M>2$) mekânsal ve yoğunluk analizleri uygulanarak dağılımların mekânsal deseni ortaya konulmuştur. Mekânsal analiz için ortalama merkez, ağırlıklı ortalama merkez, standart uzaklık, ağırlıklı standart uzaklık, standart sapma elipsi yöntemleri, yoğunluk analizleri için nokta yoğunluk ve Kernel yoğunluk analiz yöntemleri uygulanmıştır. Depremler için öncelikle ilişkili olabilecek aktif Seferihisar ve Urla Faylarına tampon analizi uygulanmış ve bölgenin depremselliği açısından bu yapıların oldukça etkili olduğu görülmüştür. Ortalama merkez ve ağırlıklı ortalama merkez analizleri sonucunda merkez noktalarının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Aynı zamanda analiz, depremlerin

belirli bir bölgede yoğunlaştığını ve büyüklük bakımından birbirine yakın olan depremlerin konumları bakımından da birbirine yakın olduğunu göstermiştir. Standart uzaklık ve ağırlıklı standart uzaklık analizleri sonucunda tampon analizi ile aynı yerleşim bölgelerini (Seferihisar, Gülbahçe, Urla, Demircili) kapsadığı görülmüştür. Ağırlıklı standart uzaklık çemberinin, standart uzaklık çemberine göre daha küçük olması depremlerin birbirlerine yakın ve belirli bir bölgede yoğunlaşmasının bir etkisidir. Standart sapma elipsi analizi sonucunda elipsin doğrultusu K-G yönlü olup bunun hem deprem dağılımı hem de depremlerle ilişkili olabilecek fayların doğrultuları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Noktasal yoğunluk analizi sonucuna göre depremlerin, Seferihisar – Gülbahçe – Teke Burnu bölgeleri arasında kalan alanda yoğunlaştığı

görülmüştür. Kernel yoğunluk analiz değerleri yüksek, orta ve düşük olarak gruplandırılmıştır. Kırmızı değerler yüksek yoğunluklu alanları temsil etmekte olup, depremlerin sayısının fazla olduğu bölgeleri göstermektedir. Bu sonuç, nokta yoğunluk analizi ile depremlerin belirli bir bölgede yoğunlaşmasından dolayı benzerlik göstermektedir.

Tüm bu analizler sonucunda elde edilen veriler; Seferihisar, Gülbahçe, Urla ve Demircili bölgelerinin, 2005 Sığacık Körfezi depremleri ile birlikte bölgede son 20 yılda meydana gelen depremleri de göz önünde bulundurarak yüksek deprem riski taşıyan alanlar olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

KATKI BELİRTME

Yazar, makaleye yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan hakemler Prof.Dr. Şermin TAĞIL ve Yrd. Doç.Dr. Kerem HEPDENİZ'e ve editörlere teşekkür eder.

KAYNAKLAR

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı), 2015. DDA Kataloğu, <http://www.deprem.gov.tr/tr/ddakatalogu>, 10 Şubat 2016.

Akinci, A., Eyidoğan, H., Göktürkler, G., Akyol, N. ve Ankaya, O. 2000. İzmir ili çevresinin depremselliği ve deprem tehlikesinin incelenmesi. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM, 2000), İzmir, Bildiriler Kitabı.

Aktar, M., Karabulut, H., Özalaybey, S., ve Childs, D., 2007. A conjugate strike-slip faults system with in the extensional tectonics of Western Turkey. *Geophysical Journal International*, 171 (3), 1363-1375.

Aktepe, E., ve Aydın, C., 2013. İzmir çevresinde yapılan sismotektonik araştırmaların CBS ve mekânsal istatistik yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, Türkiye.

Bailey, T.C., ve Gatrell, A.C., 1995. *Interactive Spatial Data Analysis*. Person Education Limited, England.

Baykal, M., 2006. Seferihisar-Urla bölgesi'nin güncel depremselliği ve gerilme tensör analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Benetatos, C., Kiratzi, A., Ganas, A., Ziazı, M., Plessa, A., ve Dtakatos, G., 2006. Strike-slip motions in the Gulf of Sığacık (western Turkey) : Properties of the 17-20 October 2005 earthquakes seismic sequence. *Tectonophysics*, 426, 263-279.

Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., ve Yıldırım, C., 2005. 17 Ekim 2005 Sığacık (İzmir) Depremlerinin Ön Değerlendirme Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., ve Şaroğlu, F., 2013. 1/1.125.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi, Ankara, Türkiye.

Gök, E., Polat, O., Çeken, U., Yalçınkaya, E., Keçecioğlu, M. ve Akçığ, Z., 2010a. Site amplification at strong-ground motion stations in metropolitan Izmir, Turkey. *European Seismological Commission 32nd General Assembly (ESC-2010)*, Montpellier-France, 243.

Gök, E., Polat, O., Pamukçu, O., Keçecioğlu, M., Sözbilir, H., Çifçi, G., ve Akçığ, Z., 2010b. Microseismicity monitoring in Izmir (Western Turkey) and surrounding areas. *European Seismological Commission 32nd General Assembly (ESC-2010)*, Montpellier-France, 243.

Gürbüz, M., ve Karabulut, M. 2008. Mapping and analysis of the traffic accidents in the city of Kahramanmaraş. with geographic information systems. 5th International Conference on Geographic Information Systems (ICGIS-2008), İstanbul, Turkey. *Proceedings*, (2), 477-483.

- Hepdeniz, K., ve Soyaslan, İ.İ., 2015. Burdur ilinde meydana gelen depremlerin odak noktalarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile 3 boyutlu modellenmesi ve jeoistatistiksel analizi. Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, Burdur, Türkiye, Bildiriler Kitabı, 104-112.
- UDİM (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi), 2005. 17-21 Ekim 2005 Sığacık Körfezi –Sefehisar (İZMİR) depremleri ön değerlendirme raporu. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/onemliler/17_21Ekim2005SigacikSeferihisarDepremleri.pdf, 7 Şubat 2016.
- Kahraman, S., ve Ünsal, Ö., 2014. ArcGIS for Desktop Spatial Analysis. ESRI Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti., Ankara.
- Karabulut, M., 2014. Mekânsal İstatistik Teknikleri. Coğrafyacılar Derneği, Balıkesir.
- Kaya, Ö., Toroğlu, E., ve Adıgüzel, F., 2015. 2011 genel seçimlerinde partilerin aldığı oy oranlarının ilçeler ölçeğinde mekânsal analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, 31, 1-13.
- Lee, J., ve Wong, D.W.S., 2001. Statistical Analysis with ArcView ArcGIS. John Wiley and Sons, Canada.
- Mateu, J., Domenech J.L. ve Francisco, M., 1998. The spatial pattern of a forest ecosystem. Ecological Modelling, 108,163-174.
- McGrew, J., ve Monroe, C.B., 1993. Statistical Problem Solving in Geography. Wm.C. Brown Communication, Oxford.
- Menteşe., S. ve Okuyucu, A., 2013. Bilecik ilinde nüfusun mekânsal dağılışının jeoistatistiksel yöntemlerle incelenmesi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6 (24), 258-267.
- Özşahin, E., 2014. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak Antakya (Hatay) şehrinde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirilmesi. Ege Coğrafya Dergisi, 23 (2), 19-35.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Yurdakul Çırmık, A., ve Kahveci, M., 2015. Investigation of the Sığacık Bay's displacement characteristic by using GPS and gravity data in Western Anatolia. Journal of Asian Earth Sciences, 89, 72–84.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Yurdakul Çırmık, A., ve Kahveci, M., 2013. Sismik riski yüksek olan İzmir-Karaburun'un güneyinde yapılmış mikrogravite ve GPS çalışmaları. Jeofizik, 18, 59-66.
- Pektezel, H., 2015. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi sistemine (AHS) göre Gelibolu Yarımadası'nın deprem duyarlılık analizi. The Journal of Academic Social Science Studies, 36, 179-201.
- Polat, O., Çeken, U., Uran, T., Gök, E., Yılmaz, N., Beyhan, M., Koç, N., Arslan, B., Yılmaz, D., ve Utku, M., 2009. Izmirnet: a strong-motion network in metropolitan Izmir, Western Anatolia, Turkey. Seismological Research Letter, 80 (5), 831-838.
- Poyraz, S., A., ve Kalafat, D., 2012. Sismoloji'de CBS uygulamaları. Jeofizik, 12, 25-37.
- Sahoo, P., 2013. Statistical techniques for spatial analysis. New Delhpi. <http://www.iasri.res.in/ebook/ebadat/6-Other%20Useful%20Techniques/11-Spatial%20STATISTICAL%20TECHNIQUES.pdf>, 26 Nisan 2016.
- Stoyan, D., ve Antti, P., 2000. Recent application of point process methods in forest statistics. Statistical Science, 15, 61-78.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U. ve Helvacı, C., 2005. İzmir'deki deprem dizilerinin nedeni, faylardaki çipek yapısı. Cumhuriyet, Bilim Teknik, Deprem Araştırmaları, 976, 18-19.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., Helvacı, C., ve Özkaymak, Ç., 2009. 17-20 Ekim 2005 Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları

- ile ilişkisi, Batı Anadolu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 52 (2), 217-238.
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Tepe, Ç., Softa, M., Eski, S., Babayiğit, G., Turan, R., Karaş, M., ve Koşum, Ş., 2015. İzmir Kenti içinden geçen diri faylarda fay sakinim bandı/yüzey faylanması tehlikesi kuşağı oluşturma kriterleri. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı.
- Tağıl, Ş., ve Alevkayalı, Ç. 2013. Ege Bölgesi'nde depremlerin mekânsal dağılımı: jeostatistiksel yaklaşım. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6 (28), 369-379.
- Utku, M., 2005. İzmir depremleri dizisi-Pakistan depremi Türkiye'yi etkiler mi? Cumhuriyet, Bilim Teknik, 927, 16-17.
- Vere - Jones, D., ve Li, M., (1997). Application of M8 and Lin-Lin algorithms to New Zealand earthquake data. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 40, 77-89.
- Walford, N. 2011. Practical Statistics for Geographers and Earth Scientists. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Woo, G., 1996. Kernel estimation methods for seismic hazard area source modeling. Bulletin of the Seismological Society of America, 86 (2), 353-362.
- Yolsal-Çevikbilen, Y., Taymaz, T., ve Helvacı, C., 2015. Earthquakes mechanisms in the Gulf of Gökova, Sığacık, Kuşadası, and the Simav Region (western Turkey): Neotectonics, seismotectonics and geodynamic implications. Tectonophysics, 635, 100-124.

