

TÜRKİYE'DE 1999 YILINDAN GÜNÜMÜZE KADAR YAŞANMIŞ DEPREMLER BAZ ALINARAK FAY HATLARININ VE GERÇEKLEŞMİŞ DEPREM ŞİDDETLERİNİN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİYLE TAHMİN EDİLMESİ

Doğan Dinçer Demirci
demirci.dogan@std.izu.edu.tr

Selim Gülce
gulce.selim@std.izu.edu.tr

Nurettin Resul Tanyıldızı
tanyildizi.nurettin@std.izu.edu.tr

Muhammed Farmedi Tengirşek
tengirsek.muhammed@std.izu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, 36°- 42° Kuzey paralelleri, 26°- 45° Doğu meridyenleri arasında 1999'dan beri gerçekleşmiş deprem kayıtlarının zaman, enlem, boylam, derinlik ve Magnitüd koşullarının bir fonksiyonu olarak, belirli bir konumda ve belirli bir zamanda gerçekleşen depremin sebebi olan fay hattının ve depremin büyüklüğünün tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın 1999'dan günümüze kadar geçen zaman aralığındaki deprem etkinliği ve kuvvetli yer hareketi kayıtları incelenerek elde edilen yaklaşık 8 bin deprem verisi zaman, enlem, boylam, derinlik ve Magnitüd kaydı gibi deprem parametreleri ile analiz edilmiştir.

1. Giriş

Deprem, beklenmedik zamanlarda yer kabuğunun altında meydana gelen ve sismik dalgalar halinde yayılan bir afettir. Moment Magnitüd ölçeği ile ölçülen depremler, belirli bir skalaya konduğunda 3.0 büyüklüğünün altında kalan değerlerdeki depremler yeryüzünde hissedilmeyecek kadar küçük enerji salınımında bulunurken, 7.0 büyüklük ve üstündeki depremler genelde yeryüzünde büyük yıkım ve zararlara sebebiyet verebilirler. Depremlerin yıkıcılık kuvvetine etkileyen bir diğer faktör de depremin yeryüzünden ne kadar derinde gerçekleştiğidir. Yeryüzüne daha yakın olan depremler -yani derinlik değeri az olan depremler- daha büyük yıkımlara sebebiyet verirler. Depremler diğer doğal afetleri de tetikleyebilirler. Yeryüzüne yakın depremler tsunamiye sebebiyet verebilir. Ayrıca depremler volkanik faaliyetlere veya erozyona da tetikleyici sebep olabilirler.

Levhaların birbirleri üzerlerine doğru yaptıkları hareketlenmeler sonucunda ortaya çıkan sıkışma ve gerilmeler enerji birikimine sebebiyet verir. Enerjinin açığa çıktığı yer kabuğu üzerindeki hareket halindeki bölgelere fay adı verilir. Deprem esnasında faylarda biriken enerji, büyük bir hızla kinetik enerjiye dönüşür. Bunun sonucunda fayın iki yanındaki yer kabuğu zıt yönlerde doğru bir yönelim gösterirler. Buna fay atımı ismi verilir

Fayın oluşumu esnasında meydana gelen kinetik enerji ise sismik dalgalarla çevreye yayılır ve halk arasında zelzele olarak bilinen depremlere sebebiyet verir.

Türkiye bölgesi, kritik deprem bölgesi içerisinde bulunduğundan geçmiş senelerde büyük yıkımlara, can ve mal kaybına sebebiyet vermiş birçok deprem meydana gelmiştir. Geçmişte yaşanan depremlere bakarak gelecekte var olacak depremlerin direkt olarak belirlenmesi gibi bir durum söz konusu olmasa da bu veriler aracılığı ile veri madenciliği metotları kullanılarak depremlere hangi fay hatlarının sebebiyet verdiğinin ve hangi konumlardaki depremlerin daha büyük olduğunun analizinin gerçekleştirilmesi depremin sebep olduğu can ve mal kayıplarını daha aza indirgeyebilmek için aldığımız önlemler adına insanlara yol gösterici olacaktır.

Türkiye'de, Doğu Anadolu fay hattı, Kuzey Anadolu fay hattı ve Batı Anadolu fay hattı bulunmaktadır. Bu fay hatlarının oluşum süreçlerine bakacak olursak Arap plakasının kuzeye doğru ötelenmesi sonucunda Doğu Anadolu'da sıkışan Anadolu plakasının batıya hareketi sonucunda ortaya çıktığını söyleyebiliriz.

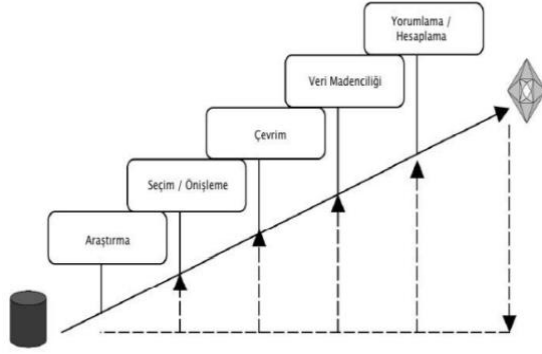
Deprem ölçümü için ortaya konan standarta Magnitüd denir. Magnitüd, deprem ölçümü için gerekli olan parametrelerden birisidir. Deprem esnasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsüdür. C.Richter tarafından bu standart bugün var olan halini almıştır. Eski kaynaklarda Magnitüd'e Richter ölçeği dendiği de görülmektedir.

Geçmiş senelerde insanları etkilemeyen küçük çaplardaki depremlerin kayıtları tutulmamıştır. Büyük ölçekli depremler ise büyük hasarlara sebep verdiği için kayıtlarda kendilerine yer bulmuşlardır. İlerleyen teknoloji ile ve Richter'in Magnitüd ölçeğinin zamanla geliştirilmesi sayesinde daha tutarlı veriler tutulabilir hale gelmiştir. Bu büyük veri yığınına daha anlamlı hale getirebilmek ve analizler sonucunda belirli çıkarımlar yapabileceğimiz veriler elde edebilmek için veri madenciliği yöntemlerinden faydalanılabilir.

Veri madenciliği, büyük veri topluluklarından anlamlandırmaya açık ve yorumlanabilir bilgi elde yöntemlerine ve sürece verilen isimdir. Görsel ara yüze sahip son kullanıcı programları sayesinde kolay modellemeler ile verilerin yorumlanması ve iş bilgisine

dayalı çözümler üretilmesi mümkün kılınmıştır. Veri madenciliği birçok uygulama alanı içerisinde yer almaktadır. Bu alanlardan arasında Yapay Sinir ağları, İstatistik, Nümerik Matematik gibi disiplinler yer almaktadır.

Veri madenciliği süreci, veri yığınları üzerinde, veri seçimi, veri ön işleme, veri dönüştürme, veri madenciliği ve veriyi kullanılabilir bilgiye dönüştürme aşamalarını içermektedir.



Görsel 1: Bilgi keşfi aşamaları

Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak geçmişe ait deprem verilerinin nitelikleri incelenerek gelecekte yaşanma ihtimali olan deprem bölgeleri ve fay hatları konusunda fikir sahibi olunabilir.

2. Literatür Özeti

Deprem ve fay hatlarının veri madenciliği ile incelenmesi konusunda birçok araştırma bulunmaktadır. Filiz Ersöz'ün Aralık 2016 tarihinde kaleme aldığı Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alan Karabük ili ve çevresinde meydana gelen depremlerin veri madenciliği ve istatistiksel yöntemlerle incelenmesi araştırmasında, Karabük ve çevresinde 41°12' kuzey enlemi ve 32°37' doğu boylamı koordinatları aralığında 1900 senesinden itibaren gerçekleşmiş 3.5 Magnitüd değeri üzerindeki 210 deprem verisi Kolmogorov - Smirnov uyum iyiliği testi uygulanarak incelenmiş ve verilerin normal bir dağılım sergilemediği sonucuna varılmıştır. Magnitüd-frekans ilişkisi incelenerek oluşturulan korelasyon analizi sonucunda deprem oluşumu ve deprem büyüklüğü arasında güçlü ve negatif bir doğrusal ilişki olduğu kanısına varılmıştır. Possion olasılık dağılımı ile deprem risk analizinin sonucunda 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. Üstel dağılım modeli kullanılarak 4.2 büyüklüğünde bir depremin tekrarlanma yılı 0.617 olarak tespit edilmiştir.

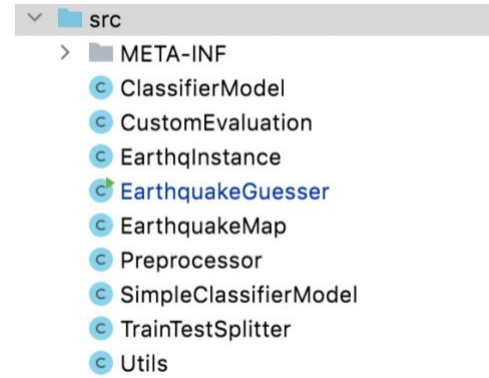
Handan Çam 2016 senesinde yaptığı Yapay sinir ağı yöntemiyle deprem tahmini: Türkiye Batı Anadolu fay hattı uygulaması araştırmasında 4 farklı bölgeden 2013 senesinden daha eski 122 adet deprem verisi test amacıyla kullanılmıştır. Test verisine alınan bölgelerin P0 değerleri hesaplanmıştır. Genel biçimde tahmin sonuçları

değerlendirildiğinde yapay sinir ağı o bölgelerde gerçekleşmeyecek depremleri doğru tahmin etmiştir. Verilerin yapısı incelendiğinde lineer olmayan veriler ile yapılan bu çalışmanın tahmin değerleri beklenen aralıktadır.

Reşat Kasap ve Ülkü Gürten'in 2003 senesinde yayımladıkları Deprem Magnitüdüleri için tekrarlanma yıllarının elde edilmesi: Marmara Bölgesi örneği araştırmasında Marmara Bölgesinin (39.500 -41.500) kuzey- (26.000 -32.500) doğu koordinatları arasında, 1900-2000 senesi arasındaki büyüklüğü 4 ve üzeri olan 447 adet deprem verisi incelenmeye alınmıştır ve bunun sonucunda Magnitüd değerinin yoğunluk ve dağılım fonksiyonu bulunmuştur. Üstel model kullanılarak depremlerin büyüklüklerine göre tekrarlanma yılları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Üstel modelin kullanımının doğruluğu hipotez testi kullanılarak desteklenmiştir. Daha öncesinde yapılmış bir çalışmada Possion'un büyük depremler için iyi sonuçlar verdiği bu makalenin sonuçları karşılaştırıldığında daha da kuvvetli bir fikir olmuştur.

3. Çerçevenin Yapısı, Bileşenler, Mimari Tasarım

Geliştirmiş olduğumuz çerçeve, Weka kütüphanesine ait metodları geliştirerek kullanmak suretiyle oluşturulmuştur. Çerçevemizin mimarisi her biri sınırları iyi tanımlanmış işlemler yapacak şekilde geliştirilmiş çeşitli sınıflardan oluşmaktadır. Çerçevemizin başlangıç noktası EathquakeGuesser sınıfıdır. Bu sınıfta, diğer işlemleri yapan sınıflara ait metodlar çağırılır. Preprocessor sınıfı, veri ön işlemesine ait çeşitli işlemler barındırır. Bu sınıf sayesinde istenmeyen özellikler veriden çıkarılır ve hesaplanması gereken yeni özellikler hesaplanır. EarthquakeMap sınıfı, fay hattı bilgisi hesaplanmış veriyi harita üzerine çizdirmek için kullanılır. TrainTestSplitter sınıfı, veriyi eğitim ve test şeklinde iki kümeye bölmekle yükümlüdür. ClassifierModel sınıfı, verilerimizi sınıflandırmak için kullandığımız makine öğrenmesi algoritması ile eğitim verimizi eğiterek bir model oluşturur ve bu modeli test verimize uygulayarak sınıf tahmininde bulunur. CustomEvaluation sınıfı, orijinal test verisi ile tahmin sonucunda elde edilen veriyi kıyaslayarak başarımlarını değerlendirir. Utils sınıfı, yardımcı metodlar içeren genel bir sınıf olarak kullanılır. Çerçevemizin mimari yapısı genel olarak böyledir.



Görsel 2: Proje Yapısı

4. Yazılımın Kullanılması

Geliştirmiş olduğumuz yazılımın kullanılması için Earthquake.jar dosyasının bulunduğu dizin bir komut satırı uygulamasında açılarak aşağıdaki komut girilmelidir. Uygulamanın çalıştırılabilmesi için uygun Java versiyonuna sahip olunmalıdır.

Komut satırına girilecek komut:

```
java -jar Earthquake.jar
```

5. Çerçevenin Algoritması

Çerçevede ilk olarak veri dosyası formatı ‘.csv’ uzantısından Weka için daha uygun olan ‘.arff’ uzantısına dönüştürülmüştür. Sonra veri setindeki istenmeyen özelliklerin çıkarılması için ön işleme adımları yapılmıştır. Ön işleme safhasında, deprem veri setindeki depremlere ait “EventId” sütunu her deprem verisi için birbirinden farklı olduğundan veri setinden çıkarılmıştır. Yine “Location” bilgisi, konumun katar olarak karşılığı olduğundan ve numerik ya da nominal olarak bir anlam ifade etmediğinden veri setinden çıkarılmıştır. Çünkü veri içerisinde konum bilgisi “EpicenterLon” ve “EpicenterLat” olmak üzere enlem ve boylam şeklinde mevcuttur. Son olarak veri setinde katar olarak verilmiş deprem tarihi bilgisinin formatı Weka’da kullanılabilir bir tarih formatına dönüştürülmüştür.

Bu aşamanın ardından, proje kapsamında yapılması istenilen deprem verilerinin lokasyon bilgilerine göre kümelenmesi aşamasına geçilmiştir. Burada deprem verileri kümelenirken Weka kütüphanesinde yer alan Expectation Maximization kümeleme modeli kullanılmıştır.

A- Expectation Maximization

Expectation Maximization, bir dataset için olasılık dağılımları ve bunların parametrelerine bakarak yoğunluk kestirimi yapan bir yaklaşımdır. Birçok makine öğrenimi algoritmasının temelinde yatan genel ve efektif bir yaklaşımdır. Eğitim datasetinin eksiksiz olmasını yani bütün ilgili ve birbirleri ile etkileşimli değişkenlerin mevcut olmasını gerektirir.

EM algoritması iki mod arasında gel git yapan iteratif bir yaklaşımdır. İlk mod kayıp veya gizli değişkenleri kestirmeyi dener ve adı Estimation (Kestirim) veya E-Step’dir. İkinci mod ise veriyi en iyi şekilde izah etmek amacıyla parametreleri optimize etmeye çalışır. Maximization veya M-Step olarak adlandırılır.

Türkiye’de Kuzey Anadolu fay hattı, Doğu Anadolu fay hattı ve Batı Anadolu fay hattı olmak üzere 3 adet büyük hattı olduğu için Expectation Maximization kümelemesindeki sınıf sayısı 3 adet olarak ayarlanmıştır. Kümeleme gerçekleştirilirken depremlere ait enlem ve boylam değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Ortaya çıkan fay hattı bilgisi veri setine daha sonra kullanılmak üzere bir nitelik olarak eklenmiştir ve yeni veri seti kaydedilmiştir.

Daha sonraki aşamada, oluşan yeni veri veri seti eğitim ve test olmak üzere iki kümeye ayrılmıştır ve bu iki küme farklı dosyalar şeklinde kaydedilmiştir. Bu işlem gerçekleştirilirken deprem verilerinin bir zaman serisi belirttiği göz önünde bulundurulmuş, bu sebeple eğitim veri setine 2018 senesi öncesinde gerçekleşmiş depremler atanırken, test veri setine 2018’den günümüze kadar olan deprem verileri atanmıştır. Böylece test kümesindeki hiçbir depremin tahmininde kendinden sonraki bir depremin kullanılmayacağı kesinleştirilmiştir.

Proje kapsamında araştırılması beklenen husus, kümeleme ile edilen fay hattı bilgisinin sınıflandırmaya dahil edilmesinin, sınıflandırma sonucunu nasıl etkileyeceğinin araştırılmasıdır. Deprem verilerinin Richter ölçeğine göre sınıflandırılması beklenmektedir. Bu sebeple ilk olarak depremlerin Magnitüd tahminlerinin yapılması hedeflenmiştir. Deprem Magnitüd değerleri sürekli değerler olduklarından, Magnitüd tahmini yaparken makine öğrenimi algoritmalarından Lineer Regresyon algoritmasının kullanılması tercih edilmiştir.

B- Lineer Regresyon

Lineer Regresyon, skaler bir yanıt ile bir veya daha fazla bağımlı veya bağımsız değişkenin arasındaki ilişkiyi modellememize olanak sağlayan doğrusal bir yaklaşımdır. Bir değişken için hesaplandığında buna basit lineer regresyon adı verilir. Birden fazla değişken üzerinden hesap yapan lineer regresyon modeline ise çoklu lineer regresyon adı verilir.

Model bir kez fay hattı bilgisini içerecek şekilde, bir kez de içermeyecek şekilde oluşturulmuştur ve test verisi kullanılarak oluşturulan modelin Magnitüd tahmini yapması sağlanmıştır. Son olarak tahmin edilen Magnitüd değerlerine karşılık gelen deprem sınıfı hesaplanmış ve elde edilen modellerin başarımlar değerlendirilmeleri yapılmıştır.

Tahmin edilen Magnitüd değerine karşılık gelen sınıfın hesaplanmasında başta orijinal Richter ölçeğine bağlı kalmıştır ancak veri kümesi bu ölçeğin belirlediği sınıfların çok küçük bir kısmını içermektedir. Her sınıftan düzgün bir tahminleme yapabilecek kadar örnek yoktur. Bu yüzden veri kümesini daha iyi temsil eden bir ölçekleme yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu ölçekleme yöntemine göre ≤ 3.5 olan depremler “Küçük”, ≤ 4.5 olan depremler “Orta” ve bunlardan büyük depremler “Büyük” olarak sınıflandırılmaktadır.

6. Çalışma Örnekleri

Model başarımları için en iyi sonuç elde edilmeye çalışılırken, modeli oluşturan çeşitli parametreler değiştirilmiş ve bu parametrelerin sonucu ne yönde etkilediği gözlemlenmeye çalışılmıştır. Aşağıda bu bağlamda yapılan çeşitli çalışma örnekleri ve örneklerin sonuçları sıralanmıştır.

1- Eğitim ve test verilerinin zaman aralığının belirlenmesi

Eğitim verileri 1999 – 2015 aralığında, test verileri 2015 – 2021 aralığında verildiğinde elde edilen ve fay hattı bilgisi içeren modelin verdiği sonuç:

=== Confusion Matrix ===					
	Minor	Moderate	Strong		
Minor	621	64	3		
Moderate	1525	1345	153		
Strong	31	86	16		
Accuracy Precision Recall F1 Support					
Minor	0.58	0.90	0.29	0.43	2177.00
Moderate	0.29	0.04	0.30	0.07	1495.00
Strong	0.93	0.12	0.09	0.10	172.00
avg / tot	0.60	0.35	0.23	0.20	3844.00

Eğitim verileri 1999 – 2010 aralığında, test verileri 2010 – 2021 aralığında verildiğinde elde edilen ve fay hattı bilgisi içeren modelin verdiği sonuç:

=== Confusion Matrix ===					
	Minor	Moderate	Strong		
Minor	131	3	0		
Moderate	3232	1446	157		
Strong	373	1037	149		
Accuracy Precision Recall F1 Support					
Minor	0.45	0.98	0.04	0.07	3736.00
Moderate	0.13	0.00	0.00	0.00	2486.00
Strong	0.76	0.10	0.49	0.16	306.00
avg / tot	0.45	0.36	0.17	0.08	6528.00

2- Depremleri sınıflandırmada kullanılacak ölçek için aralıkların belirlenmesi

Orijinal Richter ölçeğindeki aralıkların kullanılması ile elde edilen ve fay hattı bilgisi içeren modelin verdiği sonuç:

=== Confusion Matrix ===					
	Minor	Moderate	Strong		
Minor	2023	47	3		
Moderate	1	0	0		
Strong	0	0	0		
Accuracy Precision Recall F1 Support					
Minor	0.98	0.98	1.00	0.99	2024.00
Moderate	0.98	0.98	0.50	0.66	47.00
Strong	1.00	NaN	0.00	NaN	3.00
avg / tot	0.98	NaN	0.50	NaN	2074.00

3- Farklı bir makine öğrenmesi algoritmaları ile modelin geliştirmesi

RandomForest kullanılarak elde edilen ve fay hattı bilgisi içeren modelin verdiği sonuç:

=== Confusion Matrix ===					
	Minor	Moderate	Strong		
Minor	580	137	6		
Moderate	435	701	92		
Strong	50	55	18		
Accuracy Precision Recall F1 Support					
Minor	0.70	0.80	0.54	0.65	1065.00
Moderate	0.52	0.21	0.42	0.28	893.00
Strong	0.90	0.15	0.16	0.15	116.00
avg / tot	0.71	0.38	0.37	0.36	2074.00

7. Sonuçlar ve Yorumlanması

Kümeleme algoritmasının başarımı, Türkiye’deki üç ana fay hattı ile kıyaslanarak ölçülmüştür ve gerçeğe en yakın kümeleme sonucu EM algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Görsel 4’te fay hattı tahmininin Türkiye haritası üzerine çizdirilmiş hali yer almaktadır.

Linear Regression algoritması ile fay hattı bilgisi içeren test veri kümesinde yapılmış olan Magnitüd tahminleri “Küçük, Orta, Büyük” şeklinde sınıflandırılıp, test veri kümesi ile kıyaslandığında aşağıdaki sonucu elde edilmiştir.

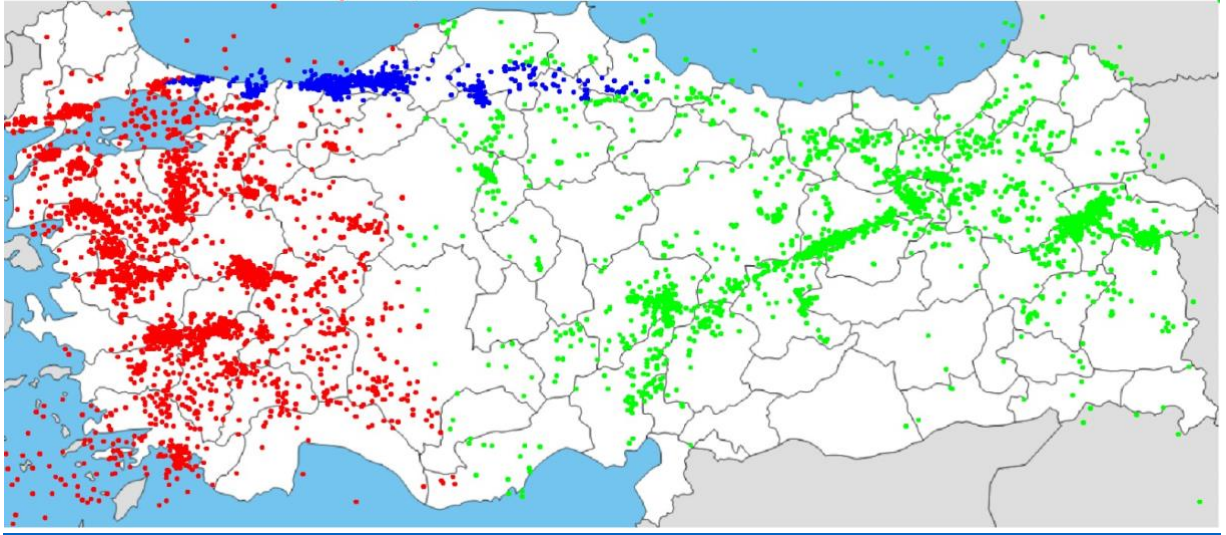
===== Model Metrics with Fault Lines =====					
=== Confusion Matrix ===					
	Minor	Moderate	Strong		
Minor	573	94	3		
Moderate	484	792	108		
Strong	8	7	5		
Accuracy Precision Recall F1 Support					
Minor	0.72	0.86	0.54	0.66	1065.00
Moderate	0.50	0.14	0.48	0.21	893.00
Strong	0.94	0.25	0.04	0.07	116.00
avg / tot	0.72	0.41	0.35	0.32	2074.00

Görsel 3: Fay Hattı Bilgisi İçeren Veri Setinin Sınıflandırılmasından Elde Edilen Sonuç

Bu modelden elde edilen sonuca göre, model büyük oranda deprem örneklerini “Orta” sınıfına dahil etme eğilimi göstermiştir. Aslında “Küçük” olarak sınıflandırılması gereken deprem verilerinin neredeyse yarısını ve aslında “Büyük” olarak sınıflandırılması gereken deprem verilerinin neredeyse tamamını “Orta” sınıfına dahil etmiştir.

“Küçük” olarak tahmin edilmiş depremlerin çoğunluğu aslında “Küçük” sınıfına aittir. Bu yüzden “Küçük” depremlere ait Precision değeri görece yüksek bir değerdir. Ancak bu durum “Orta” sınıfı için geçerli değildir. Modelimizin “Orta” sınıfına dahil ettiği örneklerin bir çoğu aslında farklı sınıflara aittir. Bu yüzden “Orta” sınıfının Precision değeri çok düşüktür.

“Büyük” deprem sınıfına ait örneklerin neredeyse tamamı yanlış tahmin edilmiştir. Ayrıca “Büyük” olarak tahmin edilen deprem verilerinin de çoğunluğu aslında farklı sınıflara aittir. Bu yüzden “Büyük” sınıfının hem Precision hem de Recall değerleri oldukça düşüktür. Precision ve Recall değerlerinin harmonik ortalaması olan F1 skoru da haliyle çok kötü bir sonuç vermiştir. “Büyük” sınıfının tahmininde yapılan bu hatalar, modelin genel başarısını ciddi oranda aşağıya çekmiştir. Bunun en temel sebeplerinden biri, veri kümesinde çok az sayıda “Büyük” deprem bulunmasıdır. Veri kümesindeki bu dengesizlik, başarılı bir tahmin yapmayı güçleştirmektedir.



Görsel 4: Fay Hattı Bilgisi İçeren Veri Setinin Sınıflandırılmasından Elde Edilen Sonuç

Yine aynı yöntem ile fay hattı bilgisi içermeyen veri kümesinde yapılmış Magnitüd tahminleri “Küçük, Orta, Büyük” şeklinde sınıflandırıldıklarında aşağıdaki sonuç elde edilmiştir.

===== Model Metrics without Fault Lines =====					
=== Confusion Matrix ===					
	Minor	Moderate	Strong		
Minor	583	93	3		
Moderate	474	793	108		
Strong	8	7	5		
	Accuracy	Precision	Recall	F1	Support
Minor	0.72	0.86	0.55	0.67	1065.00
Moderate	0.50	0.14	0.48	0.21	893.00
Strong	0.94	0.25	0.04	0.07	116.00
avg / tot	0.72	0.42	0.36	0.32	2074.00

Görsel 5: Fay Hattı Bilgisi İçeren Veri Setinin Sınıflandırılmasından Elde Edilen Sonuç

Her iki sınıflandırılmada elde edilen sonuçlar birbirlerine eşit sayılır derecede yakındır. Fay hattı bilgisinin modele eklenmiş olması tahmin başarımını arttırmadığı gibi, kötü yönde de etkilememiştir.

8. Gelecekte Yapılabilecekler

Deprem, hiçbir zaman kelimenin tam anlamıyla önleyemeyeceğimiz ancak birtakım hazırlıklarla hayatımız üzerindeki nispeten azaltabileceğimiz önlenemez bir güçtür. Önleyemeyeceğimiz bir güce karşı alabileceğimiz en etkili önlem ona karşı hazır olmaktır. Depreme karşı en iyi hazırlığı ancak ne zaman gerçekleşeceğini öngörebildiğimiz takdirde yapabiliriz. Deprem tahmini araştırmacıların yıllarca üzerinde vakit ve kaynak harcadıkları hayati bir konudur. Henüz bu konuda kayda değer bir atılım elde edilememiştir. Ancak bu demek değildir ki gelecekte de bu konuda ilerleme olmasın.

Bilimin kümülatif özelliğinden ötürü bugün etkili bir sonuç veremeyen her çalışma aslında bu problemin gelecekte çözüleceği tarihi biraz daha erkene çekmektedir. Bu konuda ne kadar çok çalışmalar olursa o kadar erken sonuca ulaşabiliriz. Bunun için deprem tahmininin tıpkı

küresel ısınma gibi global ölçekte farkındalığa erişmesi ve bilim insanlarının ortak çalışmalarda bulunması gerekmektedir. Depremi semptomlarının erken tespiti için aktif fay bölgelerine kurulacak her türlü ölçüm sistemleri bizlere depremin habercileri hakkında bilgiler sağlayabilir. Bu amaç doğrultusunda bir uluslararası deprem tahmin standardı belirlenmeli ve bu standarda yönelik ölçüm cihazları aktif fay bölgeleri öncelikli olarak yerleştirilmelidir. Yerleştirilen sensörler tarafından toplanan veri, çeşitli veri madenciliği metodları ile incelenmeli ve deprem ile aralarındaki ilişki çözümlenmelidir.

Deprem ile ölçümü yapılan değerler arasındaki ilişkinin tespit edilmesi bizlere depremi tahmin edebileceğimiz bir ön uyarı sisteminin ilk adımları olabilir. Bu sistem elde edilene kadar yakın gelecekte bizlerin yapabileceği en etkili hazırlık, en kötüsüne hazırlanmaktır. Bu bağlamda yeni inşa edilen binaların yine deprem konseyi tarafından belirlenen standarda göre dayanıklı inşa edilmesi ve bu standarda aykırı olduğu tespit edilen eski binaların güçlendirilmesi, bu mümkün değil ise de yıkılıp tekrar inşa edilmesi gerekmektedir. Bireysel olarak yapabileceğimiz hazırlık ise deprem çantamızı hazırlamak ve evimizdeki eşyaları depremi göz önüne alarak yerleştirmek ve sabitlemesini yapmaktır.

Kaynakça

[1] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Deprem>

[2] <https://www.afad.gov.tr/fay-nedir->

[3] Ersoz, Filiz & Ersoz, Taner & Kivrak, Ömer & Kardes, Serkan. (2016). Kuzey Anadolu Fay Hattı Üzerinde Yer Alan Karabük İli ve Çevresinde Meydana Gelen Depremlerin Veri Madenciliği ve İstatistiksel Yöntemlerle İncelenmesi- 9. 353-353. 10.17719/jisr.2016.1383.

[4] Reşat KASAP & Ülkü GÜRLER.(2003).
Deprem Magnitüdleri İçin Tekrarlanma
Yıllarının Elde Edilmesi : Marmara Bölgesi
Örneği-4.157-166

[5] ÇAM H,DUMAN O "YAPAY SİNİR AĞI
YÖNTEMİYLE DEPREM TAHMİNİ:
TÜRKİYE BATI ANADOLU FAY HATTI
UYGULAMASI." Gümüşhane Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi,
7, ss.227 - 248, 2016.

[6] Section 8.5 The EM Algorithm, The
Elements of Statistical Learning, 2016.

[7]
[https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2018/
11/27/deprem-ve-fay-nedir-nasil-olusur/](https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2018/11/27/deprem-ve-fay-nedir-nasil-olusur/)

[8] <https://weka.sourceforge.io/doc.stable>

[9]
[https://machinelearningmastery.com/confusion
-matrix-machine-learning/](https://machinelearningmastery.com/confusion-matrix-machine-learning/)