

DEPREM OLUŞ SIKLIĞININ POISSON DAĞILIMINA UYARLANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR DENEME

Hakan YILDIRIM¹, Ahmad SOURAN²

¹Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Yardımcı Doçent Dr.

²Marmara Üniversitesi, İ.İ.B.F., Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi

AN ESSAY ON ACCEPTABILITY OF POISSON DISTRIBUTION FOR FREQUENCY OF EARTHQUAKE OCCURRENCE

Abstract: As it is known, Turkey is on the Mediterranean Earthquake Zone, the most effective earthquake zone in the world. In the past and in future as well, it is a fact that Turkey will face loss of lives and economical losses due to earthquakes according to the scientific studies. This study based on the data of the last 100 years of Turkey, calculates that an earthquake bigger than level 6 ($M>6$) is possible in the incoming year. According to the assumption to the study, examined earthquake data is conforming with the Poisson distribution, chi-Square conformity test was done and Ho hypothesis is accepted. If some examples are given from the results, possibility of a $M>6$ earthquake in the incoming year is 94 %, and two $M>6$ earthquakes is 77 %. So governmental units and universities must be coordinated, information transfer must be speed up, data must be processed at electronic environment without being late and must be available to the usage of everybody. These studies are very important in order to estimate the disaster of the earthquake, distribution of level and urgent rescue studies.

Keywords: Earthquake, Poisson Distribution, Chi - Square Conformity Testing,

I. GİRİŞ

Dünyanın oluşumundan beri, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremlerin ardışıklı olarak oluştuğu ve sonucundan da özellikle de deprem kuşağı üzerindeki ülkelerde milyonlarca insanın yok olduğu gerek alt gerekse üst yapılara hasar verildiği bilinmektedir.

Bilindiği gibi Türkiye dünyanın en etkin deprem kuşağı olan Akdeniz deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte olduğu gibi, gelecekte de bilimsel çalışmalara dayanarak sık sık oluşacak depremlerle Türkiye'nin gerek can gerekse ekonomik kayıplara uğrayacağı bir gerçektir.

Maden Teknik Arama (MTA) Enstitüsü'nün deprem Bölgeleri Haritası'na göre, Türkiye'nin % 92'sinin

DEPREM OLUŞ SIKLIĞININ POISSON DAĞILIMINA UYARLANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR DENEME

Özet: Bilindiği gibi Türkiye dünyanın en etkin deprem kuşağı olan Akdeniz deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte olduğu gibi, gelecekte de bilimsel çalışmalara dayanarak sık sık oluşacak depremlerle Türkiye'nin gerek can gerekse ekonomik kayıplara uğrayacağı bir gerçektir. Bu çalışmada, son 100 yıllık sürede Türkiye'de kaydedilen ve büyüklüğü 6 ve üzerinde olan depremler dikkate alınarak gelecek yıllar için bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmada deprem verilerinin dağılımının ki - kare uygunluk sınamasına göre Poisson dağılımına uygunluğu test edilmiş ve H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Varılan sonuçlardan birkaç örnek vermek gerekirse, bir yıl içerisinde en az bir adet $M>6$ deprem olma olasılığı %94, en az iki adet $M>6$ deprem olma olasılığı %77 olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda, devlet birimleri ile üniversiteler arasındaki koordinasyonu sağlayarak, bilgi alışverişini hızlandırarak ve verilerin büyük bir hızla ve geç kalınmadan elektronik ortamda işlenerek ilgili herkesin kullanımına sunulması sağlanmalıdır. Bu araştırmalar, depremin yaratacağı felaketi, şiddet dağılımının öngörülebilmesi ve bu şiddette bir felaketin ne şekilde ani bir kurtarma yardımını gerektireceğinin tahmin edilmesi açısından çok önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Poisson Dağılımı, Ki - Kare Uygunluk Sınaması

deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusun % 95'inin deprem tehlikesi ile karşı karşıya olduğu ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin % 98'i ve barajların % 93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada amaç; Türkiye'nin önceki depremlerinden elde edilen verilerin istatistiksel analizini yaparak gelecekte büyüklüğü 6'nın üzerinde ($M>6$) deprem olma olasılıkları hesaplamaktır.

II. GENEL TANIMLAR

Depremleri inceleyen bilime Sismoloji (eski yunanca Seismos=sarsıntı, Logos=bilim) denir. Fakat bu bilim ancak iki ayrı bilimin birlikte hareket etmesiyle sonuç verebilir, bunlar Jeoloji ve Jeofiziktir. Jeoloji,

depremlerin görünen etkilerini inceler ve makro sismik etüdü yapar, Jeofizik ise mikrosismik etüd yaparak aletsel kayıtları inceler [1].

Deprem, yer kabuğu içindeki kırılmalardan dolayı aniden meydana gelen sarsıntılarının dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsması olayıdır.

II.1. Deprem Parametreleri

Depremi daha yakından incelemek amacıyla deprem parametreleri olarak adlandırılan bazı kavramlardan bahsedilecektir [2].

Odak Noktası (Hiposantr): Yerin içinde fayın ilk kırılmaya başladığı ve enerjinin ortaya çıktığı noktadır (gerçekte nokta olmayıp bir alandır, fakat pratikte nokta olarak kabul edilir), *alt merkez* de denebilir, bu noktadan itibaren deprem enerjisi, tıpkı suya atılan taşın etrafında yaptığı dalgalar gibi yayılır [1].

Üst Merkez (Episantr): Odak noktasının yeryüzündeki izdüşümüdür (karşılığı), dış merkez de denebilir, depremin en çok hasar yaptığı veya en çok hissedildiği noktadır (alandır).

Odak Derinliği: Odak derinliği, odak noktası ile üst merkez arasındaki düşey mesafedir (en kısa mesafedir), deprem sınıflandırması odak derinliklerine göre yapılır, yerin 0-60 km. Derinliğinde olanlar *sığ* depremlerdir, 60-300 km derinlikte olanlar *orta derinlikte* depremlerdir, 300 km den derin olanlar ise *derin* depremlerdir. Türkiye’de olan depremler genel olarak kıtasal deprem- sığ deprem özelliğindedir ve derinlikleri 0-60 km arasındadır.

Eşşiddet Eğrileri (İzoseit): Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalar, tamamlanmasıyla eşşiddet haritası ortaya çıkar, böylece deprem merkezinin etrafında konsantrik düzensiz daireler ortaya çıkar, ve deprem bölgesinde deprem eşşiddet dağılımını gösteren harita elde edilir. Depremin şiddeti eşşiddet eğrileri üzerine değil, alan içerisine yazılır [3].

Şiddet: Şiddet ile büyüklük (Magnitüd) halk arasında her zaman karıştırılan kavramlardır, şiddet ölçeği aletsel olmayan dönemde depremin ölçüsünü belirlemek amacıyla yeryüzünde, canlılar, yapılar, ve toprak üzerindeki etkilerinin sınıflandırılması sonucunda çıkmıştır, bir çok şiddet ölçeği bulunmaktadır, günümüzde Türkiye’de *Değiştirilmiş Mercalli* (MM) ve *Medvdev – Sponheur – Kranik* (MSK) ölçekleri kullanılmaktadır.

Büyüklük (Magnitüd): Deprem’de açığa çıkan enerjinin miktarıdır. Enerji miktarını direkt olarak ölçmek

olanaksız olduğundan, Amerika’da 1930 yılında C. Richter’in geliştirdiği bir yöntemle aletsel olarak enerji miktarını ölçüp magnitüd kavramını ortaya atmıştır. Richter Büyüklüğü – Şiddet karşılaştırması Tablo.1’ deki gibidir.

Tablo.1. Richter Büyüklüğü – Şiddet Karşılaştırması

Şiddet	4	5	6	7	8	9	10	11
Richter Büyüklüğü (M)	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8

II.2. Türkiye’de ve Dünyada Uygulanan Depremi Önceden Haber Verme Yöntemleri

Mühendisleri ilgilendiren fiziksel problemlerin çoğu, olayların herhangi bir anda ve/veya uzayın her hangi bir noktasında olabilir ortaya çıkışlarını içerir [4]. Genel olarak bir bilimsel çalışmanın sonucu doğa yasası (Hook, Snell, Su Bütçesi, ...) olabilmesi için sonsuz kez tekrarlınsa da, bir kez bile yanlış sonuç verme olasılığının sıfır olması şartı aranılır, bu şart ancak yasa tanımlaması dışında aranmaz, öte yandan doğa olgusunun tanımlanmasında kullanılan operatörün, çok düşük standart sapma ile kesinlikten ayrılmasına izin verilir. Doğruluğu bilinen fakat ispatlanamayan kurallara, postülat, şart ya da kural denir, örneğin Drihlet Postülatı, Random Distribution kuralı, vb... [5].

Japonya’da teknolojinin gelişmesiyle 1965’te deprem ile ilgili plan yürürlüğe konmuştur, Japon bilim adamlarının ortaya attıkları planın içeriği kısa olarak, Jeodezik ölçmeler, med ve cezrin gözlemi, yer kabuğu deformasyonlarının sürekli gözlemi, sismik faaliyet, Jeomagnetik ölçmeler, tektonik ve laboratuvar çalışması, bunlara ek olarak verileri değerlendirecek hesap merkezlerinin kurulması ve arazi ekiplerinin teşkil edilmesi’nden ibarettir [4]. Bu çalışmalar çoğunlukla Tokai bölgesinde yoğunlaştı. Çünkü son 1000 yıllık deprem kayıtları bu bölgede yakın zaman içinde büyük bir deprem olma olasılığının yüksek olduğunu göstermekteydi. Japonya da yapılar son derece güvenli olmasına rağmen bu çalışmalar devam etmiştir, çünkü deprem mühendisliği açısından da bazen sürprizler olabiliyor. Örneğin, M = 7 büyüklüğündeki 1995 Kobe depremi, yaklaşık 6000 kişinin ölümüne ve 100-200 milyar \$ ekonomik kayıba neden olmuştur. Bu çalışmalara yaklaşık 500 bilim adamı ve teknik eleman ile sürdürmekte olup yılda 145 milyon \$ harcanmaktadır [6].

ABD’de ise, depremlerin önceden haber verilmesi projesi 1960’lı yıllarda başlatıldı. Ancak o yıllarda hazırlanan büyük bir proje hükümetten destek göremeyince ABD’deki çalışmaların aksamasına neden oldu. Daha sonra 1980’li yıllarda çalışmalar Parkfield’te (San Andreas fayı’nın üzerinde bir köy) yoğunlaştı. Bu

bölgede 1857 depremi dahil olmak üzere 6 deprem meydana gelmiştir [7].

Çin’de 1971 yılında depremlerin önceden belirlenmesi konusunda ulusal bir program yapıldı ve 1972 yılında 5 bin halk istasyonu kuruldu. 10 bin bilim adamı ve teknik elemanın yanı sıra, 100 bin gönüllü programda yer aldı. Yılda 30-45 Milyon ABD Doları bir bütçe sağlandı. genel felsefe ön belirtileri yakalamak için “merkez üssüne yakın olmalıyız” görüşü oldu. Çinliler 1997 yılından sonra son 30 yılda topladıkları önceden haber verme verilerini Batı’ya açmaya başladı. İlk verilere göre onların da çok sınırlı bir mesafe aldıkları ortaya çıkmaktadır. Ancak çalışmalar devam etmektedir. Başarı oranlarının ise %20-40 arasında değiştiğini iddia etmektedirler [6].

Türkiye’de ise daha önce yapılan bilimsel ve akademik araştırma ve çalışmalar ancak 17 Ağustos 1999 depreminden sonra yeterli destek ve finansmanı bularak ivme kazanabilmiştir. Çalışmaları zorlaştıran deniz araştırmaları ile ilgili bu zamana dek yeterli verilerin üretilmemesinden ve Marmara Denizinin iyi bilinmemesinden kaynaklanır.

17 Ağustos 1999’den sonra uluslararası bilim camiasının katkılarıyla günümüzde Marmara Denizi daha iyi bilinmektedir. TÜBİTAK koordinatörlüğünde Fransız, İtalyan, ve Amerikalı bilim adamları ile MTA Sismik-I, Le Suroit, Odine Finder, Marion Dufraigne, L’Atalante, Çubuklu gibi çok gelişmiş bilim araştırma gemileri Marmara Denizi’nin betimetricsi (deniz tabanı topografyası), sismisitesi, çökel dolgunun yaşı, stratigrafisi ve fay geometrisi ile ilgili çalışmalar yaptılar, elde ettikleri veriler halen değerlendirilmektedir.

Bu çalışmalardan biri, 110 km’lik sismik boşlukta yarılmayı tek parçada yaptırabilecek kuzey Marmara kırığı, ortalama $4.5 \cdot 10^{22}$ erg düzeyindeki gerilimin birikiminin dolmasını beklemektedir (10^{21} ile 10^{23} erg 1 ile 100 atom bombası eşdeğeri, 20.000 TNT karşılığı bir atom bombasından çıkan enerji $M=6.2 E=10^{21}$ erg, ya da 10 ile 50 barlık gerilim düşümüne denktir, Gölcük’te bir adet 7.4, altı adet 5 büyüklüğünde deprem ile boşalan toplam erg $8 \cdot 10^{22}$ erg’tir, hemen hemen bölgesel ortalamanın 1.77 katıdır) [8].

Geçmişteki depremlerin zaman çözümülemesine bakılırsa kalan süre 30 yıldan uzun değil, beklenen deprem ise $M_s=7.3$ ’ten küçük değildir. Önceki depremler incelenirse, genellikle 7.4 büyüklüğünde bir depremi bir tane 6.4, 10 tane 5 büyüklüğünde ardçı deprem izleyerek toplam $8.21 \cdot 10^{22}$ erg’lik enerji boşalmasıyla sonuçlanır, bu doğruysa halen boşalmayı bekleyen kalan bir erg varsa Kocaeli bölgesi, $M_s=6.4$ ’lük artçı bir deprem beklemektedir denebilir. Başka bir açıdan bakarsak her yıl 5.5 ile 6 büyüklüğünde 4-5 deprem olursa, bu kesimde

büyük bir deprem olması engellenir.

Saros Körfezi’nde meydana gelen 5.3 büyüklüğündeki deprem ile ilgili İTÜ öğretim üyesi ve Jeofizik Kurumu Genel Başkanı Ahmet Ercan, eldeki verilerin yakın bir zamanda yıkıcı bir deprem olacağını göstermediğini belirtmiştir, bu depremin beklenen depremin binde biri olduğunu, ancak, kırılma gerçekleşmeden önce küçük çatlamlar olur. Bunlar 2-4 büyüklüğünde sarsıntılar meydana getirir. Marmara’da 1973 yılından beri 3500 küçük çatlama gerçekleştiğini kaydedilmiştir. Bunlar Tekirdağ Mürefte’den Sivriada’nın önüne doğru uzanmaktadır [9].

III. POISSON DAĞILIMI

Doğa bilimlerinde karşılaştığımız problemlerin bir çoğunda olaydaki değişkenlerin değerleri bilindiğinde probleme kesin ve tek bir çözüm bulunabilir. Örneğin bir cismin kütlesi ve cismi etkileyen kuvvet bilindiğinde cismin ivmesini hesaplayabiliriz, bu gibi olaylarda yasalar deterministik (gerekirci) anlamdadır. Buna karşılık bazı olaylarda sonucu önceden kesin olarak bilmek mümkün değildir. Bu doğal olaylarda ya da kullanılan malzemelerdeki belirsizliklerden meydana gelir. Örneğin bir zar atışında zarın hangi yüzünün görüneceğini önceden kestiremeyiz. Bir depremin ne zaman nerede ve kaç büyüklüğünde olacağını önceden bilmek şimdilik mümkün değildir [10].

Bahsedildiği gibi deprem de belirsizlik içeren bir doğa problemi olduğundan, böyle bir problemi çözebilmek için istatistiksel bir yaklaşım olan kesikli olasılık dağılımı Poisson’a başvurmak uygundur. Poisson olasılık dağılımı, belli zaman aralığında görünen olaylar sayısıyla ilgilenen bir çok rastgele olgular için yararlıdır. Birim zamanda ortalama başarı sayısı sabitken ve olaylar veya başarılar bağımsızken birim zamanda belirlenen başarı sayısının olasılığını tayin etmek için kullanılır.

Deneme sayısı (n) büyüdükçe binom olasılıklarını hesaplamak zorlaşmaktadır. Deneme sayısı (n) sonsuza giderken bir denemedeki başarı olasılığı p de sifıra yaklaşıyorsa np değeri sabit bir sayıya yaklaşır. Bu sabit sayıya λ dersek:

$$\lambda = np \text{ veya } p = \frac{\lambda}{n} \text{ olur.}$$

Başarı sayısı x için binom formülünü yazarsak;

$$F(x; n, p) = \binom{n}{x} \left(\frac{\lambda}{n}\right)^x \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{n-x}$$

$$= \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-x+1)\lambda^x}{x! n^n} \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{-x} \left[\left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{\frac{n}{x}}\right]^{-x}$$

$$\frac{n(n-1)(n-2)\Lambda(n-x+1)}{x!} \frac{1}{n^x} = \frac{1\left(1-\frac{1}{n}\right)\left(1-\frac{2}{n}\right)\Lambda\left(1-\frac{x-1}{n}\right)}{x!}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} 1\left(1-\frac{1}{n}\right)\left(1-\frac{2}{n}\right)\Lambda\left(1-\frac{x-1}{n}\right) \rightarrow 1$$

$$\left(1-\frac{\lambda}{n}\right)^{-x} \rightarrow 1 \quad \left(1-\frac{\lambda}{n}\right)^{-\frac{n}{\lambda}} \rightarrow e$$

$$F(x; \lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \Lambda$$

Bu ifadeye poisson dağılımı denir. Poisson dağılımında beklenen değer ile varyans aynıdır, her ikisi de λ 'ya eşittir [11].

III.1. Poisson Dağılımının Uygulamaları ve Kullanımı İçin Gereken Şartlar

Poisson dağılımı kullanılarak pek çok sayıda sosyal ve doğal olay başarı ile modellenmiştir. Nadir olarak gerçekleşen olayların sayısının dağılımı Poisson dağılımına uymaktadır [12].

Poisson dağılımı zaman, alan, hacim, veya uzunluk boyunca yerleşen bağımsız kesik olayların olasılıklarını tanımlayan dağılımdır. Zaman aralığı boyunca santrale gelen telefon aramaları gibi. Poisson dağılımı zaman aralığı boyunca olaylar sayısının olasılığını tam olarak tanımlaması için [13];

- Her olay diğer olaylardan bağımsız olmalıdır.
- Beklenen olaylar sayısı zaman aralığı ile orantılı olmalıdır. Eğer 10 telefon araması 10 dakika aralığında bekleniyorsa, örneğin, 5 arama 5 dakikada beklenmeli ve 20 arama 20 dakikada beklenmelidir.
- Sonsuz küçük aralıkta birden fazla olayın olasılığı sıfırdır. Her aralık binomial dağılımı takip edene kadar türev zaman aralığının daha küçük parçalara bölünmesi gerekir. Çünkü sonsuz küçük aralıkta her iki olay var ya da hiç yoktur.

III. 2. Ki-Kare (Chi – Square) Hipotez Testi

χ^2 (ki- kare) sınamaları iki şekilde incelenebilir:

♦ *Ki-Kare bağımsızlık sınaması:* Burada sınıflandırılmış iki değişkenin birbirinden bağımsız olup olmadığı sınanır.

♦ *Ki-Kare uygunluk sınaması:* Burada ise, gözlenen değerler belirli bir dağılıma uygun olup

olmadığı sınanır [14].

Ki-Kare kullanımı için genel şartlar [15];

- Hipotez formüle edilmeli, hipotez doğru ise deneysel veri ortalama üzerinde kesin frekans karakteristikleri gösterecek, beklenen ya da teorik frekanslar hesaplanmış olmalıdır.

- Örneğin gözlenen sıklıkları sağlanmış olmalıdır.

- İki frekans grubu, gözlenen frekanslar ile teorik frekanslar arasındaki değişikliklere bağlı kalarak istatistik Ki-Kare ile hesaplanarak karşılaştırılır.

- Ki-Kare'nin hesaplanan veya örnek değeri (sample value) Ki-Kare değerini sıfır (0) dan farklı olduğunu tespit etmek için bilinen Ki-Kare'nin teorik dağılımı ile karşılaştırılır.

Böylece Ki-Kare dağılımını kullanarak olayın olasılığının Ki-Kare değerini gözlenen değerden büyük olup olmasını tespit edebiliriz. Sonrada hipotezi kabul veya red edeceğimizi karar verebiliriz. Ki-Kare'nin hesaplanan değeri Grek sembol ile isimlendirilir χ^2 , bu da sembollerin karışık olmasına neden olmayacaktır.

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_0 - f_c)^2}{f_c}$$

f_0 : Gözlenen Sıklık (frekans)

f_c : Beklenen (Hesaplanan) Sıklık

Ki-Kare kareli sayılar toplamı olduğundan negatif olmasına imkan yoktur.

Ki-Kare'nin en küçük mümkün değeri ise sıfır (0) dır.

IV. BİR YIL İÇERİSİNDE M > 6'DAN DEPREM OLMA OLASILIĞI

Bu bölümde, Türkiye genelinde geçmiş son 100 yılda (1901-2000, Verilerin 1901'den itibaren alınmasının önemi ise bu dönemde aletsel ölçümlerin başlamasıdır) arasında ölçülen deprem verileri (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi) dikkate alınarak ve bu verilerin poisson dağılımına uyup uymadığı ki – kare hipotez testi ile sınanarak 1 yıl içerisinde büyüklüğü 6'nın üzerinde (M > 6) bir deprem olma olasılığı hesaplanacaktır (Bu büyüklükteki depremler önemli hasara neden olduğundan bu sınır seçilmiştir). Richter büyüklükleri tanımları Tablo.2'de yer almaktadır.

Tablo.2. Richter Büyüklükleri Tanımları

Richter Büyüklüğü	Tanımı
3.5'den küçük	Hissedilmez ama kaydedilebilir.
3.5 – 5.4	Küçük depremler – Hissedilmekle beraber nadiren hasar görülür.
5.4 – 6.0	İyi tasarlanıp imal edilmiş binalarda hasar görülmez iken kalitesiz binalarda yıkıcı olabilir.
6.1 – 6.9	Merkez üssünden 100 km mesafeye kadar bölgelerde yıkıcı olabilir.
7.0 – 7.9	Büyük deprem, büyük alanlarda ciddi hasara neden olur.
8 ve üstü	Çok büyük deprem, yüzlerce km çapında bölgede felakete neden olur.

Kaynak: USGS (ABD Jeoloji Tetkik Dairesi)

Tablo.3'de Boğaziçi Kandilli rasathanesinden alınan verilerin Excel programında yer alan süzme işlemlerinden sonraki özet hali yer almaktadır. Tabloda, belirtilen tarihler arasında büyüklüğü 6 ve üzeri depremlerin kaç defa tekrarlandığı yer almaktadır.

Tablo.3. 1991-2000 Yılları Arasında Büyüklüğü 6 ve Üzeri Olan Deprem Sayısı

X (Deprem Sayısı)	f ₁ (Yıl)
0	9
1	17
2	26
3	21
4	10
5	6
6	6
7	1
8	1
9	2
10	1
Toplam	100

Varsayımımızda, gözlenen deprem verilerinin Poisson dağılımına uygun olduğunu ileri sürmüştük, bunun doğruluğunu sınamak amacıyla Ki-Kare uygunluk sınamasını uygulayalım:

H₀: Bir yıl içerisinde büyüklüğü 6'nın üzerinde (M > 6) deprem sayısının dağılımı poisson dağılımına uygundur.

H₁: Bir yıl içerisinde büyüklüğü 6'nın üzerinde (M > 6) deprem sayısının dağılımı poisson dağılımına uygun değildir.

H₀ hipotezine göre beklenen sıklıklar poisson dağılımından hesaplanacaktır, ortalamanın kestirimi için uygun istatistik ağırlıklı ortalamadır;

$$\lambda = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} = 2.81$$

dolayısıyla, olasılıkları toplam gözlenen sıklıkla (toplam frekans) çarpımından beklenen sıklık bulunur.

$$\text{Beklenen Sıklık} = P(X = x) * \sum f_i$$

Poisson dağılımının formülü yardımıyla beklenen sıklıklar (B_i) hesaplanıp, gözlenen sıklıklarla (G_i) birlikte aşağıdaki tablo elde edilir. (Tabloda 5'den küçük sıklıklar birleştirilmiştir).

Tablo.4. Beklenen Sıklıklar

X	f _o	f _e
0	9	6,020499
1	17	16,9176
2	26	23,76923
3	21	22,26385
4	10	15,64035
5	6	8,789878
6' dan büyük	11	6,581711

Tablodan faydalanarak ki - kare (χ²) sınaama istatistiği;

$$\chi^2 = \frac{(9 - 6.020499)^2}{6.020499} = 1.474533$$

$$\chi^2 = \frac{(17 - 16.9176)^2}{16.9176} = 0.0004013$$

$$\chi^2 = \frac{(11 - 6.581711)^2}{6.581711} = 2.96599$$

7,64142 olarak hesaplanır. Varsayımımızda yer alan hipotezimizi % 99 güvenlilikle test ettiğimizde H₀ hipotezini kabul ederiz. Yani bir yıl içerisinde büyüklüğü 6 ve üzeri deprem sayısının dağılımı poisson dağılımına uygundur.

Bir yıl içerisinde büyüklüğü 6'nın üzerinde ($M>6$) deprem sayısının dağılımının poissona uyduğu tezinden hareketle bir yıl içerisinde en az bir adet büyüklüğü 6 ve üzeri deprem olma olasılığını hesaplırsak;

$$P(X \geq 1) = P(X = 1) + P(X = 2) + \dots + P(X = n)$$

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X < 1)$$

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0)$$

$$P(X \geq 1) = 1 - \frac{2,81^0 e^{-2,81}}{0!}$$

$$P(X \geq 1) = 0,939795$$

yaklaşık % 94 gibi oldukça yüksek bir olasılık elde etmiş oluruz. Aynı şekilde en az 2 adet büyüklüğü 6 ve üzeri deprem olma olasılığı da;

$$P(X \geq 2) = P(X = 2) + P(X = 3) + \dots + P(X = n)$$

$$P(X \geq 2) = 1 - P(X < 2)$$

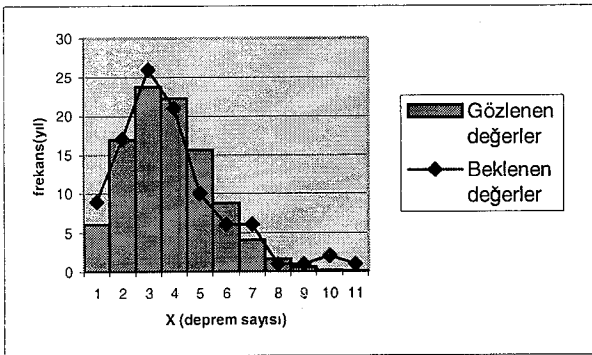
$$P(X \geq 2) = 1 - [P(X = 0) + P(X = 1)]$$

$$P(X \geq 2) = 1 - \left[\frac{2,81^0 e^{-2,81}}{0!} + \frac{2,81^1 e^{-2,81}}{1!} \right]$$

$$P(X \geq 2) = 0,770919$$

şeklinde yaklaşık % 77 gibi bir olasılık olarak hesaplarız.

Gözlenen ve beklenen sıklıklar (frekanslar)'dan elde edilen değerlerle çizilen grafik aşağıdaki gibidir.



Grafik.1. Deprem Sayısının Karşılaşılan Yıllar İtibariyle Histogramı

V. SONUÇ

Bilindiği gibi Türkiye dünyanın en etkin deprem kuşağı olan Akdeniz deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır ve deprem Bölgeleri Haritası'na göre, Türkiye'nin % 92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu da bir gerçektir. Bu doğal afet, Türkiye'de gerek yöneticilerin, gerekse sivil toplum örgütlerinin ve genel olarak bütün toplumun acil durum yönetimi konusunda eğitim ve öğretime ihtiyacı olduğunu ortaya koymuştur. Diğer doğal ve teknolojik tehditlerin yanında, Anadolu'daki aktif faylar nedeniyle Türkiye'nin önemli

bir bölümü afetlere karşı yüksek risk altındadır.

Özellikle yaşadığımız şehir açısından düşünürsek, ABD Jeoloji Tetkik Dairesi (USGS) üyesi olan Jeofizik uzmanı Ross Stein 17 Ağustos depreminden sonra ekibiyle yaptığı araştırmalarda; Kuzey Anadolu Fay hattındaki domino etkisinin, İstanbul ve çevresinde de "tehlikeli sismik gerilimini" oluşturduğunu belirtmiş ve "17 Ağustos'taki 7.4 büyüklüğündeki depremin ardından Anadolu fay hattı zincirinde oynamadık bir domino taşı kaldı, o da Marmara Denizi tabanında yayılan fay (büyük kırık) uzantısı. Bunlar da İstanbul'a doğru gitmektedir" şeklinde açıklama yaparak olası tehlikeyi ortaya koymuştur. Ayrıca dünyanın yaşayan en büyük tektonikçilerinden Le Pichon; Marmara Fayının tek parça halinde kırılacağını ve bunun olasılığının çok yüksek olduğunu, zaman olarak da 20 - 30 yıl içerisinde olacağını belirtmiştir.

Çalışmadaki varsayıma göre, gözlenen deprem verilerinin Poisson dağılımına uygun olduğu ileri sürülmüş, bunun doğruluğu Ki-Kare uygunluk sınaması ile yapıp H_0 hipotezi kabul edilmiş, dolayısıyla 1 yıl içerisinde $M>6$ deprem sayısının dağılımının Poisson dağılımına uyduğu görülmüştür.

Varılan sonuçlardan birkaç örnek vermek gerekirse, bir yıl içerisinde en az bir adet $M>6$ deprem olma olasılığı % 94, en az iki adet $M>6$ deprem olma olasılığı % 77 olarak hesaplanmıştır.

Bulunan yüksek olasılıklar deprem tehlikesini ortaya koymaktadır, bu açıdan kaydedilen sonuçlar gerçekten çarpıcıdır. Özellikle hızlı nüfus artışının baskısı sonucunda plansız kentleşme, yetersiz alt yapı ve sağlıksız yapılaşma, siyasilerin oy kaygıları yüzünden bilgi ve donanım eksikliğine rağmen inşaatına izin verilen yapılar ve sürekli gündeme gelen imar afları depremin şiddetini birkaç kat daha arttırmaktadır.

1995 yılında Japonya'nın Kobe kentinde meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki depremde ölenlerin sayısı 6500 kişi iken, hemen hemen aynı büyüklükte gerçekleşen 17 Ağustos depremindeki can kaybı Japonya'dakinin 3 katı kadardır.

Bu bakımdan, bilim insanları tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan yöntem ve teknikler ne olursa olsun devlet birimleri ile üniversiteler arasındaki koordinasyonu sağlayarak, bilgi alışverişini hızlandırarak ve verilerin büyük bir hızla ve geç kalınmadan elektronik ortamda işlenerek ilgili herkesin kullanımına sunulması sağlanmalıdır. Bu araştırmalar, depremin yaratacağı felaketi, şiddet dağılımının öngörülebilmesi ve bu şiddette bir felaketin ne şekilde ani bir kurtarma yardımını gerektireceğinin tahmin edilmesi açısından çok önemlidir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] Erdem, N.P. (1982). *Mühendislik Jeolojisi*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Matbaası.
- [2] Arıoğlu, E. (2000). *Deprem ve Kurtarma İlkeleri*. İstanbul: Evrim Yayın Evi.
- [3] Deprem Araştırma Dairesi. *Deprem Parametreleri. Depremle İlgili Teknik Bilgiler*. (<http://www.deprem.gov.tr>).
- [4] Hagiwara, T., & Rikitake, T. (1968). *Depremi Önceden Haber Verilmesi Konusunda Japon Programı*. (Çev.: S. Büyükaşıkoglu). İstanbul: İTÜ Matbaası.
- [5] Kaynak, U. (2002). Depremi Önceden Haber Verme Teknikleri. *Deprem*. (<http://www.yapiworld.com>). [10.03.2002].
- [6] Barka, A., & ER, A. (2002). *Depremi Bekleyen Şehir İstanbul*. Birinci Baskı. İstanbul: Om Yayınevi.
- [7] United States Department of The Interior Geological Survey. (1990). *The 7th U.S.-Japan Seminar on Earthquake Prediction*. California.
- [8] Ercan, A. (04.12.1999). Beklenen Marmara Depremi. *Cumhuriyet Bilim Teknik*, s.12.
- [9] Prof.Dr. Ahmet Ercan'la Söyleşi. (10.07.2003). *Hürriyet Gazetesi*, s.1.
- [10] Bayazıt, M., & Oğuz, B. (1985). *Mühendisler İçin İstatistik*. İstanbul: Birsan Yayın Evi.
- [11] Armutlulu, İ.H. (1999). *İşletme İstatistiğine Giriş*. İstanbul: Alfa Yayın Evi.
- [12] Trumbo, B.E. (1999). Applications of the Poisson Distribution, *Derivation and Applications of The Poisson Distribution*. (<http://www.sci.csuhayward.edu/statistics/Resources/Essays/Binpois.htm>).
- [13] Sandy, R. (1990). *Statistics for Business and Economics*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- [14] Armutlulu, İ.H. (2000). *İşletmelerde Uygulamalı İstatistik*. İstanbul: Alfa Yayın Evi.
- [15] Richmond, S.B. (1964). *Statistical Analysis*. New York: The Ronald Press Company.

Hakan YILDIRIM (hakany68@marmara.edu.tr) has Ph.D of Business at Marmara University Institute of Social Sciences. He is Assistant Professor since 2001 in Marmara University Department of Business. His scientific interests are statistics, statistical process control and forecasting techniques.