



Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi

The Journal of International Social Research

Cilt: 9 Sayı: 47 Volume: 9 Issue: 47

Aralık 2016 December 2016

www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

KUZEY ANADOLU FAY HATTI ÜZERİNDE YER ALAN KARABÜK İLİ VE ÇEVRESİNDE MEYDANA GELEN DEPREMLERİN VERİ MADENCİLİĞİ VE İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ
THE INVESTIGATION OF THE EARTHQUAKE OCCURED IN THE PROVINCE AND THE ENVIROMENT OF KARABUK RESIDING ON THE NORTH ANATOLIAN FAULT LINE BY DATA MINING AND STATISTICAL METHODS

Filiz ERSÖZ*
Taner ERSÖZ**
Ömer KIVRAK***
Serkan KARDEŞ****

Öz

Bu çalışmada, bölgesel alanda ve aynı tektonik oluşumda alınan deprem kayıtlarının mesafe, Magnitüd, zaman, enlem ve boylam koşullarının bir fonksiyonu olarak, Batı Karadeniz Bölgesine özgü istatistiksel bağıntının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Karabük Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü deprem verileri ışığında, 1900 yılından günümüze kadar geçen zaman aralığında, koordinatları 41°12' kuzey enlemi ve 32°37' doğu boylamı çevresindeki bölgenin, deprem etkinliği ve kuvvetli yer hareketi kayıtları incelenmiştir. Bu zaman diliminde bölgede meydana gelen, büyüklüğü 3.5 ve üzeri 210 depremden alınan Magnitüd kaydı, diğer deprem parametreleri ile birlikte analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Magnitüd, Enlem, Boylam, İstatistiksel Analiz, Veri Madenciliği.

Abstract

In this study, as a function of distance, magnitude, time, latitude and longitude conditions of tectonic earthquake records taken in the region, specific statistical correlation of Western Black Sea region has been intended to develop. Also, in light of Karabük Provincial Disaster and Emergency Directorate earthquake data, in surrounding region which coordinates of 41:12 N latitude 32:37 E longitude, earthquake activity and strong motion records which between 1900 and today, have been examined. In this period occurring in the region, magnitude records of 3.5 and higher magnituded 210 earthquakes, along with other earthquake parameters were analyzed.

Keywords: Magnitude, Latitude, Longitude, Statistical Analysis, Data Mining.

1.GİRİŞ

Türkiye, depremselliği yüksek olan bir bölgede yer almakta olduğundan meydana gelecek depremleri önlemeyi düşünmek yerine önceden hazırlıklı olmak daha mantıklıdır. Bu yüzden bilinçli ve etkili yöntemler alınarak olası bir depremin en az zararla atlatılması amaçlanmaktadır. Bu konuda; kurum ve kuruluşların çalışmaları, meydana gelebilecek bir depremi önceden tahmin edebilmek, deprem anında ve deprem sonrasında çalışmalarına devam edebilmeyi amaçlamalıdır.

İnsanlık yaşamı boyunca çok büyük can ve mal kayıplarına yol açan doğal afetlerle karşı karşıya kaldığı göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Bu doğal afetler içinde en önemlisi, maddi ve manevi çok büyük kayıplara neden olan depremlerin oluşturduğu afetlerdir. Ülkemiz ve yakın çevresi önemli deprem felaketlerinin yaşandığı bir bölgededir. Bu yüzden, ülkemizin depremselliğinin izlenmesi, kayıt altına alınması ve bilimsel olarak araştırılması büyük önem arz etmektedir (Yalçın vd.,2013: 134).

Geçmişteki deprem verileri incelendiğinde, meydana gelebilecek depremin büyüklüğünü, zamanını ve nerede meydana geleceğini tahmin edilmesinin mümkün olmadığı kabul edilmesi gereken kaçınılmaz bir gerçektir. Fakat istatistik bilimi tarafından ortaya atılan yöntemlerle, verilere yapılabilecek uygun analizler ile bu belirsizlik probleminin çözümü ve tahmin analizleri yapılabilir (Kasap vd., 2003: 157).

Depremlerin etki alanları geniş olup, yeryüzündeki depremlerin büyük bir çoğunluğunu da tektonik depremler oluşturmaktadır. Türkiye ise aktif tektonik hareketleri ile önemli bir bölgededir. Anadolu sıradağlarını tektonik ünitelere ayırma tecrübesi, bilindiği gibi, 1896' da E. Naumann ile başlamış, daha sonra E. Argand (1924), R. Staub (1924, 1928), W. Seidlitz (1931), L. Kober (1931, 1942) gibi alp jeologları tarafından geliştirilmiştir (Ketin vd., 1996: 21).

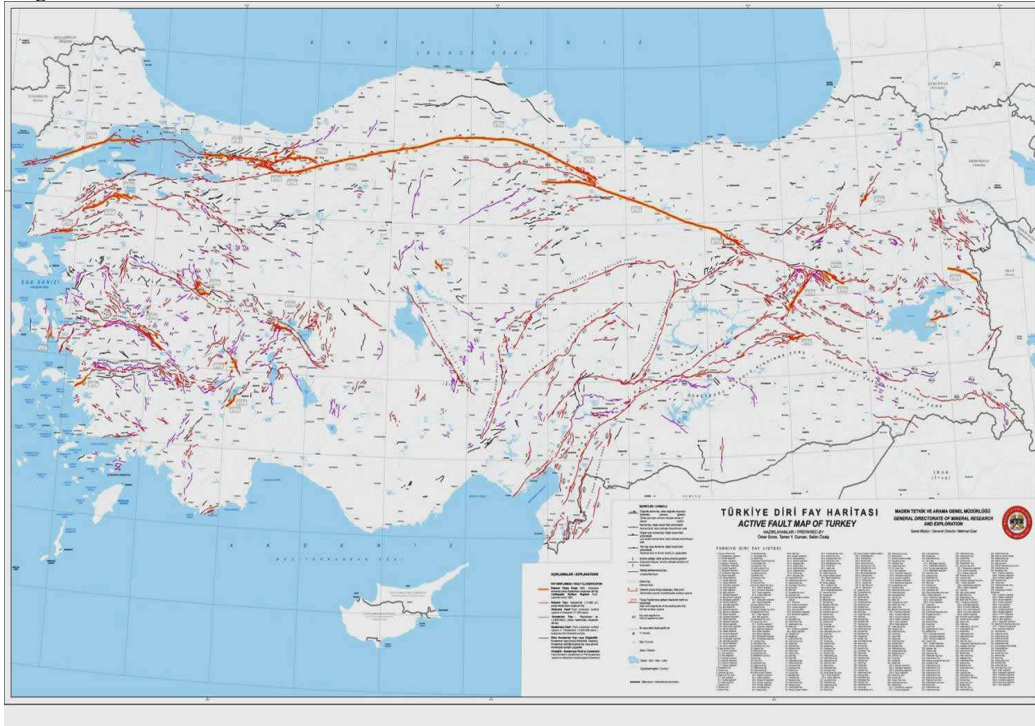
* Doç.Dr., Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, fersoz@karabuk.edu.tr

**Yrd. Doç. Dr., Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Aktüerya ve Risk Yönetimi, tanerersoz@karabuk.edu.tr

***Endüstri Mühendisi, Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, omer.kivrak@afad.gov.tr

****Endüstri Mühendisi, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, nakres_kardes@hotmail.com

Türkiye’de fay hatlarının dağılışı Arap plakası tarafından kuzeye doğru itilerek, Doğu Anadolu’da sıkıştırılan Anadolu plakasının batıya hareket etmesinin sonucu, fay hatları oluşmuştur (Atalay, 1987: 49). Bunlar; Doğu Anadolu fay hattı, Batı Anadolu fay hattı ve Kuzey Anadolu fay hattıdır. Türkiye’de fay hatlarının dağılışı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1 : Türkiye Fay Hatlarının Dağılışı (Kaynak: Şengör vd. 2004: 33)

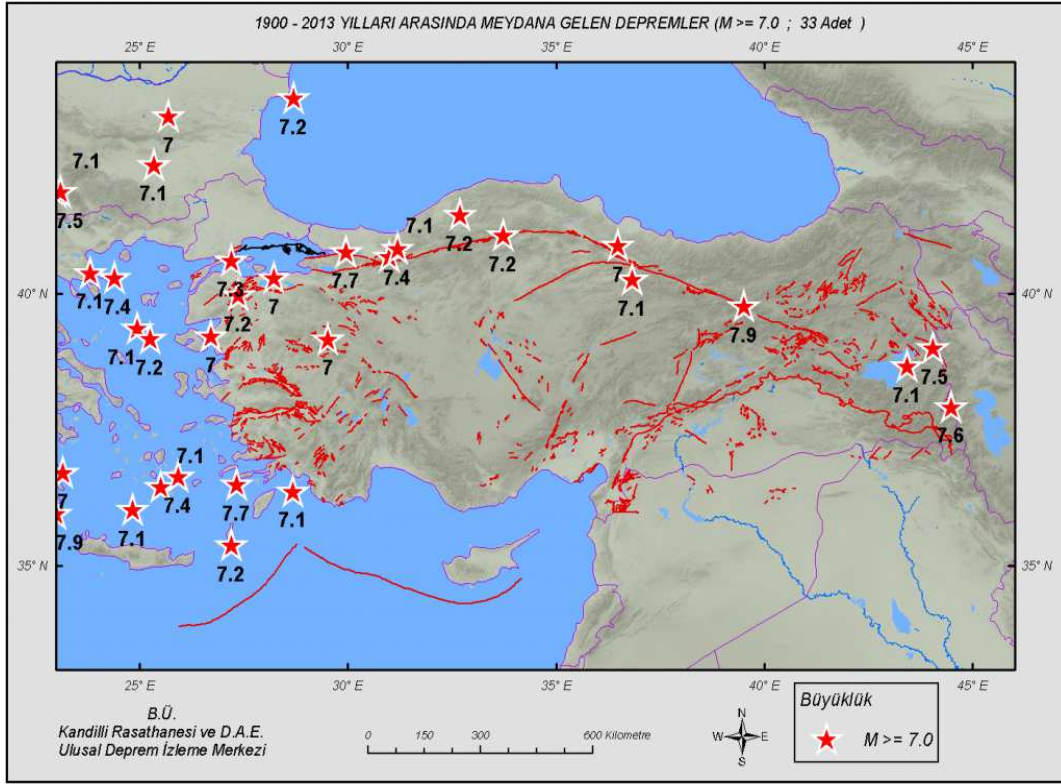
Ülkemiz, depremler açısından dünyanın en aktif bölgelerinden biri üzerinde yer almaktadır. Bu yüzden, her an olası bir deprem için hazırlıklı ve tedbirli olmamız gerekmektedir. Geçmişten günümüze kadar çok sayıda şiddetli depremler meydana gelmiştir. Bu meydana gelen depremlerde çok sayıda konut hasar görmüş ve çok sayıda insan hayatına mal olmuştur. Bu yüzden, geçmişte meydana gelen deprem verilerini inceleyerek, geleceğe yönelik tahminler yapılması önemlilik arz etmektedir.

Meydana gelen depremlerin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde birçok parametre kullanılmaktadır. Bunlardan biri Magnitüd’dür. Magnitüd (aletsel büyüklük); deprem anında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanan bir değer olup, C. Richter tarafından geliştirilmiş ve Richter ölçeği olarak ifade edilebilmektedir (Kasap, 2003: 157).

Kuzey Anadolu Fay Hattının (KAFH), sismik olarak dünyanın en aktif fay hatlarından birisidir. Bu fay hattında, 1900 yılından günümüze kadar $M_s = 7.0$ ve 7.0 'den büyük dokuz adet deprem meydana gelmiş ve fayın yaklaşık 1000 km'lik kısmı tamamen kırılmıştır. Meydana gelen bu depremler 75.000'den daha fazla insan hayatına ve milyarlarca TL maddi kayıplara neden olmuştur (Demirtaş, 2000: 15).

KAFH hakkında 1939 yılında meydana gelen Erzincan depreminden sonra birçok kişi Jeolojik ve neotektonik araştırmalar yapmıştır. Bunlar; Ketin 1948, Blumenthal 1943, Blumenthal 1945, Blumenthal 1947, Ketin ve Roesli 1953, Abdüsselamoğlu 1959, Pavoni 1961, Allen 1969, McKenzie 1972, Tokay 1973, Freund 1974, Arpat ve Şaroğlu 1975, Seymen 1975, Tatar 1975, Öztürk 1976, McKenzie 1976, Tatar 1978, Dewey ve Şengör 1979, Şengör 1979, Şengör 1980, Barka 1981, Yılmaz vd. 1981, Koçyiğit 1983, Barka 1984, Barka ve Hancock 1984, Yılmaz ve Tüysüz 1984, Koçyiğit ve Tokay 1985, Barka 1985, Şengör vd. 1985, Barka ve Gülen 1987, Koçyiğit 1988, Barka ve Kadinsky-Cade 1988, Demirtaş 1993, Dirik 1994, Şaroğlu vd. 1995, Okay vd. 1999, Kuşçu vd. 1999, Demirtaş 2000, Şengör vd. 2004, Kutoğlu vd. 2009, Sözbilir vd. 2009, Kundak vd. 2010, Doğan 2011, Arslan 2013 ve Çoban 2016' dır (Demirtaş, 2010: 2).

Ülkemizde 1900-2013 yılları arasında Magnitüdü 7 ve üzeri meydana gelmiş depremler Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2 : Ülkemizde 1900-2013 yılları arasında Magnitüdü 7 ve üzeri meydana gelmiş depremler (Kaynak: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/depremsellik-haritalari/turkiye/>).

KAFH üzerinde can ve mal kaybına yol açan magnitüd değeri $M \geq 7.0$ olan pek çok deprem

meydana gelmiştir. Bu büyük depremler doğudan batıya doğru incelenirse;

- 26.12.1939'da 23:57:21'da $M=7.9$ Erzincan depremi meydana gelen en büyük deprem olarak bilinmektedir. Erzincan depremi 350 km'lik yüzey kırığı oluşturmuştur.
- 20.12.1942'de 14:03:07'de $M=7.0$ Tokat/Erbaa depremi,
- 24.01.1916'da 06:55:15'te $M=7.1$ Niksar yakınlarında meydana gelen deprem,
- 26.11.1943'te 22:20:41'da meydana gelen $M=7.4$ büyüklüğündeki Samsun/Ladik depremi,
- 01.02.1944'te 03:22:40'da meydana gelen $M=7.2$ olan Karabük/Safranbolu depremi,
- 26.05.1957'de 06:33:35'de meydana gelen $M=7.1$ olan Düzce/Gölyaka depremi,
- 12.11.1999'da 18:57:00'da meydana gelen Düzce/Kaynaşlı depremi,
- 17.08.1999 03:02:00 $M=7.4$ Gölcük (Kocaeli) depremi,
- 09.08.1912'de 01:29:00.00 meydana gelen $M=7.3$ Tekirdağ Şarköy açıkları meydana gelen deprem KAFH üzerinde meydana gelen başlıca büyük depremlerdir.

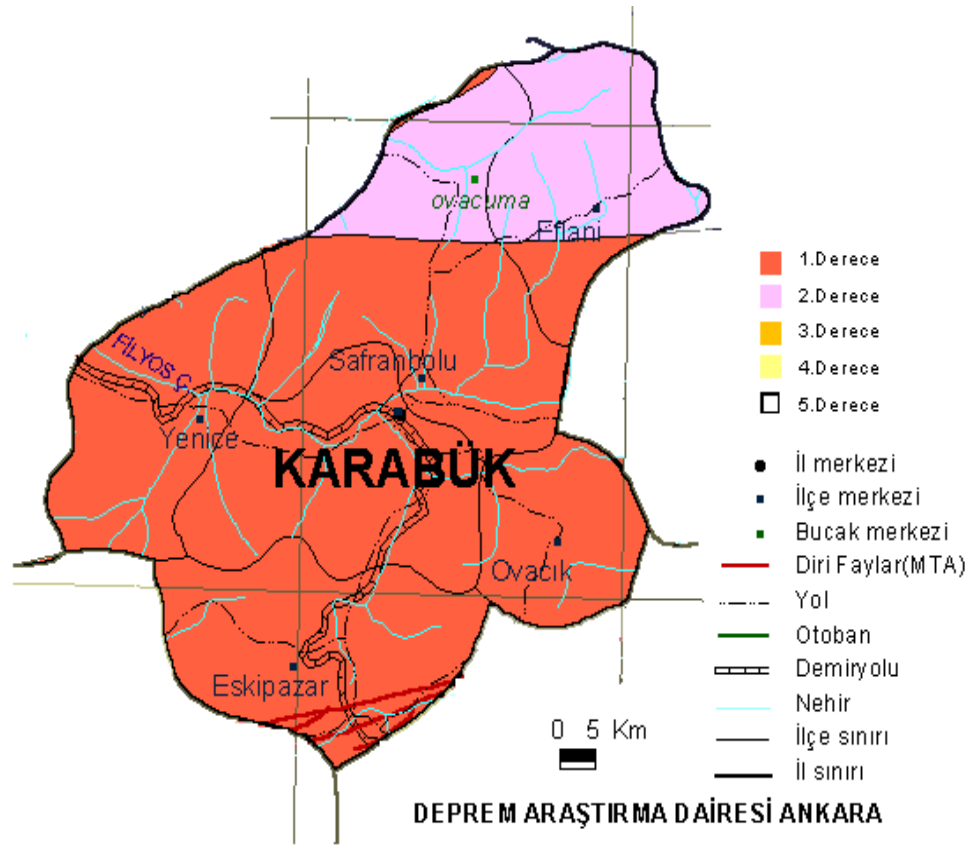
Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Karabük, KAFH üzerinde yer almaktadır. KAFH, Karabük şehir merkezine 40 km uzakta Gerede'den başlayıp Karabük sınırında Eskipazar ve İsmetpaşa mevki ile Kastamonu-Tosya'dan geçmektedir. Karabük ili, kuzeyde Bartın (80 km.), kuzeydoğu ve doğuda Kastamonu, güneydoğuda Çankırı, güneybatıda Bolu, batıda Zonguldak illeriyle komşudur.

Karabük kent merkezini üçe bölen kuzey doğu yönünden gelen Araç Çayı ile güney doğudan gelen Soğanlı Çayının birleşmesi ile oluşan ve güneybatıya devam eden Yenice Çayı doğrultusunda uzanan yüksek tepeler, şehrin düzenli bir şekilde büyümesini engelleyerek düzlükler üzerinde gelişmesini sağlamıştır.

Çayların birleşerek geniş yayımlı bir alan (düzlük) oluşturması, çoğu zaman yerleşim yerlerinin bir kısmının alüvyon üzerinde kalmasına sebep olmuştur. Şehir merkezi ve kamu binalarının % 90'ı ana kaya üzerinde uygun yer bulunamamasından dolayı çoğunlukla düzlük alanları oluşturan alüvyon üzerine yerleşilmiştir. Bu da geçmişte de yaşanan sel felaketi ile olası depremin hasarlarını ve can kayıplarını arttıracak değerlendirilmiştir (Işık, 2010: 199).

Karabük kent merkezi, Safranbolu, Eskipazar ve Yenice birinci derece deprem bölgesi içinde, Karabük'ün kuzeyindeki Eflani ve Ovacuma ise ikinci derece deprem bölgesi içinde yer almaktadır.

Karabük'te depreme neden olabilecek fay hatları ise Karabük'ü Kuzeybatı -Kuzeydoğu doğrultusunda kat eden Karabük Tektonik Hattı ve etkinliğini hala sürdüren Kuzey Anadolu Fay Hattı'dır (Işık, 2010: 219). Şekil 3'te görüldüğü üzere Eskipazar ilçesinden geçen kırmızı çizgi ile belirtilmiştir.



Şekil 3 : Karabük İli Deprem Bölgeleri Haritası (Kaynak:Işık, 2010: 19).

Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre Karabük'ün yüzölçümünün % 81'i birinci derece, % 19'u ikinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Karabük'te ikamet edenlerin % 93'ü birinci derece ve % 7'si ikinci derece deprem bölgesinde yaşamaktadır (Işık, 2010: 218).

Sismik bakımdan hareketli bir bölgede gelecekte olabilecek depremlerin zamanı, yeri, büyüklüğü ve diğer özellikleri önceden tahmin edilemez. Fakat depremlerin oluş zamanı, meydana geldiği yer ve büyüklük bakımından oluşturdukları karışıklık ve çeşitli belirsizlikler nedeniyle istatistik yöntemlerine dayanan bir yaklaşım gereklidir.

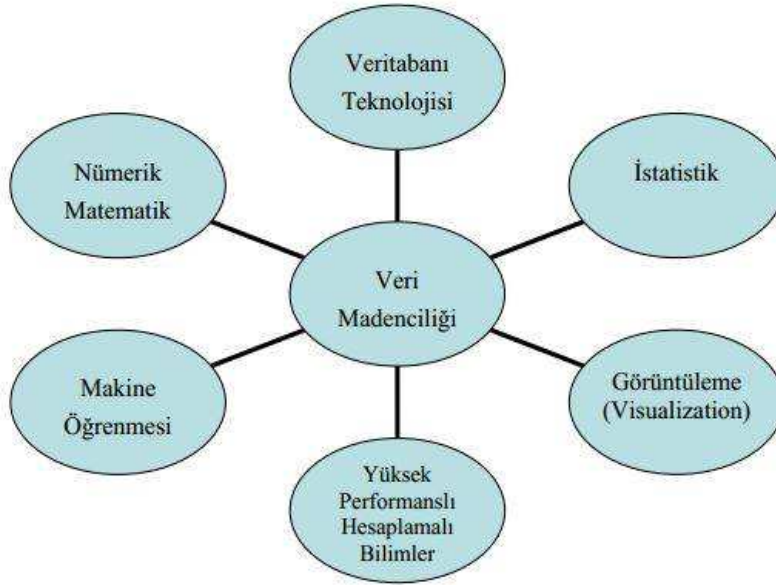
Depremsellik çalışmalarında çoğunlukla istatistiksel hesaplamalar kullanıldığından, araştırılan bölgede geçmişten günümüze tüm deprem verilerinin hesaplamalara katılması istenir. Aletsel çalışmaların başlaması ve Richter Magnitüd ölçeğinin gelişmesiyle, deprem büyüklüklerinin belirlenmesi mümkün olmuştur. Deprem büyüklüğünün belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmış, bu çalışmaların başlangıç dönemi 1900 yılından itibaren olmuştur. 1900 yılından önceki yıllarda daha çok afet özelliği taşıyan büyük depremlerin kayda girmesi ve küçük depremlere ait kayıtların girilmemesi iyi bir istatistiksel tahminin yapılmasını engellemektedir (Akkaya, 2011: 8).

Fakat Richter Magnitüd ölçeğinin gelişiminden önce meydana gelen büyük şiddetteki depremler, verdiği hasar ve değişimler göz önünde bulundurularak, meydana gelebilecek büyük depremlerin tekrarlanma periyotlarının tahminlerinde yardımcı olacaktır.

Geçmişte küçük şiddette meydana gelen depremler insanları çok etkilemediği için kayıtları tutulmamıştır. Büyük şiddetli depremler insanlara can ve mal kaybı yaşattığı için tarihte kayıtları bulunmaktadır. Richter Magnitüd ölçeğinin zaman içerisinde geliştiğinden, deprem konusunda elde edilen veriler gittikçe arttığından, büyük miktardaki verileri işleyebilen teknikleri kullanabilmek ve gizli örüntüleri ve ilişkileri ortaya çıkarabilmek için veri madenciliği ve yöntemleri kullanılabilir.

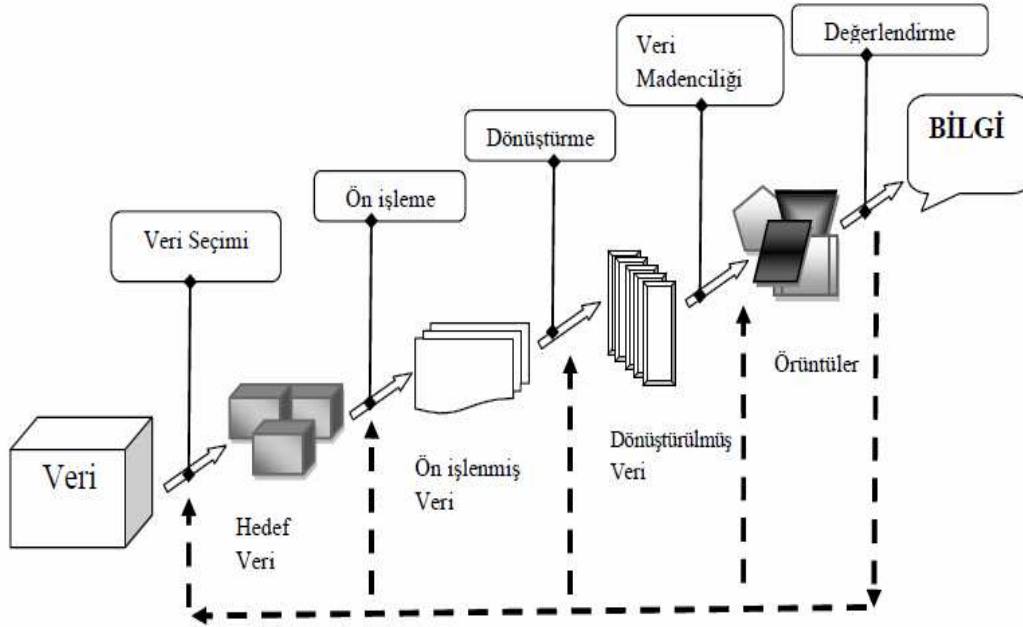
Veri madenciliği, anlamsız olarak görünen veri yığınları üzerinde birçok sayısal işlem ve analiz yapılarak, önemli ve anlamlı bilgilerin çıkarımına olanak sağlama sürecidir (Ersöz, 2015: 2-3). Ayrıca veri madenciliği, çok büyük miktardaki verilerin içindeki ilişkileri inceleyerek aralarındaki bağlantıyı bulmaya yardımcı olan ve veri tabanı sistemleri içerisinde gizli kalmış bilgilerin çekilmesini sağlayan veri analizi tekniğidir (Kalikov, 2006: 7). Veri madenciliğine yönelik kullanılan programlar ile görsel kullanıcı ara

yüzüyle bilgileri ve ilişkileri görselleştirerek, iş bilgisine dayalı çözümler üretilebilmektedir (Ersöz, 2015: 18). Bu işlemlerin uygulama alanı oldukça geniştir. Bu alanlar içerisinde Şekil 4'te gösterildiği gibi, veri tabanı sistemleri, Veri Görselliği, Yapay Sinir Ağları, İstatistik, Yapay Öğrenme vb. disiplinler bulunmaktadır (Savaş, 2012: 2).



Şekil 4 : Veri Madenciliği ve Disiplinler (Kaynak: Savaş, 2012: 3).

Veri madenciliği, aynı zamanda bir süreçtir. Veri yığınları arasında, soyut kazılar yaparak veriyi ortaya çıkarmanın yanı sıra bilgi keşfi sürecinde örüntüleri ayrıştırarak süzmek ve bir sonraki adıma hazır hale getirmek de bu sürecin bir parçasıdır. Bilgi keşfi sürecinde Veri Madenciliği'nde izlenen adımlar Şekil 4'te verildiği gibidir (Shearer, 2000: 7).



Şekil 5 : Bilgi Keşfi Sürecinde Veri Madenciliği (Kaynak: Shearer, 2000: 7).

Veri Madenciliği ile; geçmişe ait olaylara dair gizli bilgilerin keşfedilmesi, ileriye yönelik durumsal öngörüler veren modeller ortaya çıkarılmaktadır. Bu çalışmalar ile deprem öncesinde tedbir almamızı sağlayacak bir yönetim anlayışına geçmek ve olası kayıpları öngörebilmektir (Kasap, 2003: 158). Bu yüzden büyük miktardaki verileri işleyebilen teknikleri kullanabilmek büyük önem kazanmaktadır. Bu ham veriyi bilgiye veya anlamlı hale dönüştürme işlemi veri madenciliği ile yapılabilmektedir (Kalikov, 2006: 1).

Deprem konusunda yapılan birçok araştırmalar vardır. Atasoy (2002: 92), çalışmasında özellikleri verilen spesifik bir binanın depremde hasar görme riskini hesaplamaktadır. Bina hasarları ve hasara sebep

olan faktörler arasındaki sayısal ilişkiyi ölçmek amacıyla lojistik regresyon yöntemi kullanmıştır. Modelin geliştirilmesi aşamasında modelin nasıl davrandığı ve geçerlilik testleriyle de modeldeki değişkenlerin önemli olup olmadığı tespit edilmeye çalışmıştır. Atasoy, çalışması binaların depremde hasar görme olasılıklarını hesaplayarak, risk azaltıcı ve önleyici faaliyetlerde kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bu yüzden, veri madenciliği yöntemleri binaların olası bir depremde hasar görme ihtimallerini hesaplamaya imkân sağlayabilir.

Ünal (2010: 73), yaptığı çalışmada, (36° - 42°) Kuzey- (26°-45°)Doğu koordinatları üzerinde bulunan Türkiye'nin 1901 - 2006 yılları arasında $M \geq 4$ olan deprem verilerine dayanarak, stokastik bir model olan Markov zincirleri ile sismik riskin tahmin edilmesi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, çeşitli anlamlı ve küçük bir zaman aralığına (Δt) göre Markov matrisleri elde edilmiş, bu matrislerin Entropiler'i hesaplanarak Maksimum Entropi Prensipleri ile amaca en uygun matris bulunmuştur. Bu matristen yararlanarak limit dağılımı ve bölgesel geçiş olasılıkları matrisi elde edilmiş, durumlar arası ilk geçiş zamanlarının dağılımlarının geometrik dağılıma uyup uymadığını anlamak için Ki-kare testi uygulanmıştır. Herhangi bir yılda 1. ya da 2. bölgede olabilecek en az k ($k = 1,2,3,4,5$) tane depremin olasılıkları hesaplanmıştır. Yapılan dönem içi tahminden % 81.12'lik bir başarı elde etmiştir. Son olarak, 2006 yılından itibaren 5 dönem için ileriki zamanlarda olabilecek depremler üzerine tahminlerde bulunmuştur.

Akol (2009: 57), yaptığı çalışmada depremlerin istatistiksel analizinde üç yöntem kullanmıştır. Bunlar; Gutenberg-Richter, Poisson dağılımı, Gumbel dağılımıdır. Kullandığı veriler; depremlerin olma zamanları, magnitüd büyüklüğü, enlem, boylam, yer ve yüzey kırığı uzunluğu parametre değerleridir. Veri analizlerinde Gutenberg - Richter bağıntısından yola çıkılarak ($\log = a - bM$), doğrusal regresyon analizi ile a ve b katsayıları tahmin edilmiştir. Deprem riskinin araştırıldığı çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Poisson dağılımı her durumda diğer modellere nazaran daha tutarlı deprem tehlikesi sonuçları doğurmaktadır. Gumbel dağılımı, deprem analizinde kullanılan verilerin eksik olması durumunda da kullanılabilir. Bu iki istatistiksel dağılım kullanılarak bölgenin deprem riski incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 38, tekrarlanma periyodu ise 2.56 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 62, tekrarlanma periyodu ise 100.8 yıl olarak tahmin etmiştir.

Kasap ve Gürten (2003: 165), çalışmalarında Marmara Bölgesi'nde (39.50°-41.50°) kuzey- (26.00°-32.50°) doğu koordinatları arasında, 1900-2000 yıllarında ve büyüklüğü $M \geq 4.0$ olarak kaydedilmiş 447 deprem verisinin, öncelikle Magnitüd rastgele değişkeninin yoğunluk ve dağılım fonksiyonu bulunmuştur. Ayrıca veri olarak belirli Magnitüd büyüklüğü arasındaki deprem sayılarını kullanmışlar. Buradan hareketle çeşitli Magnitüd'lerdeki depremlerin meydana gelişlerine ilişkin bazı olasılıklar ile tekrarlanma yılları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde yapılan çalışmalar için üstel model kullanarak, modelin kullanılmasının doğruluğu hipotez testi ile desteklenmiş. Daha önce yapılmış başka bir çalışmada kullanılan Poisson dağılımının daha çok büyük Magnitüd'lü depremler için iyi sonuçlar verdiğini bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırdıklarında görmüşler. Bilindiği gibi üstel dağılım modeli, genellikle düşük Magnitüd'lü depremler için daha iyi sonuçlar verdiği göz önüne alınarak, 4.2 büyüklüğünde bir depremin tekrarlanma yılı 0.6170 olabileceği ifade edilmektedir. Bu ise yılda yaklaşık iki kere 4.2 civarındaki büyüklükte deprem olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca elde ettikleri sonuçlara göre 6.2 büyüklüğündeki bir başka deprem için ise yaklaşık ortalama 15 yılda bir tekrarlanabileceğini söylemektedirler.

Akkaya ve Yüçemen (2011: 7), çalışmalarında Magnitüd değeri 4.5 tan büyük ($M_w \geq 4.5$) depremler dikkate alınmıştır. Gutenberg ve Richter (1954), verilen bir zaman aralığında magnitüd (büyüklük) ile N deprem sayısı arasında $\log N = a - bM$ şeklinde bir ilişkinin bulunduğunu ifade eder. Bu ifade incelendiğinde, bu ilişkideki a ve b parametreleri normal dağılıma sahip olmayan hata terimleri için uyarlanmış en çok olabilirlik tahmin yöntemiyle elde etmişlerdir. Tüm Kuzey Anadolu fay hattı için Magnitüd-sıklık ilişkisindeki a ve b parametrelerinin en küçük kareler ve uyarlanmış en çok olabilirlik tahmincileri hesaplanmış ve bu tahmincilerin etkinlik ve güçlülük özelliklerini karşılaştırmışlar. Karşılaştırma sonucunda uyarlanmış en çok olabilirlik tahmincisinin en küçük kareler tahmincisiinden çok daha etkin ve güçlü olduğunu söylemişlerdir.

Mert (2011: 9), yaptığı çalışmada (38.4-40.25)N - (28.1-30.4)E koordinatları arasında kalan bölgede büyüklüğü $M_s \geq 4.0$ olan 327 deprem verilerini incelenmiştir. Bu veriler depremlerin olma zamanları, Magnitüd büyüklüğü, enlem, boylam, yer ve derinlik parametrelerini kullanmıştır. Bu çalışmada ayrıca, Magnitüd - frekans ilişkisinin belirlenmesi amacıyla "a ve b" regresyon katsayılarının hesaplamasında "En Küçük Kareler Yöntemi (EKK)" kullanılmış. Daha sonra Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizi yapılmıştır. Hesaplamalarda Magnitüd'ü (M_s)=4.5 ve üzeri olan depremler dikkate alınmıştır. Çalışma alanında büyüklüğü 5.0 - 7.5 arasında oluşabilecek depremlerin % olarak analizlerini hesaplanmıştır. Buradan hareketle büyüklüğü 5.0 olan bir depremin dönüş periyodu 7 yıl iken 6.5 büyüklüğündeki bir depremin

dönüş periyodu ise 18 yıl olarak bulunmuştur. Bunun yanında; 6.5 büyüklüğündeki bir depremin 10 yıl içerisinde olma olasılığı % 43.2 iken standart bir yapının ömrü olarak düşünülebilecek 50 yıllık bir zaman diliminde 6.5 büyüklüğündeki bir depremin olma olasılığı ise %94.1 olarak bulunmuştur.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada, 1900 yılından günümüze kadar geçen zaman aralığında, Karabük İl Afet Acil Durum Müdürlüğü'nden alınan 210 adet veri kullanılmıştır. Bu veride koordinatları 41°12' kuzey enlemi ve 32°37' doğu boylamı çevresinde kalan bölgenin, bölgesel alanda ve aynı tektonik oluşumda alınan deprem kayıtlarının mesafe, magnitüd, zaman, enlem ve boylam koşullarının bir fonksiyonu olarak, Batı Karadeniz Bölgesine özgü istatistiksel bağıntının geliştirilmesi ve veri madenciliği uygulamasının yapılması amaçlanmıştır. İstatistiksel analizlerde IBM SPSS Statistics 20.0 ve veri madenciliği analizinde IBM SPSS Modeler 11.0 paket programından yararlanılmıştır. Ayrıca depremlerin farklı zaman periyodunda tekrar meydana gelme olasılıklarını tahmini olarak hesaplamalarda, Özçep'in (2009) zemin jeofizik analiz programından yararlanılmıştır.

2.2. Metot

Bu çalışmada öncelikle problem tanımlanmıştır. Problem tanımlandıktan sonra problemin çözümü için gerekli veriler toplanmıştır. Elde edilen veriler veri madenciliği ve istatistiksel yöntemler öncesinde temizlenmiş, aşırı ve uç değer kontrolleri yapılmış ve veriler analize hazır hale getirilmiştir.

İstatistiksel analiz bölümünde Kolmogorov - Smirnov testi kullanılarak verilerin olasılık dağılımları belirlenmiştir. Depremler rastsal olaylar olduğu için bu alanda istatistiksel metotların kullanımı yaygındır. Bu çalışmada birçok dağılım kullanılarak deprem verisini en iyi şekilde temsil edecek olasılık dağılımı bulunmaya çalışılmıştır. Bu amaçla deprem verilerinin olasılık dağılımının belirlenmesinde Kolmogorov - Smirnov test istatistiği kullanılmıştır. Deprem oluşumlarına ilişkin verilerin dağılımı araştırılmış ve poisson olasılık dağılımına uyduğu tespit edilmiştir. Bu dağılım ile herhangi bir M büyüklüğündeki bir depremin D yıl içinde oluşma riskleri hesaplanmıştır.

Deprem şiddetinin oluşum sayısına bağlı etkisinin ve değişkenler arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması için regresyon ve korelasyon analizi kullanılmıştır. Ayrıca veri madenciliği sınıflayıcı yöntemlerden karar ağacı modeli uygulaması sonucunda deprem şiddetini etkileyen en önemli değişkenler ortaya çıkarılmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde yer alan Karabük ili ve çevresinde meydana gelen depremlerin veri madenciliği ve istatistiksel yöntemlerle incelenmesine ilişkin elde edilen verilerin analiz sonuçları aşağıdaki alt başlıklar halinde verilmiştir.

3.1. Kolmogorov- Smirnov Testi

Veriler Kolmogorov - Smirnov uyum iyiliği testi kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiş ve bu test sonucunda olasılık dağılımı belirlenmiştir. Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testinde enlem, boylam büyüklük parametrelerine ait veriler değerlendirilmiştir. Değerlendirilen verilerin hangi dağılıma uyduğunu belirlemek için IBM SPSS paket programı kullanılarak Kolmogorov - Smirnov uyum iyiliği testi yapılmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 1'de Kolmogorov - Smirnov testinin sonuçları verilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Kolmogorov - Smirnov Testi Sonuçları

N		Enlem	Büyükük	Boylam
		210	210	210
Normal Parametreler	Ortalama	40,91	4,37	32,67
	Standart Sapma	0,46	0,65	0,72
En Görünen Farklılıklar	Mutlak	0,10	0,16	0,14
	Pozitif	0,10	0,16	0,08
	Negatif	-0,06	-0,12	0,14
Kolmogorov - Smirnov		1,48	2,36	2,05
Anlamlılık Değeri (p)		0,02*	0,00*	0,00*

$p < 0,05$

Bir istatistiksel modele ait bütün varsayımların yerine getirildiğinde ve veriler en az aralıklı bir ölçekle ölçülendiğinde parametrik test, en kuvvetli bir testtir. Kolmogorov-Smirnov testi sonucunda verilerinin normal dağılım göstermediği görülmüştür ($p < 0,05$).

3.2. Magnitüd (Büyükük) - Frekans İlişkisi

Bu bağntıdaki a ve b parametreleri, her bölgenin birbirinden farklı tektonik özellikler göstermesi nedeniyle farklı değerler almaktadır. İncelenen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem süresindeki deprem etkinliğine bağlı olan a parametresi "Ortalama Yıllık Sismik Aktivite Göstergeleri", incelenen bölgenin tektonik özelliklerine göre farklılık gösteren b parametresi ise "Sismotektonik Parametre" olarak tanımlanmaktadır.

Magnitüd - Frekans ilişkisi, Karabük kenti merkez olmak üzere çizilen 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölgeler içinde meydana gelmiş magnitüd'ü 4,5 olan ve öncü - artçı depremlerden ayıklanarak hazırlanmış deprem kataloğu kullanılarak bulunmuştur.

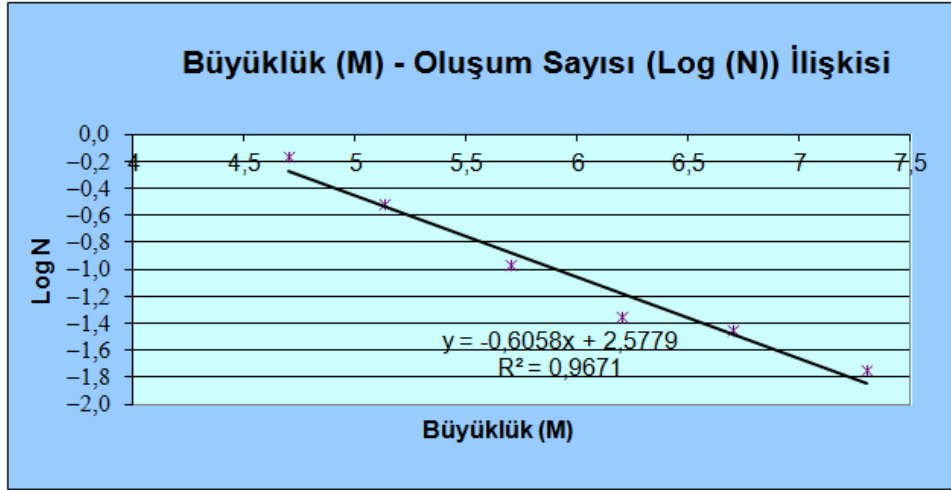
Gutenberg ve Richter (1954), verilen bir zaman aralığında magnitüd (büyüklük) ile N deprem sayısı arasında $\log N = a - bM$ şeklinde bir ilişkinin bulunduğunu ifade etmektedir. Bu eşitlikte, a parametresi inceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem düzeyine bağlıdır.

Karabük ve çevresi Magnitüd - frekans ilişkisinin belirlenmesi amacıyla basit doğrusal regresyon modeli ve katsayılarının hesaplamasında "En Küçük Kareler Yöntemi (EKK)" kullanılmıştır. Bu amaçla; Özçep (2005) tarafından hazırlanan programdan faydalanılmıştır. Hesaplamalarda Magnitüdü (M_s) = 4.5 ve üzeri olan depremler dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada magnitüd-frekans ilişkisi için Gutenberg - Richter (1956) deprem magnitüdünü 1 yıl içinde meydana gelen toplam deprem sayısına bağlayan aşağıdaki bağıntıyı kullanmayı tavsiye etmişlerdir.

$$\log(N) = a - bM$$

"a" regresyon sabiti ve "b" regresyon katsayısı ve "N" ise bir yıl içinde magnitüdü M veya daha büyük olan deprem sayısıdır.



Şekil 6: Hesaplanan Magnitüd - Log N İlişkisi

Şekil 6'da bulunan belirlilik katsayısı (R^2), bağımsız değişken değerlerindeki değişimlerin ne kadarının (%) kurulan model ile açıklandığını gösterir. Değer 0 ile 1 arasında değişmektedir. 1'e yaklaştıkça analizin uygunluğu artmaktadır. Elde edilen R^2 değeri 0,9671 olduğundan, bağımsız değişkenin, bağımlı değişkeni % 96,71'ini açıkladığı görülmüştür.

İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin varlığı, bu ilişkinin yönü ve şiddeti korelasyon analizi ile belirlenir. Deprem şiddeti üzerinde bir bağımsız değişken olan oluşum sayısının etkisinin incelendiği modelde, bu değişkene bağımlı değişken arasındaki ilişkiye, yani korelasyon katsayısına bakıldığında; $r = -0,983$ bulunmuştur. Bulunan % 98'lik ilişki oluşum ve büyüklük arasında güçlü ve negatif bir doğrusal ilişki olduğunu göstermiştir.

Araştırma sonucunda deprem magnitüdüne ilişkin tahmini bağıntı aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\log_{10}(N) = 2,5779 - 0,6058 \times M_s$$

Bu model ile bulunan değerler Tablo 2'de poisson olasılık dağılımı hesaplamalarında kullanılmıştır.

3.3. Poisson Olasılık Dağılımı ile Deprem Risk Analizi

Poisson modelinde deprem oluşumunun bir poisson dağılımına uyduğu tespit edilmiştir. Tablo 2'de Karabük ve çevresi deprem tehlikesini gösteren Poisson olasılık dağılımına ait analiz sonuçları verilmiştir.

Karabük ve çevresi için büyüklük - frekans ilişkisinden elde edilen a-b sismotektonik parametreleri kullanılarak bölgede oluşan $M > 4.5$ büyüklüğündeki depremler göz önüne alınarak, bölgede 1900 - 2013 yılları arasında oluşan depremlerin geri dönüş periyotları ve 113 yıllık bir gözlem aralığı için verilen herhangi bir M büyüklüğündeki bir depremin D yıl içinde oluşma riski hesaplanmıştır.

Bu çalışmada deprem magnitüdlерinin olasılık dağılımı, magnitüdlер ile bunların frekansları (oluş sıklıkları) arasındaki ilişkiyi gösteren bir bağıntı ile ortaya çıkarılmıştır. Poisson olasılık dağılımı ile deprem

risk analizinde kullanılan değişkenler; N: Birikimli deprem sayısı; M: Magnitüd (Yüzey dalgası magnitüdü (Ms)); N(M): Birikimli deprem büyüklüğü sayısı, Xi: Ortalama büyüklük, D: Yıl olarak verilmiştir.

Tablo 2’de $N \times M_s$ değerleri $N \times M_s = 10^{2.5779 - 0.6058 \times M_s}$ eşitliği ile bulunmuştur. Yıl için yüzde olasılık değerleri $D = e^{-\ln(N \times M_s) \times D}$ eşitliği ile bulunmuştur. Ortalama tekrar periyot yıllarının değerleri ise $D = e^{-\ln(N \times M_s)}$ eşitliği ile bulunmuştur.

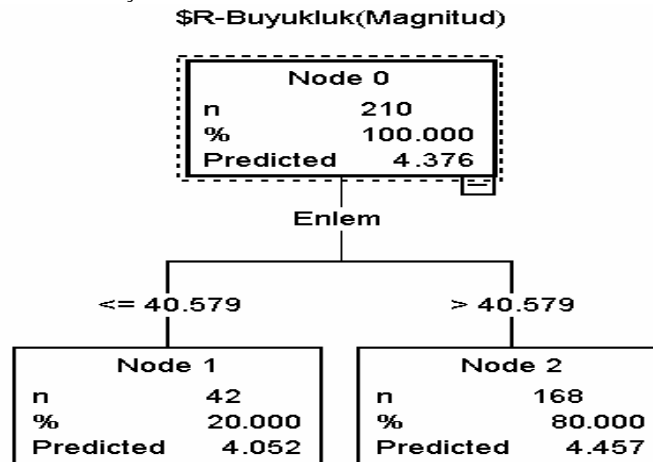
Tablo 2 : Poisson Olasılık Dağılımı

NMs	Ms	$1 - e^{-\ln(N \times M_s) \times D}$				Ortalama Tekrar Periyodu D (Yıl)
		D (Yıl) İçin Olasılık (%’de)				
		10	50	75	100	
0,710753	4,5	99,9	100,0	100,0	100,0	1
0,353846	5,0	97,1	100,0	100,0	100,0	3
0,176161	5,5	82,8	100,0	100,0	100,0	6
0,087701	6,0	58,4	98,8	99,9	100,0	11
0,043662	6,5	35,4	88,7	96,2	98,7	23
0,021737	7,0	19,5	66,3	80,4	88,6	46
0,010822	7,5	10,3	41,8	55,6	66,1	92

Tablo 2 incelendiğinde, 1900 - 2013 yılları arasında meydana gelmiş deprem büyüklüklerinden hareketle çalışma alanında büyüklüğü 4.5 - 7.5 arasında oluşabilecek depremlerin % olarak analizlerini görmek mümkündür. Buradan hareketle; büyüklüğü 5 olan bir depremin dönüş periyodu 3 yıl ve depremin 10 yıl içerisinde olma olasılığı % 97.1 iken, 6.5 büyüklüğündeki bir depremin dönüş periyodu ise 23 yıl ve depremin 10 yıl içerisinde olma olasılığı % 35.4’tür. Bunun yanında; 7 büyüklüğündeki bir depremin 10 yıl içerisinde olma olasılığı %19.5 iken standart bir yapının ömrü olarak düşünülebilecek 50 yıllık bir zaman diliminde 7 büyüklüğündeki bir depremin olma olasılığı ise % 66.3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca 7 büyüklüğündeki bir depremin dönüş periyodu 46 yıldır. Karabük ili birinci derecede deprem bölgesinde yer aldığından, bu nedenle 46 yılda 7 büyüklüğünde bir deprem olduğunda bina ömrü tamamlanmadan zarar görme ihtimali yüksektir. En son 7.5 büyüklüğünde 1944 tarihinde Gerede’de bir deprem meydana gelmiştir. Hesaplanan değerlere göre 7.5 büyüklüğünde bir depremin dönüş periyodu 92 yıldır. Diğer deprem büyüklükleri için belirlenen olasılık değerleri Tablo 2’de hesaplanmıştır.

3.4. Karar Ağacı Chaid Analizi

Bu çalışmada veri madenciliği sınıflayıcı tekniklerden karar ağacı analizi kullanılmıştır. Karar ağacı tekniklerinden Chaid analizi (Algoritması) ile deprem verileri kullanılarak deprem şiddetini etkileyen en önemli değişken ortaya çıkarılmaya ve aralarındaki bağıntılar kurulmaya çalışılmıştır. Chaid analizi ile bulunan sonuçlar Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7 : Chaid Analizi Sonucu

Şekil 7’de görüldüğü gibi deprem büyüklüğünü belirleyen en önemli değişken “enlem” olarak bulunmuştur. Diğer değişkenler olan mesafe, magnitüd, zaman ve boylam değişkenleri önemli çıkmamıştır.

Analiz sonucunda enlem değişkeni önemli bir değişken olarak bulunmuştur. Şekil 6’da görüldüğü gibi enlemi 40,57’nin altında meydana gelen deprem sayısı 42 tanedir. Söz konusu deprem sayısı, verinin içerisinde % 20’lik kısmını oluşturmaktadır. Enlemi 40,57’nin altında olan illerin ise; Ankara, Çankırı ve Bolu olduğu görülmüştür. Enlemi 40,57’nin üstünde meydana gelen deprem sayısı 168 tane olduğu ve 210 tane

verinin içerisinde % 80'lik kısmını oluşturduğu tespit edilmiştir. Enlemi 40,57'nin üstünde olan illerin ise; Karabük, Kastamonu, Zonguldak ve Bartın, olduğu görülmüştür.

Enlem değişkeni 40,579, deprem büyüklüğünü etkilemede önemli bir kırılma noktası olduğu tahmin edilmiştir. Enlem değişkeni $\leq 40,579$ altında olduğunda tahmini depremin büyüklüğü 4,05 ve enlem değişkeni $> 40,579$ üstünde olduğunda, tahmini depremin büyüklüğünün 4,46 olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Karabük ili ve çevresinde 1900 yılından günümüze kadar meydana gelen koordinatları 41°12' kuzey enlemi ve 32°37' doğu boylamı çevresindeki bölgenin, deprem etkinliği ve kuvvetli yer hareketi kayıtları incelenmiştir. Bu zaman diliminde bölgede meydana gelen, büyüklüğü 3.5 ve üzeri 210 depremden alınan Magnitüd kaydı ve diğer deprem parametreleri ile birlikte analiz edilmiştir.

Veriler Kolmogorov - Smirnov uyum iyiliği testi kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiş ve bu testler sonucunda olasılık dağılımı belirlenmiştir. Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi ile verilerin normal dağılım göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Deprem şiddetinin oluşum sayısına bağlı etkisinin elde edilebilmesi için ilgili değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan istatistiksel işlemlerde magnitüd ve frekans ilişkisi araştırılmıştır.

Magnitüd - frekans ilişkisi, Karabük kenti merkez olmak üzere çizilen 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölgeler içinde meydana gelmiş magnitüd'ü 4,5 olan ve öncü - artçı depremler çıkartılarak veriler derlenmiştir. Magnitüd - Frekans ilişkisi hesaplanırken $M > 4.5$ olan depremler ele alınmıştır. Karabük ili ve çevresinde meydana gelen büyüklüğü 4.5 ve üzerinde olan depremlerin, magnitüd - frekans ilişkilerinin incelenmesi sonucunda tahmini bir model kurulmuştur. Ayrıca korelasyon analizi sonucuna göre; deprem oluşumu ve büyüklük arasında güçlü ve negatif bir doğrusal ilişki olduğu görülmüştür. Karabük ve çevresi için büyüklük-frekans ilişkisinden elde edilen a - b sismotektonik parametreleri kullanılarak bölgede oluşan $M > 4.5$ büyüklüğündeki depremler göz önüne alınarak, bölgede 1900 - 2013 yılları arasında oluşan depremlerin geri dönüş periyotları ve 113 yıllık bir gözlem aralığı için verilen herhangi bir M büyüklüğündeki bir depremin D yıl içinde oluşma riski hesaplanmıştır. Depremlerin gelecekte olma olasılıkları ve kaç yılda bir tekrarlanacakları Poisson modeli kullanılarak hesaplanmıştır.

Çalışmada Poisson risk dağılım sonuçları genel olarak büyüklüğü 4.5'den büyük depremler için farklılık gösterdiği görülmüştür. Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizinde, Karabük ili ve çevresinde meydana gelen büyüklüğü 4.5 ve üzerinde olan depremler dikkate alınmıştır. Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizi sonucunda; 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.5 büyüklüklerindeki depremlerin 50 yıllık bir dönemde oluşma ihtimalleri sırası ile; %100, %100, %100, %98.8, %88.7, %66.3, %41.8 olarak bulunmuştur. Ayrıca 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.5 büyüklüklerindeki depremlerin 50 yıllık bir dönemde tekrarlanma periyotları sırası ile; 1 yıl, 3 yıl, 6 yıl, 11 yıl, 23 yıl, 46 yıl, 92 yıl olarak bulunmuştur. Yapı ekonomik ömrünü 50 yıl kabul ettiğimizde, böyle büyüklükteki bir depremin tekrarlanma olasılığının yüksek olduğu ve birçok yapının olası bir depremde ne kadar tehlike altında olabileceği düşünülmelidir.

Kasap ve Gürten (2003: 165), çalışmalarında Marmara Bölgesi'nde (39.50° - 41.50°) kuzey - (26.00° - 32.50°) doğu koordinatları arasında, 1900 - 2000 yıllarında ve büyüklüğü $M \geq 4.0$ olarak kaydedilmiş 447 deprem verisinin, öncelikle magnitüd rastgele değişkeninin yoğunluk ve dağılım fonksiyonu bulunmuştur. Ayrıca veri olarak belirli Magnitüd büyüklüğü arasındaki deprem sayıları kullanılmıştır.

Çeşitli magnitüdüdeki depremlerin meydana gelişlerine ilişkin bazı olasılıklar ile tekrarlanma yılları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde yapılan çalışmalar için üstel model kullanılmıştır. Bu modelin kullanılmasının doğruluğu hipotez testi ile desteklenmiştir. Daha önce yapılmış başka bir çalışmada kullanılan Poisson dağılımının daha çok büyük magnitüdü depremler için iyi sonuçlar verdiği, bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırıldığında görülmüştür. Bilindiği gibi üstel dağılım modeli, genellikle düşük magnitüdü depremler için daha iyi sonuçlar verdiği göz önüne alındığında, 4.2 büyüklüğünde bir depremin tekrarlanma yılı 0.617 olabileceği ifade edilmektedir. Bu ise yılda yaklaşık iki kere 4.2 civarındaki büyüklükte deprem olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca elde edilen bu sonuçlara göre 6.2 büyüklüğündeki bir başka deprem için ise yaklaşık ortalama 15 yıl sonra tekrarlanabileceği söylenebilir (Kasap, 2003: 165).

Bu çalışmada kullanılan Poisson olasılık dağılımı, daha çok büyük magnitüdü depremler için iyi sonuçlar verdiği, Kasap R. ve Gürten Ü. (2003) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırıldığında görülmüştür.

Çalışmada veri madenciliği sınıflayıcı yöntemlerinden ve karar ağaçları yöntemlerinden Chaid Algoritması ile deprem büyüklüğünü etkileyen nedenler araştırılmıştır. Yapılan Chaid analizi sonucunda, deprem büyüklük düzeyi, enlem parametresi ekseninde sınıflandırılmıştır. Bu bağlamda deprem şiddet düzeyi ile enlem parametresi arasındaki ilişki görsel boyuta taşınmış, elde edilen sonuçların okuyucu

tarafından daha kolay ve anlaşılabilir bir biçimde yorumlanmasına olanak sağlanmıştır. Çalışma yapılan bölgenin analizi sonucunda, KAFH yakınlarında daha çok depremin meydana geldiği görülmüş, veri madenciliği ile elde edilen sonuç, bu incelenen bölge için beklenen bir durum olduğunu kanıtlamıştır.

Karabük ve çevresinin tektonik yapısı, depremelliği, yerleşim alanlarındaki zemin yapılarının beklenen düzeyde olmaması ve bölgedeki yapıların çoğunun beklenen kalitede olmaması, meydana gelebilecek bir depremde çok sayıda insan hayatının ve maddi kayıpların artmasına neden olacaktır. Bu nedenle, deprem davranışlarının anlaşılması ve şiddetinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde deprem tehlikelerini belirlemek ve afet risklerini azaltmak için bilimsel çalışmaların artması gerekmektedir. Bu amaçla, geçmiş veri kayıtlarından yararlanılarak geleceğe yönelik çıkarımlar yapmak ve tahminlerde bulunmak için; deprem verilerinin toplanması, işlenmesi, arşivleme çalışmalarının yapılması ve veri kalitelerinin iyi olması gerekmektedir. Ayrıca, ülkemizde depremleri izleme ve değerlendirme faaliyetlerinin, güncelleştirme çalışmalarının sürekli olarak yapılması ve bilimsel çalışmaların artmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- AKKAYA Aysen D., YÜCEMEN M. Semih (2011). "Magnitüd- Sıklık İlişkisi Parametrelerinin Robust Tahmini", *ODTÜ 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, S.1, s. 1-8.
- AKOL Banu (2009). *Çanakkale ve Çevresinin Deprem Riskinin İncelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ATALAY, İbrahim (1982). *Türkiye Jeomorfolojisine Giriş*, İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları.
- ATASOY Metin (2002). *Depremde Bina Hasarlarının Lojistik Regresyon Yöntemi Kullanılarak Tahmin Edilmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DEMİRTAŞ, Ramazan (2000). *Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Abant-Gerede Arasında Kalan Bölümünün Neotektonik Özellikleri Ve Paleosismisitesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DEMİRTAŞ, Ramazan (2010). *Kuzey Anadolu Fay Sistemi (Kafs) Diri Fayları, Paleosismolojik Çalışmalar Ve Gelecek Deprem Potansiyelleri*, Ankara.
- ERSÖZ, Filiz (2015). *Veri Madenciliği Teknikleri ve Uygulamaları*, Ankara: 72 Dijital basımevi.
- IŞIK, Ahmet, ANKUT, Yunus, KARAKAŞ, İbrahim, ELBİR, Pervin, GİRGİN, Asuman (2010). *Çevre Durum Raporu*, Karabük: Karabük İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Yayınları.
- KALIKOV Anarbek (2006). *Veri Madenciliği ve Bir E-Ticaret Uygulaması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KASAP, Reşat, GÜRLEN, Ülkü (2003). "Deprem Magnitüdü İçin Tekrarlanma Yıllarının Elde Edilmesi: Marmara Bölgesi Örneği", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, S. 4, s. 157-166.
- KETİN, İhsan (1966). "Anadolu'nun Tektonik Birlikleri", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, S.66 s. 21-34.
- ÖZÇEP, F. (2005). *Zemin Jeofizik Analizi*, Excel Tabanlı Program, İ. Ü. Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., İstanbul.
- SAVAŞ, S., TOPALOĞLU, N., YILMAZ, M (2012). "Veri Madenciliği ve Türkiye'deki Uygulama Örnekleri", *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, S. 21, s. 1-23.
- SHEARER, Colin (2000). "The CRISP-DM Model: The New Blueprint For Data Mining", *Journal of Data Warehousing*, S. 5(4), s. 13-22.
- ŞENGÖR, A.M.C., TÜYSÜZ, O., EMREN, C., SAKINÇ, M., EYİDOĞAN, H., GÖRÜR, N., Le PICHON, X.ve RANGIN C., (2004). The North Anatolian Fault: A new look. *Ann. Rev. Earth Planet, Sci.*, S. 33, s. 37-112.
- ÜNAL, Serpil (2010). *Türkiye'de Meydana Gelen Depremlerin Markov Zinciri ile Modellenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- YALÇIN, Hilal, GÜLEN, Levent, UTKUCU, Murat (2013). "Türkiye ve Yakın Çevresinin Aktif Fayları Veri Bankası ve Deprem Tehlikesinin Araştırılması", *Yerbilimleri Dergisi*, S. 34, s. 141-168.
- YÜCEMEN, Semih (1982). "Sismik Risk Analizi", *ODTÜ İdari Bilimler Fakültesi Yayını*, S. 41.