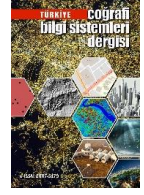




Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis>

e-ISSN 2687-5179



6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri (Mw 7.7 ve Mw 7.6) sonrasında Türkiye’de meydana gelen depremlerin (Mw≥4) coğrafi bilgi sistemleri ile mekânsal analizi

Yasin Demirel¹, Tarık Türk¹

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

ÖZ

İnsanlar çok eski çağlardan beri doğal afetler ile karşılaşmakta ve doğal afetlerin oluşturduğu sorunlara maruz kalmaktadır. Ülkemiz bulunduğu topoğrafik, jeolojik ve iklim koşullarına bağlı olarak doğal afetlerle sürekli olarak karşı karşıya olup ülkemizde en çok can kaybına sebep olan doğal afet türlerinden birisi de depremlerdir. Bu nedenle ülkemizde meydana gelen depremlerin sürekli olarak analiz edilmesi ve bu depremler nedeniyle ortaya çıkan problemlerin çözümü için ileriye yönelik tedbirlerin alınması hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada Türkiye’de 6 Şubat 2023 ile 8 Nisan 2023 tarihleri arasında meydana gelen Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kayıtlarına göre Mw 4’den büyük olan depremlerin meydana geldiği konum dikkate alınarak mekânsal dağılımları ilçe sınırı seviyesinde CBS ortamında analiz edilmiş ve mekânsal istatistiksel testler (Getis-Ord General G, Global Moran’s I, Anselin Local Moran’s I ve Getis-Ord Gi*) kullanılarak kümelenmeleri ortaya konulmuştur. Böylece mevcut depremler hesaba katılarak ileriye yönelik kentsel planlama çalışmaları ve alınması gereken önlemler konularında karar vericilere sağlanacak destek bakımından önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Deprem,
CBS,
Kümelenme,
Mekânsal İstatistik,
Mekânsal Analiz

Spatial analysis of earthquakes (Mw≥4) in Türkiye after 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) with geographical information systems

Keywords

Earthquake,
GIS,
Clustering,
Spatial Statistic,
Spatial Analysis



Araştırma Makalesi

Geliş: 08/06/2023
Revize: 01/08/2023
Kabul: 03/08/2023
Yayınlama: 25/12/2023

ABSTRACT

People have been encountering natural disasters since ancient times and are exposed to the problems caused by natural disasters. Our country is constantly faced with natural disasters depending on the topographic, geological and climatic conditions. One of the natural disasters that cause the most loss of life in our country is earthquakes. For this reason, it is of vital importance to continuously analyze the earthquakes that occur in our country and to take forward-looking measures to solve the problems arising from these earthquakes. In this study, the spatial distributions of earthquakes greater than Mw 4, which occurred between 6 February 2023 and 8 April 2023 in Turkey, according to the records of the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), were analyzed in the GIS environment at the district border level, and spatial statistical analysis was carried out. Clusters were revealed using tests (Getis-Ord General G, Global Moran’s I, Anselin Local Moran’s I and Getis-Ord Gi*). Thus, taking into account the current earthquakes, important results have been obtained in terms of the support to be provided to the decision makers on the issues of prospective urban planning studies and measures to be taken.

*Sorumlu Yazar

(ysndmr158@gmail.com) ORCID 0000-0002-5582-984X
*(tturk@cumhuriyet.edu.tr) ORCID 0000-0002-2671-7590

Kaynak göster

Demirel, Y., & Türk, T. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri (Mw 7.7 ve Mw 7.6) sonrasında Türkiye’de meydana gelen depremlerin (Mw≥4) coğrafi bilgi sistemleri ile mekânsal analizi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 5(2), 60-69.

1. Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ile birlikte sanayi ve teknolojiye hızlı gelişmeler, yerleşim alanlarının bilinçsiz ve düzensiz gelişmesine dolayısıyla doğal afetlerin verdiği zararların artmasına sebep olmaktadır (Demirel & Türk, 2022; Demir, 2018). Deprem, heyelan, su baskını, kuraklık gibi doğal afetlerin asırlar boyunca insanlığı doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen, başladıktan sonra durdurmanın mümkün olmadığı, insanların kontrolü dışında gerçekleşen maddi ve manevi olumsuz sonuçları vardır (Moğulkoç, 2019; Moğulkoç & Türk, 2018; Yazıcı, 2018; Özey, 2006).

Depremler fay hatlarında yarı düzlemsel deformasyon zonları boyunca oluşan hareketleri sebebiyle yeryüzünün sarsılmasıdır. Katı haldeki yerkabuğu yavaş ve sabit hızla hareket etmektedir. Depremler, oluşan gerilmenin büyüklüğünün yerkabuğunu oluşturan malzemenin dayanımını aştığı zaman, bir fay boyunca enerjinin boşalması şeklinde meydana gelir. Genellikle yerkabuğunun litosfer tabakasının parçalara ayrılmış tektonik plakalarının sınırlarında gerçekleşmekle birlikte birçok farklı konumda meydana gelebilmektedir (Türk, 2009). Dünyada sürekli olarak depremler meydana gelmektedir. Fakat bu depremler genellikle çok küçük olup hasara neden olmamaktadır. Bununla birlikte depremler büyüklük faktörüne bağlı olarak ağır hasarlar ile can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir. Türkiye jeolojik yapısı, tektonik oluşumu, topoğrafik yapısı ve meteorolojik özelliklerinden dolayı her zaman deprem tehlikesi ve riski altındadır (Türk vd., 2012). Ülkemizde meydana gelen depremlerin genellikle, Atlas okyanusu sırtının iki tarafa yayılması ile ilişkili olarak Afrika ve Arabistan levhalarının kuzey-kuzeydoğu yönünde hareket etmesiyle bağlantılı olduğu birçok farklı çalışmada belirtilmektedir (Menteşe & Tağıl, 2016; Aksoy vd., 2015; Şahin & Sipahioğlu, 2009). Dolayısıyla depremlerin ana kaynağı, Arabistan levhasının Avrasya levhasına çarpması ve çarpışma sonrasında kuzeye doğru hareketine bağlı olarak gelişen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay zonları oluşturmaktadır (Menteşe & Tağıl, 2016; Aksoy vd., 2015). Ayrıca meydana gelen depremlerin aktif faylar üzerinde yer aldığı ve mekânsal olarak faylar ile depremler arasında çok yakın bir ilişkinin bulunduğu vurgulanmaktadır (Menteşe & Tağıl, 2016; Şahin & Sipahioğlu, 2009; Sezer, 2006). Bu hususların tümü dikkate alındığında Türkiye’de depremden kaçmanın mümkün olmadığı, sürekli olarak farklı büyüklüklerde depremlerin meydana gelebileceği ve deprem ile birlikte yaşanabilmesi için önlemlerin alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Depremlerin mekânsal olarak incelenmesinde CBS, depremi oluşturan faktörler ve çıkış konumu arasındaki ilişkinin ortaya konması açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte depremlerin hangi bölgede kümelendiğinin mekânsal istatistiklerle ve fay gibi coğrafi unsurlarla analiz edilmesi ilgili bölgelerde tedbirlerin artırılmasına yardımcı olabilecek niteliktedir. Böylece ülkemizde hayati tehdit oluşturan depremlerin farklı periyotlardaki depremlere göre kümelenebileceğinin incelenmesi coğrafi faktörlerle benzer özellik taşıyan

diğer bölgelerde tedbir alınması açısından öngörü oluşturmaktadır.

Literatürde, dünyada ve ülkemizdeki birçok depremi ve mekânsal kümelenebilirliği konu alan çalışmalar yapılmıştır. Cao vd. (2021), Çin’in ekonomik düzeyini ve kalkınmasını olduğu kadar insanların yaşamını ve sağlığını da büyük ölçüde etkileyen sayısız depreme maruz kalması, ülkedeki sismik aktivitenin analizinin giderek daha önemli hale geldiğini vurgulamışlardır. Mekânsal otokorelasyon analizi teorisi temelinde, Global Moran’s I, Local Moran’s I ve Local Indicators of Spatial Association teknikleriyle 1970’den 2013’e kadar Çin’de meydana gelen sismik faaliyetlerin mekânsal olarak kümelenebilirliğini incelemişlerdir. Menteşe & Tağıl (2016), 2005 ile 2015 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen Mw 4.0 ve üzeri büyüklükteki depremleri Moran I, General G ve Local G istatistiklerini kullanarak mekânsal otokorelasyonları ve kümelenebilirlikleri tespit etmişlerdir. İncelenen zaman aralığında Türkiye genelinde büyük depremlerin Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayı’nın birleştiği alanda yoğunlaştığını ortaya koymuşlardır. Aktepe & Aydın (2013), İzmir çevresinin jeolojisi ve meydana gelen tarihsel depremler dikkate alındığında, İzmir’in deprem riski yüksek bölgelerden biri olduğu ve çevresinin sismoteknik açıdan değerlendirilmesi gerektiği kanaatine varmışlardır. 1999 ve 2012 yılları arasında büyüklüğü 2.9 ile 5.6 arasında olan deprem verilerini kullanarak CBS ve mekânsal istatistik analiz yöntemleri ile depremlerin mekânsal dağılımını, yoğunluğunu ve şehrin depremselliğini inceleyerek risk oluşturabilecek alanları belirlemişlerdir. Perihanoglu vd. (2022), Van ve çevresindeki 1900 ile 2021 yılları arasında meydana gelen Mw 4.0 ve daha büyük depremleri mekânsal otokorelasyon tekniklerinden (Moran I ve Getis Ord Gi) faydalanarak analiz etmişlerdir. Kümelenebilir bölgelerdeki dağılımları mekânsal otokorelasyon teknikleri ile test ederek tehlikeli bölgelerin belirlenmesini hedeflemişlerdir. Tağıl & Alevkayalı (2013), CBS ile Ege Bölgesinde meydana gelen depremlerin mekânsal desenini ortaya koymayı ve kümelenebilirlikleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Analizlerde 1900 ile 2012 yılları arasında Mw ≥ 4 olan deprem verilerini kullanarak mekânsal deseni tespit etmişlerdir. Li vd. (2020), Mekânsal otokorelasyon ile 1973’ten 2017’ye kadar Alpine Himalaya sismik kuşağında meydana gelen sismik aktivitenin mekânsal-zamansal özelliklerini analiz etmişler ve bu yöntemin sismik mekanizmada kullanılabileceğini ve uygulanabilirliğini vurgulamışlardır. Aslam & Naseer (2020), Balochistan bölgesindeki Chaman fayı boyunca 1900’den 2017’ye kadar meydana gelen depremleri Global Moran’s I, Getis-Ord Gi*, quadrant count analysis, Getis-Ord General G, kernel density, average nearest neighbor, Anselin Local Moran’s I yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Djenaliev vd. (2018), Kırgızistan ve çevresinde 1900 ile 2016 yılları arasında meydana gelen depremleri sismik katalog verilerini kullanarak mekânsal istatistiksel yöntemlerle ve CBS ortamında analiz etmişlerdir. Çalışmada, Anselin Local Moran I ve Getis Ord Gi* yöntemleriyle deprem sıcak nokta alanlarını ve depremlerin mekânsal dağılımını inceleyerek depremlerin yoğunluklu olarak

nerede meydana geldiğini belirlemişlerdir. Affan vd. (2016) Aceh'de meydana gelen depremleri Average Nearest Neighbor, Global Moran I, Getis-Ord General G, Anselin Local Moran I, Getis-Ord Gi* ve Kernel Density ile mekânsal dağılımlarını ve kümelenmeleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. García-Ayllon vd. (2019), İspanya'nın Lorca şehrinde 2011 depremi sonrasında gözlemlenen hasar seviyelerinin mekânsal olarak değerlendirilmesi üzerine odaklanmışlar ve deprem sonrasında kentlerde meydana gelen hasarları analiz ederek deprem risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacak CBS ve mekânsal istatistiksel araçları içeren bir geo-istatistiksel bir yöntem önermişlerdir.

Yukarıdaki çalışmalardan da anlaşılacağı üzere depremler ve mekânsal istatistikler birçok farklı araştırmaya konu olmuştur. Deprem riskinin yüksek olduğu bir bölgede, deprem olaylarının zamansal ve mekânsal analizlerine hâkim olmak, yerel yönetimlerin afet önleme ve azaltma konularında doğru kararlar almasına yardımcı olabilir. Literatür incelendiğinde, deprem kümelerinin tespit edilmesinin yanı sıra bu kümelerin tektonik ve deprem olaylarına göre coğrafi dağılımlarının incelenmesi konularına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Deprem, sadece birkaç saniyede megatonlarca sismik enerji üretebilen bir süreçtir. Bu süreçte insan yapımı yapıların hasar görmesi sonucunda büyük ölçüde ekonomik ve can kaybı meydana gelebilir (Aslam & Naseer, 2019). Bu nedenle, deprem riski taşıyan bölgelerin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye'de 11 ili etkileyen Kahramanmaraş merkezli 6 Şubat 2023 tarihli (Mw 7.6 ve Mw 7.7) büyük deprem felaketleri sonrasında AFAD kayıtlarına göre Mw 4.0 ve üzeri meydana gelen deprem verileri (6 Şubat 2023 ile 8 Nisan 2023 tarihleri arasında) CBS ortamında Getis-Ord General G ve Moran's I istatistiksel analiz

yöntemleriyle ilçe bazında analiz edilmiştir. İstatistiksel olarak kümelenmenin anlamlı olduğu anlaşılan verilerin kümelenme analizi (Cluster and Outlier Analysis) ve sıcak nokta (Getis-Ord Gi*) konumsal istatistik analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistiksel bulgular doğrultusunda depremlerin kümelendiği alanlar tartışılarak ilgili bölgede gerekli çalışmaların yapılmasının gerekliliğine ışık tutulmuştur. Ayrıca, fay gibi deprenselliğe neden olan unsurların yoğun olduğu diğer bölgeler için tedbir alınması gerekliliği vurgulanmıştır.

2. Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Bu çalışma Türkiye sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Türkiye yeryüzünün en aktif kuşaklarından birisi olan, Akdeniz, Alp ve Himalaya deprem kuşağı içerisinde yer almaktadır. Alp sıra dağları, Avrupa ile Asya kıtalarının birbirine göre göreceli hareketlerinin oluşturduğu sıkıştırıcı kuvvetlerin etkisiyle, Himalayalar ise Asya ile Hindistan kıtalarının birleşmeleri sonucunda meydana gelmişlerdir. Türkiye'de çok sayıda sanayi tesisleri ve barajlar deprem bakımından çok aktif bölgeler içerisinde konumlanmıştır. Türkiye'de meydana gelen doğal afetlerle ilgili istatistiksel verilere bakıldığında, depremlerin en çok tahrip eden felaket olduğu görülmektedir (Türk, 2009). Sonuç olarak Türkiye'de depremden kaçmak mümkün olmadığından dolayı ileriye yönelik kentsel planlama çalışmalarında CBS'den etkin bir şekilde faydalanmak suretiyle tedbirler alınması gerekliliği kaçınılmazdır.

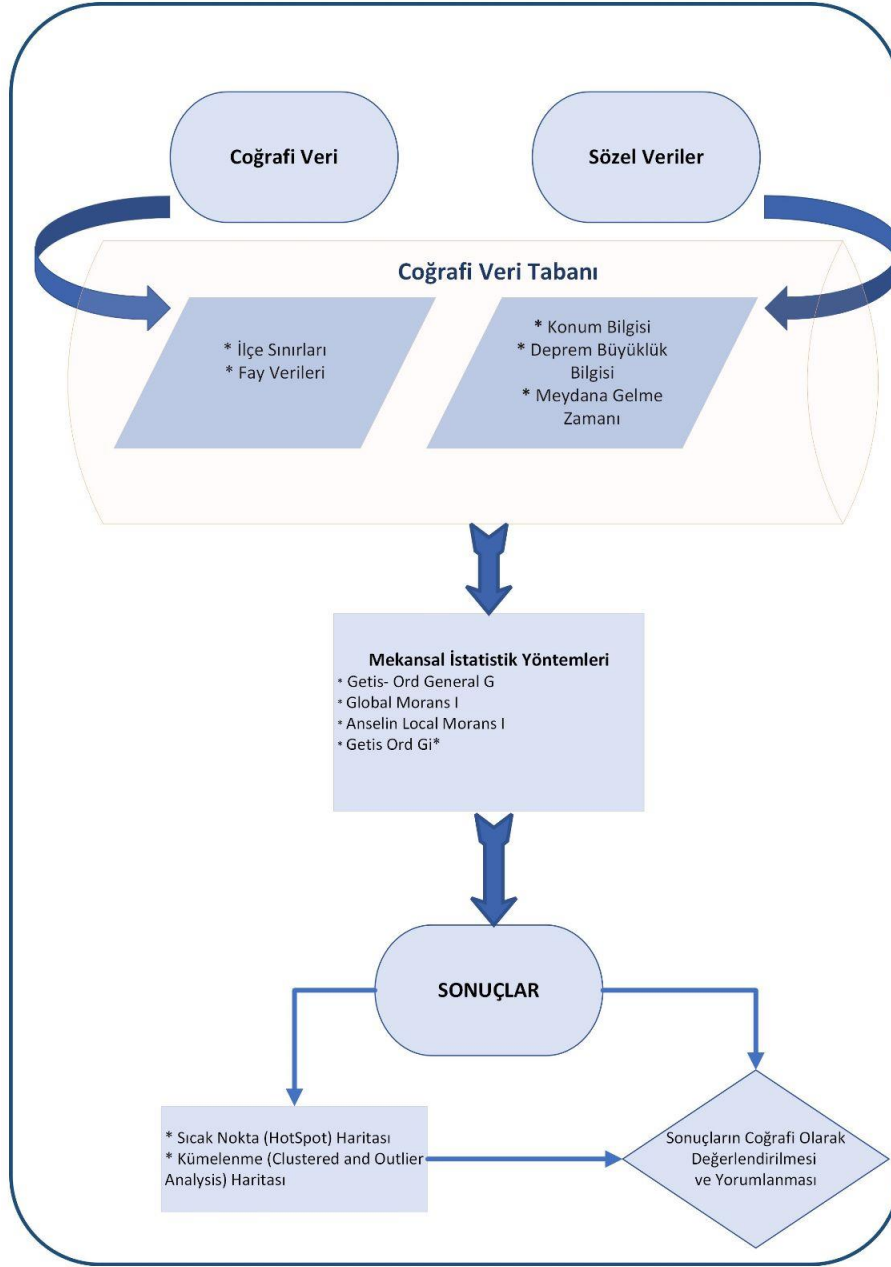


Şekil 1. Çalışma Alanı

2.2. Mekânsal-istatistiksel analiz

Bu çalışmada Türkiye ilçe sınırlarını gösteren veriler ile birlikte AFAD'dan elde edilen 6 Şubat 2023 ile 8 Nisan 2023 tarihleri arasında Türkiye sınırları içerisinde meydana gelen Mw 4.0 ve üzeri büyüklükteki deprem

kayıt verileri kullanılarak ESRI ArcGIS 10.6.1 yazılımı ortamında analiz edilmiştir. Ülkemizde meydana gelen depremlerin hangi bölgelerde kümelenme gösterdiği ve faylarla olan ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmada izlenen iş adımları Şekil 2' de verilmektedir.



Şekil 2. Çalışmada izlenen işlem adımları

Değişkenler arası konumsal ilişkileri değerlendirmek için konumsal örüntü kavramını temel almak son derece önemlidir (Kurland & Gorr, 2007). Kümelenmiş alanların analizi ve değerlendirilmesi, depremlerin mekânsal modelini ortaya koyacak bir rehber niteliği taşımaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışmada CBS tabanlı mekânsal kümelenme analizi gerçekleştirilmiştir. Depremin genel mekânsal dağılımının kümelenme, saçılma ve rastgelelik analizleri için Global Moran's I ve Getis-Ord General G global istatistikleri kullanılırken, kümelerin hangi coğrafi konuma göre dağıldığını belirlemek için Anselin Local Moran's I yerel istatistik testi, kümelerin güven düzeyini

belirlemek için ise Getis-Ord G* yerel istatistik testi kullanılmıştır.

Mekânsal analiz, verilerdeki mekânsal desenleri ve ilişkileri incelemek ve analiz etmek için kullanılan bir tekniktir. Coğrafya, ekoloji, ekonomi ve epidemiyoloji gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmakta olup çeşitli olguların mekânsal desenlerini ve ilişkilerini analiz etmek ve anlamak için kullanılır. CBS'de nokta verilerinin istatistiksel analizinde ilk adım, tüm verilerin desensiz olduğunu ve rastgele özellikler gösterdiğini varsaymaktır. Bu hipotezi oluşturduktan sonra, ilgi alanı olmayan rastgele veriler ve ilgi alanı olan küme verileri olmak üzere iki kısma ayrılan nokta desen analizi yapılır.

Ayrıca, nokta veri kümelerinin modellerini belirlemek için küresel (Getis Ord General G ve Global Moran's I) ve yerel istatistiksel (Getis Ord Gi* ve Anselin Local Moran's I) yöntemler kullanılır. Bu yöntemler mekânsal otokorelasyonu yaygın özelliklerini taşıyan veriler söz konusu olduğunda geçerlidir.

Global Moran's I, bir mekânsal veri setindeki özelliklerin mekânsal otokorelasyonunu ölçen bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem, bir deprem veri setindeki deprem yoğunluğunun mekânsal dağılımını analiz ederek deprem kümelerinin varlığını tespit etmek için kullanılabilir. Ayrıca, deprem kümelerinin yerlerini belirleyerek, bu alanlardaki deprem risklerini daha iyi anlamaya yardımcı olabilir ve acil durum yönetim planlarının geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Örneğin, bir bölgedeki depremlerin kümelendiği yerler, yerel bir fay hattının varlığını gösterebilir. Bu nedenle, deprem risk analizi ve acil durum yönetim planlarının geliştirilmesi için deprem kümelerinin belirlenmesi önemli bir adımdır (Aslam & Nasser, 2019; Djenaliev vd., 2018; Affan vd. 2016).

Getis-Ord General G (GOGG), kümelenemeyi belirlemek için kullanılan diğer bir mekânsal istatistiksel yöntemidir. Bu yöntem deprem örneğinde, bir bölgedeki deprem yoğunluğu verilerini alır ve her bir noktanın etrafındaki diğer noktalara olan coğrafi bağımlılık düzeyini ölçer. Bu ölçüm, bir bölgedeki deprem kümelerinin belirlenmesine yardımcı olur. GOGG yöntemi sadece deprem kümelerinin varlığını değil, aynı zamanda deprem yoğunluğu açısından ne kadar önemli olduklarını da belirleyebilir. Bu nedenle, deprem risk analizi ve acil durum yönetim planlarının geliştirilmesinde kullanılan önemli bir araçtır. Örneğin, GOGG yöntemi, bir bölgedeki deprem kümelerinin ne kadar yoğun olduğunu ve bu kümelerin nerede bulunduğunu belirleyebilir. Bu husus, deprem risk analizi yapmak için önemli bilgi olup deprem kümelerinin belirlenmesine ve bu bilgiye dayalı acil durum yönetim planlarının geliştirilmesine yardımcı olabilir (Aslam & Nasser, 2019; Djenaliev vd., 2018; Affan vd. 2016).

Sıcak nokta analizi (Getis Ord Gi*), mekânsal otokorelasyon yöntemlerinden biri olup bir bölgedeki olayların (örneğin deprem) belirli bir özelliğinin (örneğin yoğunluk) dağılımındaki anormallikleri belirlemek için kullanılır. Bu yöntem, örneğin deprem riski olan bir bölgede deprem sıklığına ve yoğunluğuna ilişkin olası kümelenecekleri belirlemeye yardımcı olabilir. Sıcak nokta analizi yöntemi, verilerin önceden belirlenmiş bir bölgeye nasıl dağıldığını inceleyerek bölgesel bir yoğunluk haritası oluşturur. Bununla birlikte, verilerin özelliklerine göre ayrıntılı bir analiz yapar ve bu verilerin bölgesel yoğunluklarını hesaplar. Daha sonra, bu yoğunluklar öngörülen bir düzeyin üzerinde olan bölgeler için "sıcak nokta" olarak tanımlanır ve bu bölgelerdeki anormallikler ile birlikte muhtemel nedenler belirlenebilir (Djenaliev vd., 2018; Aslam & Nasser, 2019; Affan vd. 2016).

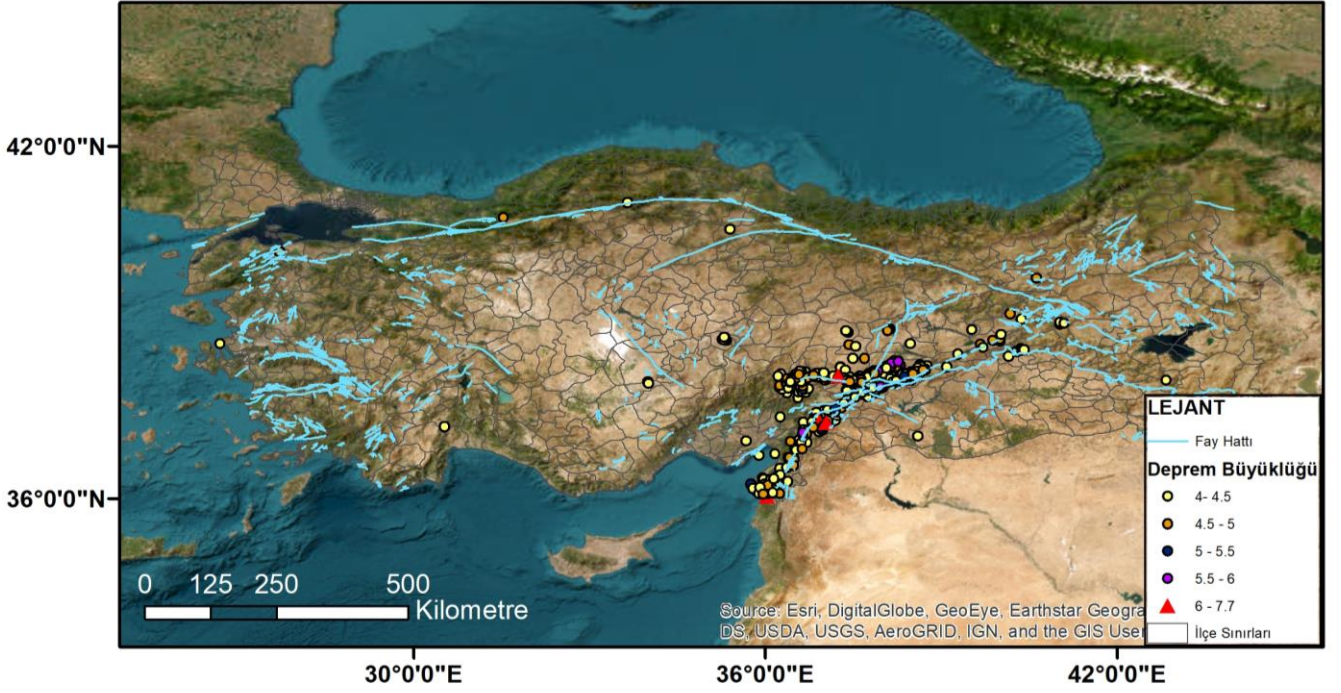
Anselin Local Moran's I ise mekânsal otokorelasyonu ölçen bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem, bir veri kümesindeki noktaların mekânsal konumla-

rina dayalı olarak, noktalar arasındaki benzerlik veya farklılıkların varlığını belirlemek için kullanılır. Deprem bağlamında Anselin Local Moran's I, bir bölgedeki deprem sıklığının ve yoğunluğunun mekânsal dağılımını analiz etmek için kullanılabilir. Diğer bir ifadeyle, bir bölgedeki depremlerin yoğunlaşmasını veya seyrelmesini ve bir bölgedeki her bir noktanın kendisiyle aynı özelliğe sahip diğer noktalarla ne kadar benzerlik gösterdiğini belirlemek için kullanılır. Bu benzerlik veya farklılıklar, "cluster" ve "outlier" olarak adlandırılır. Cluster, bir bölgedeki birkaç noktanın birbirine yakın olması durumunu ifade eder. Bu durum, depremlerin belirli bir bölgede yoğunlaşması veya bir fay hattı boyunca birleşmesi anlamına gelebilir. Outlier ise, bir bölgedeki noktaların genel eğilimden uzaklaşmasını ifade eder (Affan vd. 2016; Djenaliev vd., 2018; Aslam & Nasser, 2019). Anselin Local Moran's I, Sıcak nokta analizi yöntemi (Getis Ord Gi*) gibi bir bölgedeki deprem riskini belirlemek ve acil durum yönetim planlarını geliştirmek için kullanılabilir. Ayrıca, deprem risk analizi için önemli bir araç olup deprem sıklığının ve yoğunluğunun mekânsal dağılımını anlamak için gereklidir.

3. Bulgular Ve Tartışma

Literatür detaylı incelendiğinde farklı araştırmacılar tarafından depremlerle ilgili birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Mekânsal istatistiksel yöntemlerle depremlere yönelik ülkemizde farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Perihanoglu vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, 1900 ile 2021 yılları arasında Van ili ve çevresinde meydana gelen Mw 4.0 ve daha büyük depremler mekânsal otokorelasyon (Moran I ve Getis Ord Gi) yöntemleriyle analiz edilmiştir. Böylece, kümelenecek bölgelerdeki mekânsal dağılımların ve tehlikeli bölgelerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Tağıl & Alevkayalı (2013), Ege Bölgesi'nde Mw 4.0 ve üzeri meydana gelen depremleri mekânsal otokorelasyon (Morans I ve Geary's C) yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Aktepe & Aydın (2013), İzmir ve çevresinde meydana gelen Mw 2.9 ile Mw 5.6 arasındaki depremleri CBS ve mekânsal istatistik yöntemleriyle inceleyerek riskli alanları belirlemiş ve bölgenin depremselliğini ortaya koymuştur. Mentşe & Tağıl (2016), 2005 ile 2015 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen Mw 4 ve üzeri büyüklükte meydana gelen depremleri CBS ve mekânsal istatistiksel (Moran's I ve General G) yöntemleri kullanarak kümelenecekleri tespit etmişlerdir. Sonuç olarak Türkiye genelinde büyük depremlerin yoğunlaştığı bölgelerin Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonunun birleştiği alanda olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada Türkiye'de 6 Şubat 2023 ile 8 Nisan 2023 tarihleri arasında meydana gelen AFAD kayıtlarına göre Mw 4.0 ve üzeri büyüklükteki depremler analiz edilmiştir. Türkiye'deki aktif faylar ve bu süreç içerisinde meydana gelen depremler arasındaki ilişki incelenmiş (Şekil 3) ve deprem bakımından riskli olan bölgelerde ileride meydana gelebilecek olası depremlere yönelik alınması gereken önlemler konusunda birtakım önerilerde bulunulmuştur.



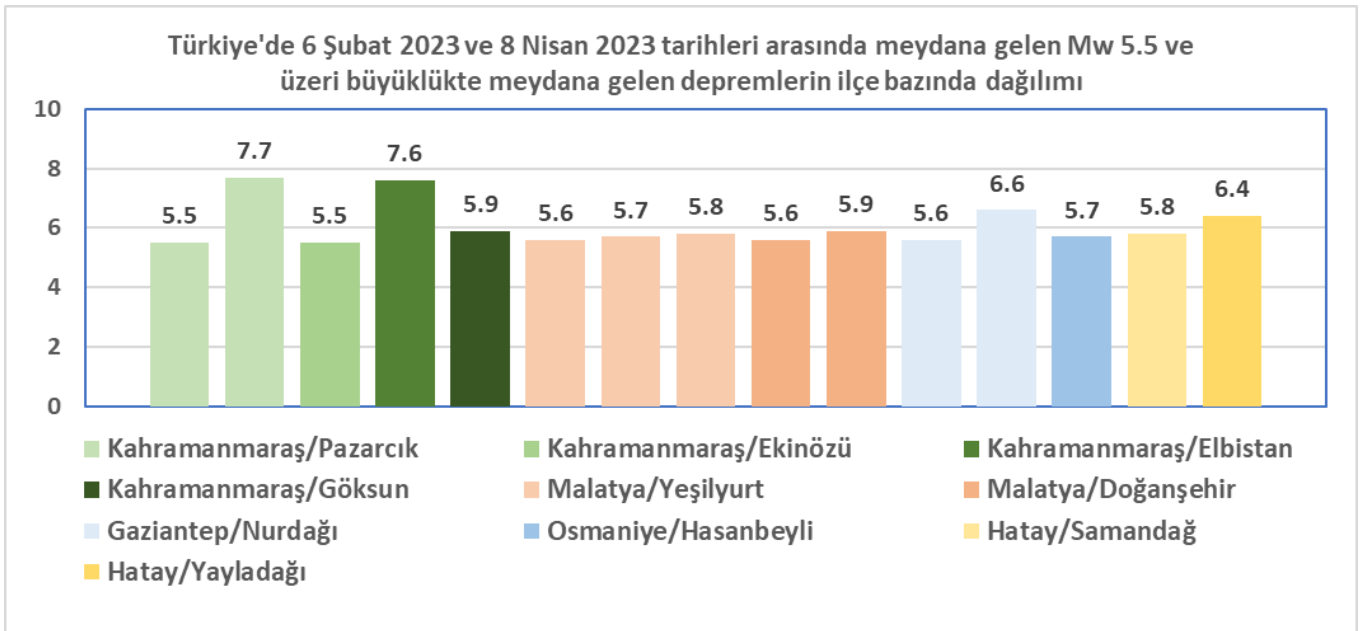
Şekil 3. Türkiye Fay ve Deprem İlişki Haritası (6 Şubat – 8 Nisan 2023)

Türkiye 6 Şubat 2023 günü saat 04:17'de Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesi merkezli Mw 7.7 ve 13:24'te Kahramanmaraş Ekinözü ilçesi merkezli Mw 7.6 büyüklüğünde iki ayrı deprem felaketine maruz kalmıştır. Ayrıca bu depremler sonrasında birçok artçı deprem meydana gelmiştir. Bu çalışmada, AFAD

kayıtlarına göre 6 Şubat 2023 ile 8 Nisan 2023 arasında meydana gelen Mw 4.0 ve üzeri büyüklükteki 604 deprem incelenmiştir (Şekil 4). Bu depremlerden 15 tanesinin Mw 5.5'in üzeri büyüklükte olduğu (Şekil 5) ve çok ciddi oranda can ile birlikte mal kaybına yol açtığı görülmüştür.



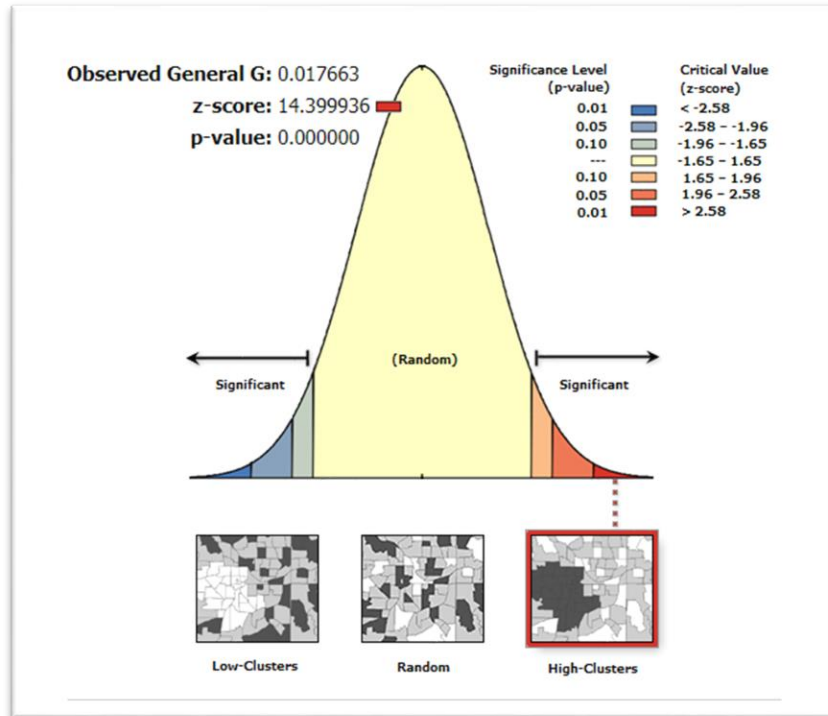
Şekil 4. Türkiye'de 6 Şubat 2023 ve 8 Nisan 2023 tarihleri arasında meydana gelen Mw 4.0 ve üzeri depremlerin illere göre dağılımı



Şekil 5. Türkiye'de 6 Şubat 2023 ve 8 Nisan 2023 tarihleri arasında Mw 5.5 ve üzeri büyüklükte meydana gelen depremler

Depremlerin mekânsal örüntüleri General G ve Moran's I istatistiksel analiz yöntemleriyle incelenerek kümelenmeler belirlenmiştir. General G ve Z değerleri dikkate alınarak kümelenme raporlarının sonuçları

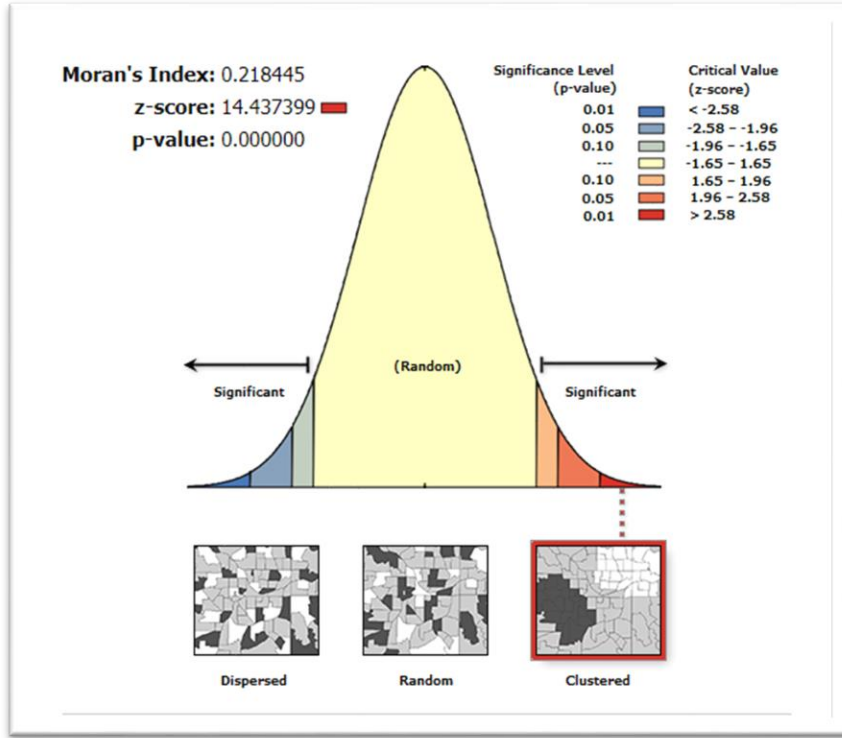
incelendiğinde (Beklenen G= 0,001079; z-skoru > 2,58; p değeri <0,01) %99 güven aralığında anlamlı kümelenmelerin olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. General G testine göre kümelenme analizi

Diğer taraftan, Moran's I değeri -1 ile +1 arasında değerler alır. Bu değerın sifıra yakın olması küme testinin rastgele dağılıma sahip olduğunu, negatif olması aykırı değerler içerdiğini, pozitif olması ise benzer değerlerin konumsal olarak kümelendiğini gösterir. Bu çalışma

kapsamında yapılan analizlerde Moran's I ve Z değerleri dikkate alınarak mekânsal otokorelasyon sonuçları incelendiğinde (Beklenen I = -0,001079; z-skoru > 2,58; p değeri <0,01) %99 güven aralığında yüksek bir mekânsal kümelenmenin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Moran's I testine göre kümelenme analizi

Söz konusu tarihler arasında meydana gelen depremler ESRI ArcGIS 10.6.1 yazılımı ortamında Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) ve Hotspot Analysis (Getis-Ord Gi*) yöntemleri ile analiz edilerek haritaları üretilmiştir (Şekil 8 ve Şekil 9). Elde edilen bulgular Anselin Local Moran's I yöntemi ile

incelendiğinde, tüm Türkiye'de ilgili tarihlerdeki depremler değerlendirilerek Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Malatya illerini kapsayan bölgede oldukça yüksek kümelenmeler meydana geldiği gözlemlenmiştir. (Şekil 8).



Şekil 8. Anselin Local Moran's I analizi sonucu elde edilen kümelenme haritası

Getis-Ord Gi*(HotSpot Analysis) istatistiklerinde ise pozitif Z değerlerinin yoğun bir şekilde kümelenmiş olması elde edilen verilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu istatistik, güven aralığı ile

birlikte yüksek ve düşük değerlerde kümelenmiş alanları ölçer. Bu kapsamda çalışma alanı içerisinde %90, %95 ve %99 güven aralıklarında birçok kümelenmiş yerleşim alanları gözlemlenmiştir (Şekil 9). Yüksek ve düşük

kümelenmelerin tespit edildiği deprem bölgesinde aynı alanlarda tekrar eden pozitif yüksek konumsal kümelenmeler de görülmektedir. Özellikle Adıyaman,

Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Malatya illerini kapsayan bölgede %99 güven düzeyinde sıcak nokta kümeleri belirlenmiştir.



Şekil 9. Sıcak nokta analizi sonucu elde edilen kümelenme haritası

4. Sonuç Ve Öneriler

Depremler dünyada ve ülkemizde sürekli olarak meydana gelmektedir. Büyüklük faktörüne bağlı olarak bazı depremler ağır hasarlar ile birlikte ciddi anlamda can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir. Nitekim Türkiye, 6 Şubat 2023 saat 04:17'de Kahramanmaraş-Pazarcık ilçesi merkezli Mw 7.7 ve 13:24'te Kahramanmaraş-Ekinözü ilçesi merkezli Mw 7.6 büyüklüğünde, 11 ili doğrudan ve tüm ülkeyi dolaylı olarak etkileyen iki ayrı ana deprem felaketi ile birlikte birçok artçı depreme maruz kalmıştır.

Bu çalışmada mekânsal istatistiksel yöntemler kullanılarak Türkiye'de 6 Şubat 2023 ile 8 Nisan 2023 tarihleri arasında meydana gelen depremlerin ilçe bazında kümelenmesine odaklanılmıştır. Yerel kümelenme oluşumları incelendiğinde 11 ili kapsayan bölgede yüksek bir güven aralığında kümelenmenin bulunduğu görülmektedir. Bu kümelenmenin ortaya çıkması o bölgede diri fay bulunabileceğini göstermektedir. Bu çalışma kapsamında üretilen (Şekil 8 ve Şekil 9) haritalar incelendiğinde, deprem yoğunluğunun fay hatlarının sıklıkla bulunduğu bölgelerden biri olan Kahramanmaraş çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışma, fay hatlarının yoğun bulunduğu diğer bölgelerde de gerekli tedbirlerin alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ayrıca elde edilen bulguların mevcut diri fay haritasıyla karşılaştırılması sonucunda haritada bulunmayan fayların arazide doğrulanması koşuluyla sistem ile bütünleştirilmesine katkı sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Böylece, mevcut diri fay haritalarının güncellenmesine, ileride meydana gelebilecek potansiyel depremlerden kaynaklanan zararların azaltılmasına

veya ortadan kaldırılmasına yönelik gerçekleştirilecek çalışmalara ve bu konudaki karar vericilere destek sağlanabilir.

Bilgilendirme

Bu çalışmanın özeti TUFUAB XII. Teknik Sempozyumu'nda sunulmuştur.

Yazarların Katkısı

Tarık Türk: Fikrin ortaya atılması, literatür araştırması, veri toplama ve tasarım, analizlerin yorumlanması, makalenin yazılması. **Yasin Demirel:** Literatür araştırması, veri toplama ve tasarım, analizlerin yorumlanması, makalenin yazılması.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynakça

Affan, M., Syukri, M., Wahyuna, L., & Sofyan, H. (2016). Spatial statistic analysis of earthquakes in Aceh province year 1921-2014: cluster seismicity. *Aceh International Journal of Science and Technology*,

- 5(2), 54-62. <https://doi.org/10.13170/ajst.5.2.4878>
- Aksoy, R., Seymen, İ., & Eren, Y. (2015). Geçmiş deprem kayıtlarına dayalı Türkiye'nin deprem gerçeği ve Burdur'un depremselliği. *Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu*, Burdur, Türkiye.
- Aktepe, E., & Aydın, C. (2013). İzmir Çevresinde yapılan sismotektonik araştırmaların CBS ve mekansal istatistik yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Ankara, Türkiye.
- Aslam, B., & Naseer, F. (2020). A statistical analysis of the spatial existence of earthquakes in Balochistan: clusters of seismicity. *Environmental Earth Sciences*, 79(1), 41. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8790-2>
- Cao, Z., Zhang, H., Liu, Y., Liu, S., Feng, L., Yin, L., & Zheng, W. (2022). Spatial distribution analysis of seismic activity based on GMI, LMI, and LISA in China. *Open Geosciences*, 14(1), 89-97. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0332>
- Demir, G. (2018). Coğrafi bilgi sistemleri ile Suşehri (Sivas) heyelan duyarlılık analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 96-112. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.299987>
- Demirel, Y., & Türk, T. (2022). Optik uydu görüntüleri yardımıyla heyelan alanlarında meydana gelen kütle hareketlerinin incelenmesi: Koyulhisar örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 7-16. <https://doi.org/10.53030/tufod.1084630>
- Djenaliev, A., Kada, M., Chymyrov, A., Hellwich, O., & Muraliev, A. (2018). Spatial Statistical Analysis of Earthquakes in Kyrgyzstan. *International Journal of Geoinformatics*, 14(1).
- García-Ayllón, S., Tomás, A., & Ródenas, J. L. (2019). The spatial perspective in post-earthquake evaluation to improve mitigation strategies: Geostatistical analysis of the seismic damage applied to a real case study. *Applied Sciences*, 9(15), 3182. <https://doi.org/10.3390/app9153182>
- Kurland, K. S., & Gorr, W. L., (2007). *GIS tutorial for health*. Erişildi 25 Nisan 2023, <https://www.esri.com/en-us/esri-press/browse/gis-tutorial-for-health-for-arcgis-desktop-10-8>:
- Li, X., Yin, L., Yao, L., Yu, W., She, X., & Wei, W. (2020). Seismic spatiotemporal characteristics in the Alpide Himalayan Seismic Belt. *Earth Science Informatics*, 13, 883-892. <https://doi.org/10.1007/s12145-020-00468-3>
- Menteşe, S., & Tağıl, Ş. (2016). Türkiye'de depremlerin mekânsal dağılımı: Jeo-İstatistiksel & mekânsal istatistiksel bir yaklaşım. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(45), 408-414.
- Moğulkoç, İ. (2019). *Afet sonrası geçici barınma alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ile tespit edilmesi: Sivas İli örneği* (Yayın No. 550186) [Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Moğulkoç, İ., & Türk, T. (2018). Determination of post-disaster temporary shelter areas by geographical information systems. Scientific Congress of The Turkish National Union of Geodesy and Geophysics (*Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi -TUJBBK in Turkish*), İzmir, Türkiye, 487-492.
- Özey, R. (2006). *Afetler coğrafyası*. Aktif Yayınevi.
- Perihanoglu, G. M., Bilginer, Ö., & Akyel, E. (2022). Clustering analysis of the seismicity of Van Province and its surroundings via spatial autocorrelation techniques filters. *Advances in Geodesy and Geoinformation*, 71(2), 1-10. <https://doi.org/10.24425/agg.2022.141298>
- Sezer, L. İ. (2006). Kaz Dağı yöresinde deprem aktivitesi ve riski. *Ege Coğrafya Dergisi*, 15(1-2), 17-29.
- Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş. (2009). *Doğal afetler ve Türkiye*. Gündüz Eğitim Ve Yayıncılık.
- Tağıl, Ş., & Alevkayalı, Ç. (2013). Ege bölgesinde depremlerin mekânsal dağılımı: Jeostatistiksel yaklaşım. *Journal Of International Social Research*, 6(28), 369-379.
- Türk, T. (2009). *Sürdürülebilir afet bilgi sistemi altyapısının oluşturulması ve Kuzey Anadolu Fay zoneu (Kafz) üzerinde uygulanması*, (Yayın No. 243580) [Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Türk, T., Gümüşay, M. Ü., & Tatar, O. (2012). Creating infrastructure for seismic microzonation by Geographical Information Systems GIS a case study in the North Anatolian Fault Zone NAFZ. *Computers Geosciences*, 43, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.10.006>
- Yazıcı, Ö., & Ulu Kalın, Ö. (2018). Doğal afet için kavramsal metaforların karşılaştırmalı analizi. *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 25-40. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.396396>



© Author(s) 2023.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>