İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM ŞİDDET DAĞILIMININ İNTERNET İLETİŞİM SİSTEMİ İLE SAPTANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Volkan SEVİLGEN
(505031404)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Haluk EYİDOĞAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Okan TÜYSÜZ
Doç.Dr. Argun KOCAOĞLU

MAYIS 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yapmamı sağlayan Sayın Hocam Prof. Dr. Haluk Eyidoğan' a, yardımlarından dolayı Prof. Dr. Aysun Güney'e, Jeoloji Yüksek Mühendisi İsmail Eriş'e, İstanbul Valiliği İl Kriz Müdürü Gökay Bostan'a, Harita Mühendisi Ebru Yürkyılmaz Yurdoğlu'na, tez basımını gerçekleştiren İbrahim Emrah'a, tüm hocalarıma ve aileme teşekkür ediyorum.

Mayıs 2006 Volkan Sevilgen

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ v
ŞEKİL LİSTESİ vi
ÖZET x
SUMMARY xi

1. GİRİŞ 1
1.1 Deprem Şiddeti 5
1.2 MM (Modified Mercalli -Değiştirilmiş Mercalli) Şiddet Ölçeği 7

2.AMAÇ 9

3. CII(Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) 10
3.1 İnternet Üzerinden Deprem Gözlemi Toplamak-
http://www.depremraporu.com 11
3.2 CWS İndeksleri 19
3.2.1 Hissetme indeksi 19
3.2.2 Hareket indeksi 20
3.2.3 Reaksiyon indeksi 22
3.2.4 Duruş indeksi 24
3.2.5 Raf indeksi 25
3.2.6 Resim indeksi 27
3.2.7 Mobilya indeksi 28
3.2.8 Hasar indeksi 30
3.3 CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) Hesaplamaları 33
3.4 MM, CII ve Aletsel Şiddet Arasındaki İlişkiler 34

4. 17 AĞUSTOS 1999 İZMİT DEPREMİ İÇİN CII UYGULAMASI 41
4.1 Aletsel ve Gözlemsel Şiddet Grafikleri 51
4.1.1 Adalar ilçesi 51
4.1.2 Beşiktaş ilçesi 53
4.1.3 Avcılar ilçesi 54
4.1.4 Bakırköy ilçesi 56
4.1.5 Fatih ilçesi 58
4.1.6 Küçükçekmece ilçesi 60

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA **62**
5.1 Yöntemin Avantajları **65**
5.2 Yöntemin Dezavantajları **65**
5.3 Geliştirme Önerileri **66**

KAYNAKLAR **68**

ÖZGEÇMİŞ **70**

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 3.1	Hissetme İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**19**
Tablo 3.2	Hareket İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**21**
Tablo 3.3	Reaksiyon İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**22**
Tablo 3.4	Duruş İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**25**
Tablo 3.5	Raf İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**26**
Tablo 3.6	Resim İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**27**
Tablo 3.7	Mobilya İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**28**
Tablo 3.8	Hasar İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri	**30**
Tablo 4.1	Adalar İlçesi Kayıtları	**52**
Tablo 4.2	Beşiktaş İlçesi Kayıtları	**54**
Tablo 4.3	Avcılar İlçesi Kayıtları	**55**
Tablo 4.4	Bakırköy İlçesi Kayıtları	**57**
Tablo 4.5	Fatih İlçesi Kayıtları	**59**
Tablo 4.6	Küçükçekmece İlçesi Kayıtları	**61**

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Açıklama	Sayfa No
Şekil 1	Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalına ait Erken Uyarı Sisteminin yerleşimi ve Kuvvetli Hareket (Strong Motion), Hızlı Yanıt (Rapid Response), Erken Uyarı (Early Warning) istasyonlarının dağılımı.	**2**
Şekil 2	17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Eşşiddet Haritası (Üzmen, B., 2000)	**3**
Şekil 3	17 Ağustos 1999 İzmit Depreminde yıkılmış bir bina	**4**
Şekil 4	Bir faylanma sonucu oluşan deprem odağından yayılan sismik enerjinin yer içinde yayılması ve bu sismik enerjinin neden olduğu hasara bağlı olarak çizilen eş-şiddet eğrilerinin gösterimi (Eyidoğan ve diğ., 1991).	**6**
Şekil 5	http://www.depremraporu.com Ana Sayfasında İstanbul İlinin İlçeleri görülmektedir. İlçeler tıklandığında Mahalle seçenekleri gözükmektedir. Mahalle seçildikten sonra anket formu ekrana gelmektedir.	**13**
Şekil 6	Anket Formu adres bilgileri.	**14**
Şekil 7	Anket Formu, kişisel deprem gözlemi ile ilgili sorular	**15**
Şekil 8	Anket Formu, deprem etkileri ile ilgili sorular	**16**
Şekil 9	Teşekkür Mesajı	**17**
Şekil 10	Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).	**20**
Şekil 11	Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen hareket indeksi değerleridir. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).	**21**
Şekil 12	Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen reaksyon indeksidir. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir(Dengler ve Dewey, 1998).	**23**

Şekil 13 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen orandır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **24**

Şekil 14 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **25**

Şekil 15 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **26**

Şekil 16 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **27**

Şekil 17 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **28**

Şekil 18 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **29**

Şekil 19 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **31**

Şekil 20 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **32**

Şekil 21 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **33**

Şekil 22 CWS ile gözlemsel ve aletsel şiddetlerin karşılaştırması. Düşey eksen aletsel şiddet, yatay eksen CWS (Community Weighted Sum-Ağırlıklandırılmış Toplam)'dır. CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) düz çizgi ile gösterilmiştir. Northridge (NR), Whittier Narrows (WN) ve Sierra Madre (SM) depremleri için aletsel şiddet ve USGS MM karşılaştırması gösterilmiştir (Wald ve diğ., 1999). **35**

Şekil 23 Çeşitli depremler için deprem CII yöntemi ile veri toplama hızı görülmektedir. Düşey eksen elde edilen gözlem sayısı, yatay eksen ise depremin oluş zamanından geçen süredir (Wald ve diğ.,1999). **36**

Şekil 24 Aletsel şiddet ile CII (Wald ve diğ., 1999)'ın karşılaştırması görülmektedir. Northridge Depremi (NR) için CII ve USGS MM değerlerinin karşılaştırılmıştır. Whittier Narrows (WN) ve Sierra Madre (SM) depremleri için CII ile USGS MM şiddet değerlerinin karşılaştırması görülmektedir (Wald ve diğ., 1999). **37**

Şekil 25 Northridge Depremi CII haritası. İnternet üzerinden girilen gözlemlerle hesaplanan bir haritadır. Bölgeler Posta Kodlarına göre ayrılmıştır. 317 bölgeden toplam 836 gözlem alınmıştır (Wald ve diğ., 1999). **38**

Şekil 26 Northridge Depremi Aletsel Şiddet Haritası. TriNet kuvvetli yer hareketi cihazlarından oluşan bir sismik istasyon ağıdır. Deprem şiddetinin en yüksek olduğu bölge Northridge'in kuzeyidir (Wald ve diğ., 1999). **39**

Şekil 27 Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Depremi V ve daha düşük şiddette hissedenlerin HEEC'nin çalışması sonucunda elde edilen şiddetin USGS MM'dan farkı görülmektedir (Dengler ve Dewey, 1998). **40**

Şekil 28	CII şiddet dağılımının elde edildiği alanın tüm İstanbul İl sınırları içerisindeki konumu	**44**
Şekil 29	İzmit Depremi Şiddet Haritası. Tez çalışması kapsamında 150 adet gözlem ile hesaplanmış CII haritasına bakıldığında özellikle Avcılar, Bakırköy ve Küçükçekmece İlçelerinde şiddet değerinin diğer yerlere göre yüksek olduğu görülmektedir.	**45**
Şekil 30	İzmit Depremi Şiddet Haritası (Üzmen, B.,2000). İstanbul İl sınırlarında en yüksek şiddet değerlerinin Avcılar ve Küçükçekmece İlçelerini içine alan bir bölgede olduğu görülmektedir.	**46**
Şekil 31	17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Maksimum Yatay Yer Hareketi (PGA) Haritası. Kandilli Rasathanesi Deprem Mühendisliği Anabilim Dalına ait Kuvvetli Yer Hareketi (Strong Motion) kayıtçıları tarafından elde edilen PGA değerleri görülmektedir.	**47**
Şekil 32	Ağırlıklandırılmış Hasar İndeks Haritası. CWS İndekslerinden biri olan Hasar İndeksi Haritasına bakıldığında Avcılar, Küçükçekmece ve Bakırköy İlçelerinin Hasar İndex değerlerini çok yüksek olduğu görülmektedir. Fatih İlçesinde de diğer ilçelere göre hasar indeksinin yüksek olduğu görülmektedir.	**48**
Şekil 33	İzmit Depremi PGA Haritası. CII ile elde edilen şiddet değerlerine, Bağıntı 3.3 kullanılarak PGA değerleri hesaplanmıştır.	**49**
Şekil 34	İzmit Depremi Maksimum Hız Haritası CII ile elde edilen şiddet değerlerine, Bağıntı 3.4 kullanılarak PGV değerleri hesaplanmıştır.	**50**
Şekil 35	Adalar ilçesi	**51**
Şekil 36	Adalar İlçesi Kayıtları	**52**
Şekil 37	Beşiktaş ilçesi	**53**
Şekil 38	Beşiktaş İlçesi Kayıtları	**53**
Şekil 39	Avcılar ilçesi	**54**
Şekil 40	Avcılar İlçesi Kayıtları	**55**
Şekil 41	Bakırköy ilçesi	**56**
Şekil 42	Bakırköy İlçesi Kayıtları	**57**
Şekil 43	Fatih ilçesi	**58**
Şekil 44	Fatih İlçesi Kayıtları	**58**
Şekil 45	Küçükçekmece ilçesi	**60**
Şekil 46	Küçükçekmece İlçesi Kayıtları	**60**

DEPREM ŞİDDETİNİN İNTERNET İLETİŞİM SİSTEMİYLE SAPTANMASI

ÖZET

Depremden etkilenen bölgelerin hızla belirlenmesi deprem anı ve sonrası afet yönetim çalışmalarının etkili bir biçimde yapılabilmesi açısından önemlidir. Bir depremin hissedilme alanı ve olası hasar dağılımı hızlı olarak, kuvvetli yer hareketi kayıtçıları ile bulunabilmektedir. Ancak Türkiye'nin her yerinde deprem hissedilme alanını veya diğer bir deyişle makrosismik bölgeyi detaylı olarak verebilecek sayı ve kapsamda kuvvetli yer hareketi kayıtçıları ağı ne yazık ki istenen düzeyde değildir. Bu çalışmada, bir depremin hemen sonrasında deprem şiddet haritasının oluşturulabilmesi için İnternet tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma sayesinde, çevrimiçi deprem şiddet anketi web sitesi üzerinden toplanan gözlemlerle, deprem CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) (Wald, ve diğ., 1999) şiddet değerleri hesaplanmaktadır. Uygulama olarak 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi için İstanbul İl sınırların içerisinde Mahalle bazında CII değerleri elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Ayrıca 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi'ni kaydeden Kuvvetli Yer Hareketi (Strong Motion) kayıtçılarının en yüksek ivme değerlerine, Şiddet-PGA (Wald ve diğ.,1999b) dönüşümü uygulanmıştır. Bu değerler gözlemlerden elde edilen CII değerleri ile karşılaştırılmıştır.

CALCULATION OF EARTHQUAKE INTENSITY DISTRIBUTION VIA THE INTERNET

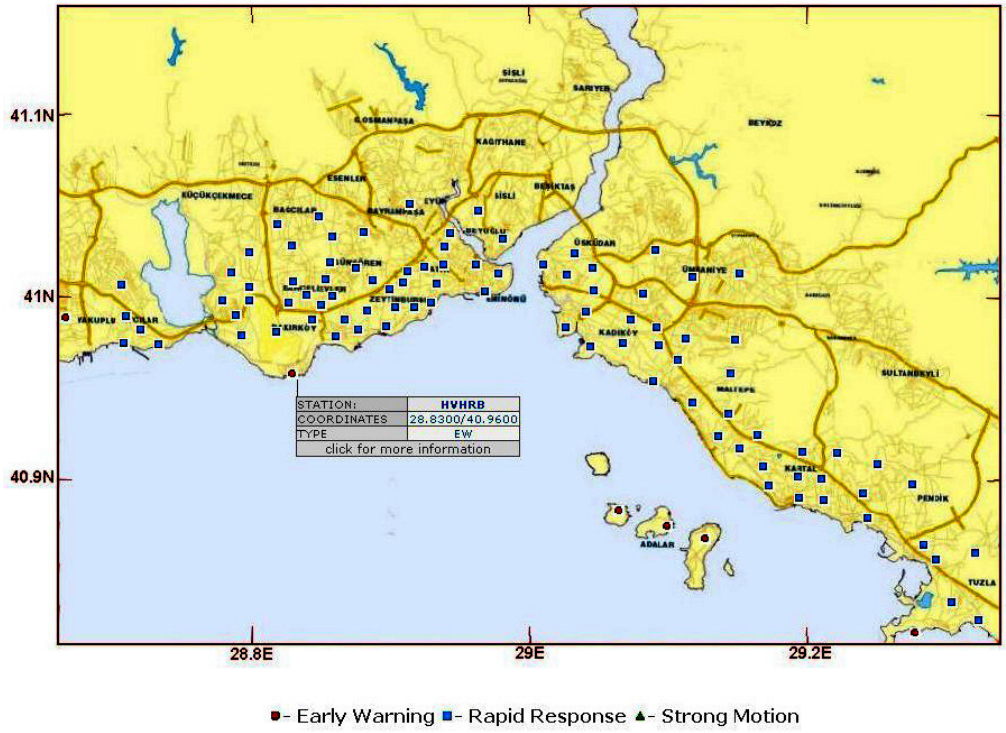
SUMMARY

Rapid determination of earthquake-affected area is important for hazard management and recovery studies. Felt area and estimated damage distribution of an earthquake is determined with widely deployed Strond Motion Networks rapidly. The Strong Motion Networks is very limited in terms of instrument quality and number. In this study, Internet based algorithm is developed to determine intensity map rapidly. This algorithm provides intensity values that are calculated from online earthquake intensity questionnaires on web site. CII (Wald et all., 1999) method has been used to determine the intensity values on district (Mahalle) base. The Community response by means of web site questionnaire was evaluated to obtain the intensity map in Istanbul Metropolitan Area due to 17 August 1999 Izmit Earthquake. PGA (Peak Ground Acceleration) values in limited number of Strong Motion records in 17 August 1999 Izmit Earthquake is transformed to CII Values via PGA-Intensity transformation (Wald, 1999b) and compare with CII map which is calculated from online earthquake intensity questionnaires on web site.

1. GİRİŞ

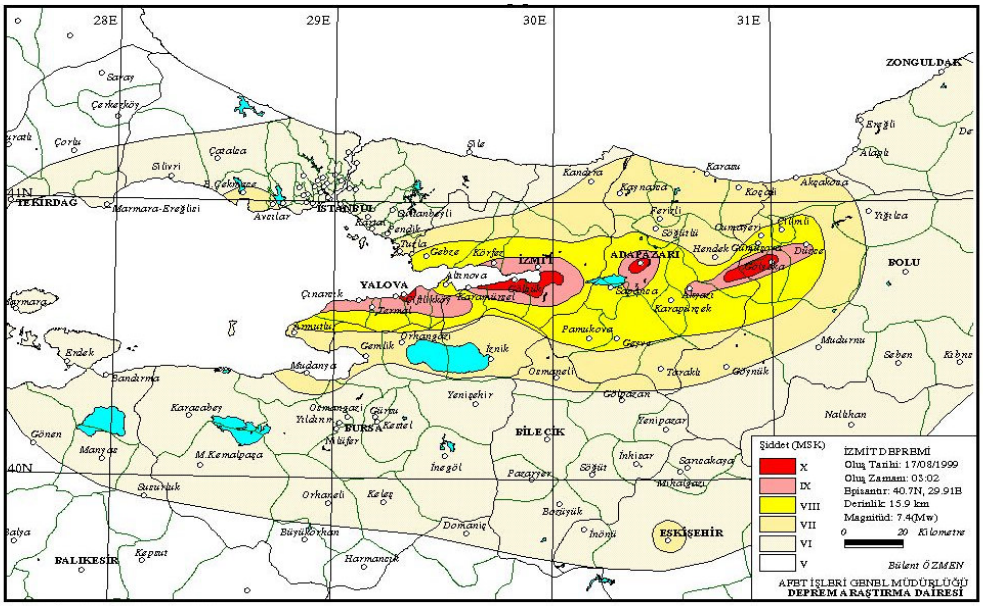
Depremden etkilenen bölgelerin hızla belirlenmesi deprem sonrası afet yönetim çalışmalarının etkili ve hızlı bir biçimde yapılabilmesi açısından önemlidir. Bir depremin oluş zamanı, yeri ve büyüklüğü sismograflar tarafından kaydedilen verilerle çok kısa sürede bulunabilmektedir. Bir depremin olduğu yerdeki enerjisinin karşılığı olan deprem büyüklüğünden hareketle depremin nereleri etkileyebileceği yaklaşık olarak kestirilebilmektedir. Ancak zeminin ve yapı kalitesinin bölgeden bölgeye farklı olması gibi nedenlerden dolayı sadece depremin yeri ve büyüklüğü bilgisi tek başına, deprem bölgesinin hangi düzeyde etkilendiğini belirlemede yeterli olamamaktadır. Hissedilme alanı ve hasar alanı bilgisi de deprem etkilerinin belirlenebilmesi ve deprem sonrası afet yönetim çalışmalarının etkinliği açısından önemlidir. Bir depremin hissedilme alanı ve olası hasar dağılımı hızlı olarak, kuvvetli yer hareketi kayıtçıları ile bulunabilmektedir. Ancak Türkiye'nin her yerinde deprem hissedilme alanını veya diğer bir deyişle makrosismik bölgeyi detaylı olarak verebilecek sayı ve kapsamda kuvvetli yer hareketi kayıtçıları ağı ne yazık ki istenen düzeyde değildir.

Depremin hissedilme ve hasar alanı, deprem kaydeden cihazların bulunmadığı dönemden bu yana, depremin canlılar, yapılar ve toprak üzerine etkilerinin sınıflandırılarak oluşturduğu deprem şiddet ölçeği kullanılarak bulunmaktadır. Depremin bulunulan noktadaki şiddeti, bir deprem olduktan sonra depremi hissedenler tarafından yapılan gözlem ve tanımlardan hareketle belirlenebilmektedir. Deprem sırasında bulunulan yerin depremden uzaklığına, zemin özelliklerine, bina türüne ve kat sayısına göre hissedilme şiddeti farklı olmaktadır. Depremi yaşayan kişilerin bulundukları konumdaki eşyaların davranışları da depremin şiddeti hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgiler derlenerek haritalandığında depremin yeri, büyüklüğü, hasar alanı, hissedilme alanı ve şiddet dağılımı bulunabilir.



Şekil 1: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalına ait Erken Uyarı Sisteminin yerleşimi ve Kuvvetli Hareket (Strong Motion), Hızlı Yanıt (Rapid Response), Erken Uyarı (Early Warning) istasyonlarının dağılımı.

Bir depremin aletsel şiddetini partikül hareketinin hızı ve ivme değerlerinden belirlemek mümkündür. Üç bileşenli kuvvetli hareket kayıtçıları (Strong Motion) tarafından kaydedilen PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) veya PGV (Peak Ground Velocity-En Yüksek Hız) değerleri depremin aletsel şiddetini ifade etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca PGA ve PGV değerlerinden MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerlerine dönüşüm için ampirik bağıntılar bulunmaktadır (Wald ve diğ., 1999b). Bir deprem büyüklüğünden de çeşitli dönüşümler yardımıyla, uzaklık göz önüne alınarak deprem şiddet değeri hesaplanabilmektedir. D'Amico ve diğ. (1998) tarafından Akdeniz Bölgesi depremleri için büyüklük-şiddet dönüşüm analizleri yapılmıştır.



Şekil 2: 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi Eşşiddet Haritası (Üzmen, B., 2000)

Deprem şiddet dağılımının belirlenmesine yönelik yapılan bir diğer çalışma sistemi de saha gözlemleridir. Sismologlar ve Deprem Mühendisleri timi depremin kişiler, yapılar ve doğadaki etkisine göre deprem şiddet dağılımını belirlemek için deprem bölgesine giderek gözlemler yapmaktadırlar. Bu çalışmalarda, değerlendirmeyi yapan gözlemcinin kişisel değerlendirmedeki öznelliği sonuca yansıyabilmektedir. (Eyidoğan ve diğ., 1991). Uzman saha gözlemleri sonucu topladığı verilerden bir Eşşiddet Haritası çizmektedir. Ziyaret edilen bölgedeki verilerin düzenli bir şekilde toplanması için yardımcı yazılımlar da kullanılabilmektedir. SEISAN programı altında çalışan PROMAC yazılımı da bu amaçla kullanılan programlardan biridir. Deprem sonrası ulaşım koşullarında bir uzmanın belli bir sürede ziyaret edebileceği yer sayısı sınırlıdır. Bu nedenle bu şekilde hazırlanan haritalarda çözünürlük düşük olmaktadır. Ayrıca bu yöntemle elde edilen deprem şiddeti, deprem hemen sonrası afet yönetim çalışmalarda kullanılabilecek kadar hızlı elde edilememektedir.

Geleneksel yöntemlerden biri deprem bölgelerine posta yolu ile deprem şiddet anket formu gönderilmesidir. Bu yöntemle kişiye her biri farklı şiddet değerini belirten deprem gözlemlerinin olduğu bir anket gönderilmekte ve kişiden kendi deprem gözlemine uygun gözlemleri işaretlenmesi istenmektedir. Toplanan bu formlar uzmanlar tarafından değerlendirilmektedir. Posta yoluyla iletilen formların dönüşü uzun sürdüğü için bu iletişim sistemiyle, deprem hemen sonrası afet çalışmalarında kullanabilecek hızlı bilgi elde etmek mümkün değildir.



Şekil 3: 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminde yıkılmış bir bina

Deprem şiddet dağılımı bilgisinin depremi yaşayan kişilerin doğrudan ilettikleri gözlemlere göre belirlenmesi için yapılan çalışmalardan biri, Dengler ve Dewey (1998) tarafından 1994 Northridge Depremi için yapılmıştır. Bu çalışmada deprem şiddet anket formu soruları düzenlenmiş ve bu sorular yapılan telefon görüşmeleri ile depremi hisseden kişilere sorulmuş, geliştirilen bir bağıntı yardımıyla şiddet değerleri elde edilmiştir.

Deprem şiddet dağılımının, deprem hemen sonrası afet yönetim çalışmalarında kullanılması için, deprem gözlemlerinin hızlı bir biçimde aktarılması gerekmektedir. Günümüzde Internet üzerinden yapılacak anket çalışmalarıyla hızlı bir biçimde gözlem toplamak mümkündür (Qamar ve diğ., 1995; Cajka ve Halchuk, 1998; Wald ve diğ., 1999). Bu yolla çok sayıda internet kullanıcılarına çok kısa sürede ulaşılabilir ve gözlemlerini zahmetsizce aktarmaları sağlanabilir. Bu konuyla ilgili bir ön çalışma Türkiye'de Sevilgen (2001) tarafından da yapılmıştır. Bu çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanmış deprem hissetme anket formu soruları düzenlenerek, kişilerin Internet üzerinden katılımlarına imkan verecek hale getirilmiştir. Bu sayede gözlem toplama aşamasında hız ve maliyet avantajı sağlanmıştır.

Dengler ve Dewey (1998)'in yaklaşımı bir uzmanın zaman gerektiren çalışmasıyla belirlenebilecek şiddeti, doğrudan ve hemen uygulanabilecek bir dönüşümle elde edilmesini sağladığı için Internet üzerinden elektronik olarak kayıt toplamak için çok uygundur (Wald ve diğ, 1999). Wald ve diğ. (1999), bir algoritma yardımıyla Dengler ve Dewey (1998)'in şiddet hesaplama yöntemini temel alınarak, MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerlerine daha iyi bir yaklaşım sağlayan bir bağıntı geliştirmiştir. Posta kodlarına göre ayırdığı bölgeler için CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) değerleri elde etmiştir.

Bu tez çalışmasında, 17 Ağustos 1999 İzmit depreminin İstanbul il sınırlarındaki CII değerleri geliştirilen web algoritması ile hesaplanmıştır. Geliştirilen web algoritması sayesinde, deprem gözlemleri http://www.depremraporu.com Web Sitesindeki anket formunun doldurulması ile son derece hızlı bir biçimde CII değerleri elde edilebilmektedir. Deprem şiddetinin haritalanabilmesi için kişinin gözlemini hangi koordinatta yaptığı bilinmelidir. Bu bilginin elde edilebilmesi için ilçe ve mahalle koordinatları içeren bir veritabanı hazırlanmış olup, kullanıcı deprem şiddet anket formunda depremi hissettiği ilçe ve mahalleyi seçtiğinde, gözlem yeri koordinatları elde edilmiş olmaktadır. Bu yöntemde İstanbul ili için elde edilen 150 gözlem ile mahalle bazında CII haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalar 17 Ağustos 1999 İzmit depremi sonrasında hazırlanan MM şiddet haritalarıyla da karşılaştırılmıştır. Ayrıca 17 Ağustos 1999 İzmit depreminde kaydedilmiş PGA değerleri Wald ve diğ. (1999b) ile MM şiddet değerlerine dönüştürülerek, gözlemlerden hesaplanan CII değerleriyle karşılaştırma imkanı da bulunmuştur.

Deprem etkilerinin hızlı bir biçimde elde edilmesi için CII hesaplama yönteminin kullanılmasının, bu çalışmadan bağımsız hazırlanmış haritalarla karşılaştırıldığında çok iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca deprem şiddeti konusunda gün geçtikçe eğitim düzeyi artacak gönüllüler sayesinde sistemin başarısı ve toplumun deprem bilinci artacağı düşünülmektedir.

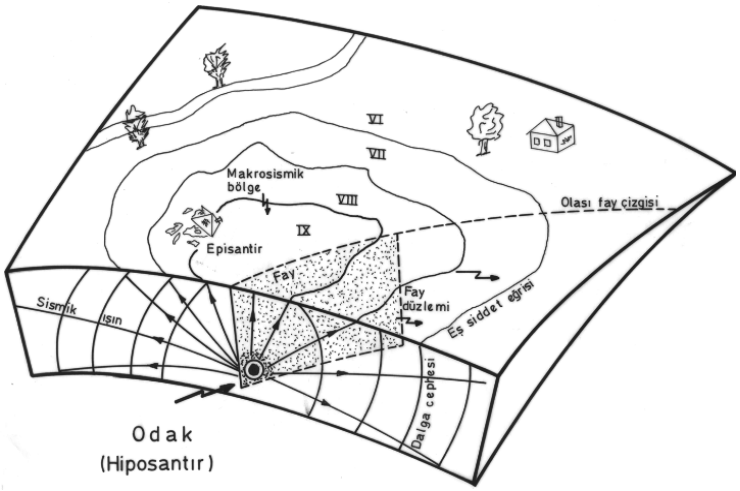
1.1. DEPREM ŞİDDETİ

Sismografların olmadığı dönemlerde, depremin gücünü belirleme amacıyla depremlerin canlılar, yapılar ve toprak üzerindeki etkileri sınıflanmış ve Şiddet adı verilen ölçek ortaya çıkmıştır. Başlıca deprem şiddet ölçekleri Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK), Japon (JM) ve Değiştirilmiş Mercalli (MM)'dir. Deprem şiddeti

değerini etkileyen etmenler deprem odağının yeri, odak bölgesinde depremin oluş mekanizması, ortaya çıkan enerjinin zamanda ve uzayda davranışı, depremin süresi, sarsılan bölgedeki yeryüzü yapısı, sarsılan noktanın odağa uzaklığı, sarsılan bölgenin esneklik ve diğer fiziksel parametreleri, yerel jeolojik, jeoteknik ve jeofiziksel yer yapısı ve yapıların depreme dayanıklılığıdır (Eyidoğan ve diğ., 1991). Şiddet değerinin belirlenmesinde, değerlendirmeyi yapan gözlemcinin kişisel değerlendirmedeki öznelliği de sonuca yansıyabilmektedir. (Eyidoğan ve diğ., 1991).

Deprem sonrası yapılan makrosismik gözlemlerden elde edilen şiddet dağılımlarının konturlanarak haritalanması ile eşşiddet (izoseist) eğri haritaları elde edilir. Yerin jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve jeofiziksel özelliklerine, deprem kaynağının mekanizma türüne ve yapıların hasar dağılımına bağlı olarak eşşiddet eğrileri beklenildiği gibi simetrik bir dağılım vermezler.

Şiddetin en yüksek olduğu bölgeye makrosismik bölge ya da makro sismik episantır bölgesi denir. Bir depremin şiddeti belirtildiğinde, episantır bölgesindeki maksimum şiddet değeri verilir. Episantır bölgesinden uzaklaştıkça depremin şiddeti azalır. Bu azalım oranına şiddetin sönüm oranı denir. Derin depremlerin şiddet değerlerinin sönümü sığ depremlere kıyasla daha azdır (Eyidoğan ve diğ., 1991).



Şekil 4. Bir faylanma sonucu oluşan deprem odağından yayılan sismik enerjinin yer içinde yayılması ve bu sismik enerjinin neden olduğu hasara bağlı olarak çizilen eş-şiddet eğrilerinin gösterimi (Eyidoğan ve diğ., 1991).

1.2 MMI (Modified Mercalli Intensity Scale-Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği)

Değiştirilmiş Mercalli şiddet ölçeğine göre bir depremin şiddeti aşağıdaki gibi belirlenir:

I. Hemen hemen hiç hissedilmez.

II. Binaların üst katlarında hareketsiz haldeki insanlar dışında kimse hissetmez. Sağlam asılmamış cisimler sallanabilir.

III. Özellikle binaların üst katlarındakiler belirgin biçimde hissederler. Pek çok kişi bunun bir deprem olduğunu farketmez. Duran motorlu araçlar hafifçe sallanabilir. Sarsıntı, bir kamyonun yol açtığına yakındır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilir.

IV. Gündüz olursa, binalarda bulunanların çoğunluğu, dışarıdakilerinse bir kısmı hisseder. Gece olursa, bazılarını uyandırır. Tabak-çanak yerinden oynar, pencereler, kapılar titrer; duvarlardan çatlama sesleri gelir. Ağır bir taşıtın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Hareket halinde olmayan motorlu araçlar görünür bir şekilde sallanır.

V. Hemen herkes hisseder; gece vakti pekçok insan uykudan uyanır. Tabak-çanak, pencere ve camlardan bazıları kırılır. Ağaç ve direk gibi yüksek cisimlerin sallandığı bazen farkedilir. Sarkaçlı saatler durabilir.

VI. Herkes hisseder, pek çok kişi korkar ve dışarı fırlar. Bazı ağır mobilyalar hareket eder. Sıvalar dökülebilir ve bacalar hasar görebilir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.

VII. İyi inşa edilmiş ve iyi tasarlanmış binalarda hasar gözardı edilebilecek düzeydedir; iyi yapılmış sıradan yapılarda hasar ya çok hafiftir ya da orta düzeydedir. Kötü malzeme kullanılmış ya da kötü tasarlanmış binalarda önemli ölçüde hasar gözlenir; bazı bacalar yıkılır.

VIII. Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda çok az hasar görülür; dayanıklı, fakat deprem için özel tasarlanmamış sıradan binalarda kısmi çökme görülür. Kötü inşa edilmiş yapılarda büyük hasar görülür. Bacalar, kolonlar ve duvarlar yıkılır. Ağır mobilyalar devrilir.

IX. Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda belirgin hasar olur. Taş ya da tuğladan yapılar ve demirli betondan yapılmış olanlar hafif eğilir. Sıradan binalarda hasar büyüktür; kısmen çökerler. Binalar temellerinden kayarlar.

X. İyi inşa edilmiş ahşap yapılardan bazıları hasar görür, yığma ve kafes yapıların çoğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.

XI. Birkaç yapı (özellkle taş) dışında tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demiryolları büyük oranda eğilir ve bükülür.

XII. Mutlak bir hasar vardır. Bölge yerle bir olur, taş taş üstünde kalmaz. Cisimler havaya fırlar.

2. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı deprem şiddet dağılımının hızlı ve güvenilir bir biçimde elde edilebilmesidir. Bu amaçla 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminin İstanbul il sınırlarındaki şiddet haritası yukarıdaki bölümlerde bahsedilen Internet tabanlı algoritma ile elde edilmiştir. Elde edilecek CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) sonuçları aşağıda belirtilen gereksinmeleri karşılayabilecektir.:

- **Deprem öncesi yüksek riskli bölgelerin belirlenmesine yönelik veri tabanı oluşturmak**

Bir depremin hissedilme şiddeti, depremin büyüklüğü, derinliği gibi depremin doğasından kaynaklanan özelliklerle birlikte, deprem sırasında bulunulan yerin depremden uzaklığı, zemin özellikleri, bina türü ve kat sayısı gibi bulunulan yerin özelliğine göre de değişim göstermektedir. Deprem riski, muhtemel bir depremin insanlar ve yapılar üzerinde yapabileceği kayıpların bir ifadesidir. Bu çalışma kapsamında şiddet değerlerinin hesaplanmasının yanında, depremin hissedildiği yapılar ile ilgili bilgiler de alınmaktadır. Bu yüzden bu çalışma ile bir çok depremin aynı bölgedeki etkisi yapı stoku, hasar durumu ve şiddet değerleri açısından değerlendirilebilecektir.

- **Deprem hemen sonrası acil müdahalede bulunacak kurum ve kuruluşlara şiddet ve hasar dağılımı hakkında hızla bilgi iletebilmektir.**

Bir deprem olduktan hemen sonra depremin etki alanının kısa sürede elde edilmesi afet yönetimini verimli ve hızlı bir biçimde kullanılabilmesi açısından son derece önemlidir. Bir deprem sonrasında kişiler yakınlarından haber almaya çalıştıkları için telefon sistemi kilitlenir. Bu çalışmada geliştirilen Internet tabanlı algoritma bir iletişim kanalı olarak kullanılabilir. Ayrıca sisteme cep telefonlarının Internet hizmetlerinden de giriş yapılabileceği için, depremi hisseden kişiler kolayca gözlemlerini sisteme girerek uzmanlar ve kurumlar için bilgi kaynağı oluşturabilirler.

Bu çalışmada geliştirilen algoritma veri girişi ve çıkışı için Internet ortamını kullandığı için her yerden hızlı bir şekilde ulaşım imkanına sahiptir. Kurumlar istedikleri yerden bu verilere ulaşabilmektedirler.

3. CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti)

Bir depremin etki alanının ortaya konabilmesi için uzun yıllardır kullanılan deprem şiddet ölçeklerinden yararlanılmaktadır. Bir deprem şiddet haritası 3 aşamada oluşturulmaktadır (Grünthal, 1992). Bunlar:

1. Veri toplama - Anket çalışması veya saha gözlemleri ile deprem bölgesinden veri toplanabilmektedir. Deprem anketi, depreme ilişkin gözlemlerin yazılı olduğu ve depremi hisseden kişilerin uygun seçenekleri işaretlemesi istenen bir formdur. Deprem bölgesine gönderilen ve her biri farklı şiddet değerini gösteren gözlemleri içeren deprem anketlerinin, depremi gözlemleyen kişiler tarafından, kendi gözlemlerine en çok uyan gözlemleri işaretlemesi ile deprem şiddet verisi toplanabilmektedir. Anket formları genelde posta yoluyla deprem bölgesine ulaştırıldıkları için bu yolla deprem şiddetinin belirlenmesi uzun süre almaktadır. Diğer veri toplama yöntemlerinden biri de saha gözlemleridir. Uzmanlarının deprem bölgelerini ziyaret ederek, o bölgenin depremi hangi şiddette hissettiğini, kendi kişisel uzmanlıklarını kullanarak belirlemelerine dayanmaktadır. Az sayıda uzmanın deprem sonrası ulaşım şartlarında deprem bölgesinde çok sayıda yeri ziyaret ederek veri toplaması çok güçtür. Bu yolla toplanan veriler bir uzman tarafından toplandığı için kaliteli ancak sayı olarak az olduğu için haritalandığında, çok detaylı bir harita elde edilememektedir.

2. Veri sıralama –Şiddet kavramı depremin hissedildiği noktadaki deprem etkisinin bir ifadesi olduğu için, deprem hissedilen noktanın koordinatları atanması gerekmektedir.

3. Şiddet belirleme – Anketler veya saha gözlemleri sonucu elde edilen verilerin şiddet ölçeğine göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Gözlemlere ilişkin her bir anketin ayrı ayrı değerlendirilmesi zaman alan bir işlemdir.

Deprem şiddetinin elde edilmesi için uygulanan yöntemler özellikle klasik iletişim sistemlerinin kullanmaları bakımından hızla elde edilememektedir. Oysaki bir deprem olduktan hemen sonra depremin nereleri etkilediği, deprem sonrası afet yönetimi ve planlaması açısından çok önemlidir. Kurtarma ve yardım ekiplerinin doğru ve yeterli bir şekilde dağıtılması depremde oluşacak kayıpları azaltacaktır.

Klasik iletişim sistemlerini kullanan ve de hesaplamalarda insan gereksinimine ihtiyaç duyan yöntemler ile deprem şiddet dağılımının deprem sonrası afet yönetim çalışmalarında kullanılması mümkün değildir. Dolayısıyla hem iletişimin hızlanması ve hesaplamanın insan gerektirmeyecek şekilde hızla yapılması gerekmektedir.

Günümüzde iletişim sistemlerinde yaşanan gelişmeler ile İnternet bir iletişim ağı olarak kullanılabilir. Deprem bölgelerine posta yoluyla gönderilen ve kişinin deprem gözlemlerini aktarması için kullanılan deprem anketi, İnternet ortamında veri toplar hale getirilebilir. Bu sayede deprem gözlemleri çok kısa süreler içinde aktarılabilir.

İnternet üzerinden deprem şiddet verisi toplanırken dikkat edilmesi gereken konuların başında, verinin bir standart dahilinde ve işlenebilir şekilde toplanması gelmektedir. İnternet ortamında girilen veride olabilecek yazım hataları, verinin bir bilgisayar tarafından otomatik olarak işlenmesini imkansız hale getirebilir. Dolayısıyla anket çalışmasına katılan kişiler, gözlemlerini ve adreslerini daha önceden tanımlanmış formdan seçerek formu doldurmalıdır. Bu şekilde toplanan verinin bir algoritma ile işlenebilmesi mümkün olabilecektir.

Depremi hisseden kişilerin gözlemlerinden, deprem şiddetini hesaplanmasını sağlayan Dengler ve Dewey (1998) tarafından ortaya konan CWS (Community Weighted Sum-Ağırlıklandırılmış Toplam) ‘dan yararlanılmaktadır. CWS 8 adet indeksten kullanılarak hesaplanmaktadır. Her bir indeksin değeri, o indeks için hazırlanmış soruya verilen yanıta göre değişmektedir. Aynı bölgede depremi hisseden kişilerin aynı soruya farklı yanıt vermeleri durumunda, indeksin ortalaması alınarak CWS hesabında kullanılmaktadır.

3.1 İnternet Üzerinden Deprem Gözlemi Toplamak- http://www.depremraporu.com

Deprem şiddet dağılımının belirlenmesinin önemli aşamalarından biri çok miktarda güvenilir deprem gözlemi elde edebilmektedir. Klasik yöntemlerle, posta yoluyla uygulanan deprem şiddet anketi ile çok miktarda ve güvenilir deprem gözlemi elde etmek mümkün değildir. Posta yoluyla yapılan anket çalışmalarında, deprem bölgesine anket formları ulaştırılabilmekte ve sınırlı sayıdaki kişilerden çevresindeki bölge ile ilgili gözlemlerini aktarması istenmektedir. Kişi sayısının sınırlı olması gözlem güvenirliliğini etkilemektedir. Kısa sürede çok daha fazla kişiye ulaşmaya ve onlardan deprem gözlemlerini elde etmeyi kolaylaştıran İnternet iletişim sistemi ile güvenirliği test edilebilecek çok sayıda veri alınabilir.

Bu tez çalışması esnasında kişilerin deprem gözlemlerini en iyi şekilde aktarmaları için bir Web Sitesi oluşturulmuştur. http://www.depremraporu .com alan adından ulaşılabilecek bu site ile İstanbul ilinde mahalle bazında deprem gözlemleri toplanabilmektedir. Bu şekilde elde edilen deprem gözlemlerinden, deprem şiddeti belirlenebilmektedir. Bu amaçla İstanbul Valiliği Afet ve Kriz Yönetim Merkezi'nden her mahallenin koordinatları ve temel harita bilgileri sayısal olarak temin edilmiştir.

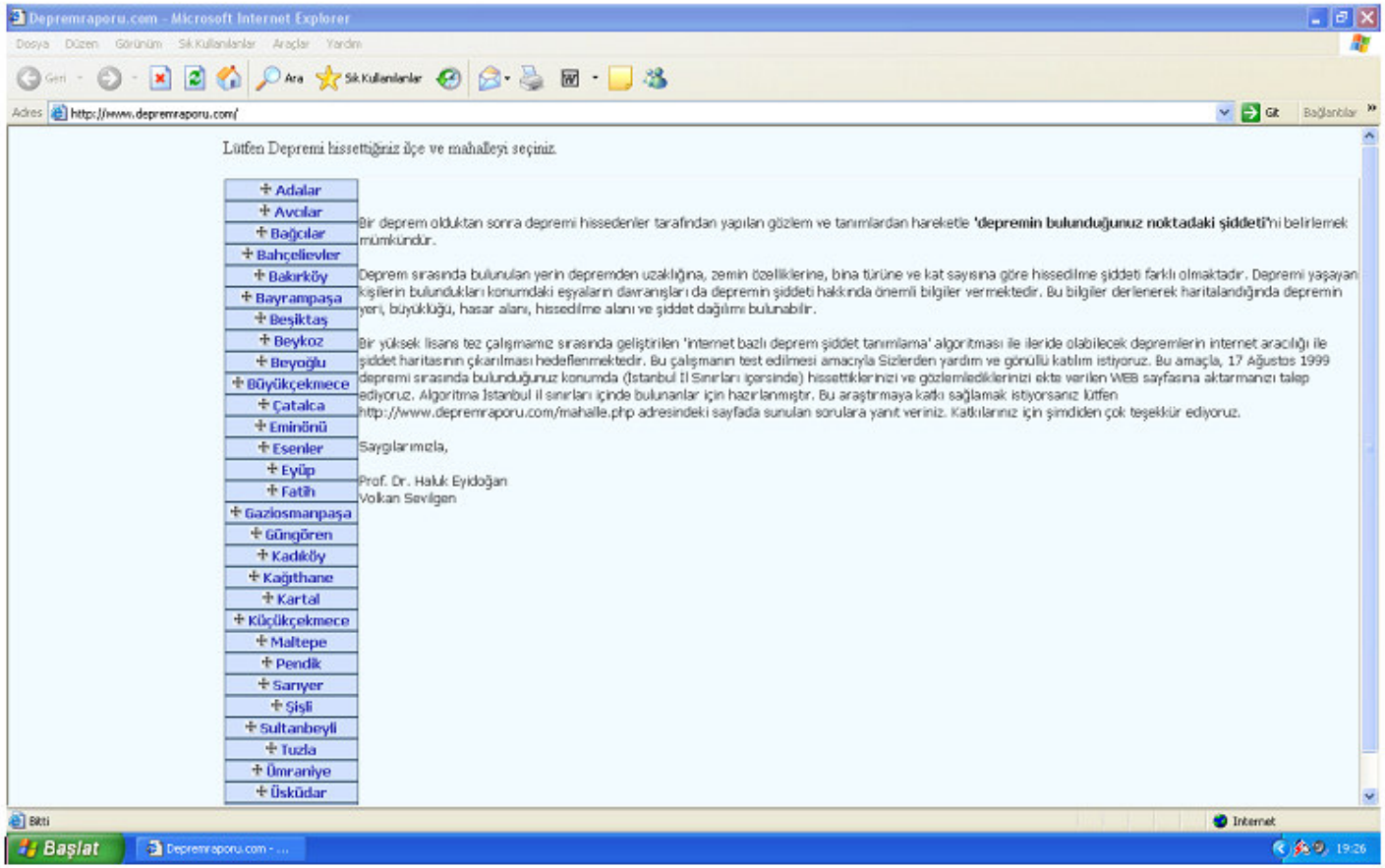
Deprem şiddeti kişinin bulunduğu yere göre değişeceği için deprem gözleminin nerede yapıldığı bilinmelidir. Bunun için gözlemi yapan kişiden depremi hissettiği İl, İlçe ve Mahalle'ye önceden hazırlanmış listeden seçmesi istenmektedir. Bu çalışma için yalnızca mahalle bazında koordinatlar kullanılmıştır. Örneğin aynı mahalle sınırları içerisinde depreme uzaklıkları farklı olan yerlerde, farklı şiddet değerleri bulunabilmektedir. Bu çalışmada bu farklı değerlerin ortalaması alınmıştır. Küçük mahalleler için bu önemli bir fark yaratmayabilir. Ancak büyük mahalleler için ortalama değer gerçeği yansıtmayabilir. Sokak bazında koordinatlar kullanılarak şiddet dağılımındaki ayrımlılık arttırılabilir. Ancak bu çalışma sırasında sokak bazında koordinat veri tabanı elde edilememiştir.

Deprem gözleminden deprem şiddeti hesaplanırken 8 ayrı İndeks kullanılmaktadır. Bu indekslerin değeri, her bir indeks için hazırlanmış sorulara verilen yanıtlara göre değişmektedir. Örneğin, "hissetme indeksi" için sorulan soru olan "Depremi hissettiniz mi?" sorusuna verilen yanıt "Evet" ise indeks 1 değerini "Hayır" ise indeks "0" değerini almaktadır. Diğer 7 indeks için de benzer sorular bulunmakta ve o indekslerin değerleri de bu şekilde belirlenmektedir. Aynı bölgede deprem şiddeti belirlenirken, farklı kişiler aynı indeks sorusuna farklı yanıt verdiklerinde, o indeks için o değerlerin ortalamaları alınmaktadır. Hesaplamalar ile ilgili daha detaylı anlatımı Bölüm 3.3'te bulabilirsiniz. Anket çalışmasında indekslerle ilişkili soruların yanında şu an için hesaplamalarda kullanılmayan ancak gelecekte kullanılma ihtimali olan sorulara da yer verilmiştir.

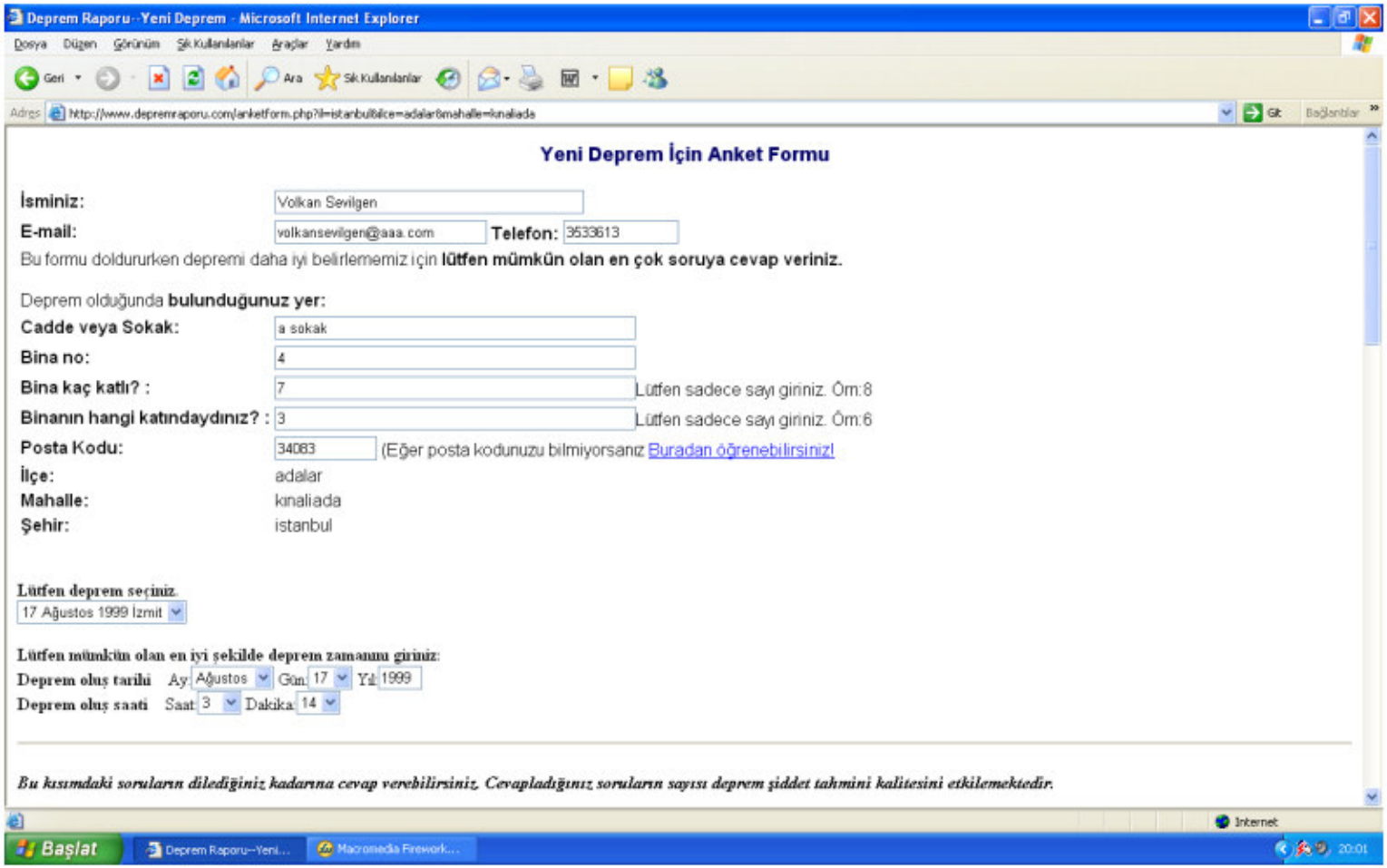
Deprem gözleminin iletilmesi için kullanılan http://www.depremraporu.com'un akışı şu şekildedir:

Kullanıcı siteye girdiğinde önce depremi hissettiği, ilçe ve mahalleyi seçmektedir (Şekil 5). Daha önceden koordinatı bilinerek listelenmiş mahalleler sayesinde kişinin depremi hissettiği koordinatlar elde edilebilmektedir. Koordinatlar her bir mahallenin geometrik orta noktaları olarak kullanılmaktadır.

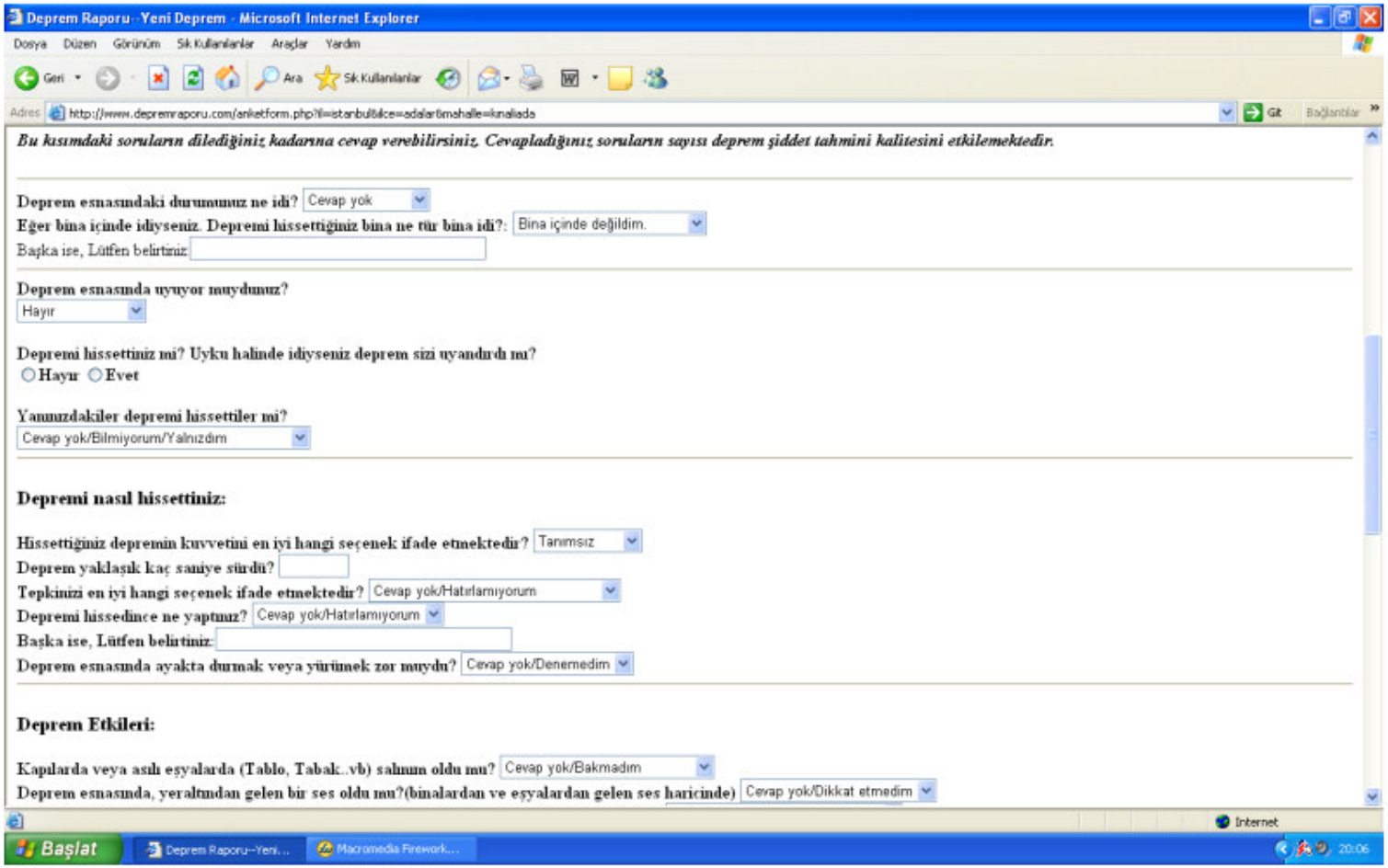
1. Deprem Anketinde, kişisel bilgiler ve bina bilgileri alınmaktadır (Şekil 6). Deprem şiddeti algılaması aynı binanın yüksek katlarında farklı, alçak katlarında farklı olabilmektedir. Bu yüzden kişilerin depremi hissettikleri kat bilgisi gerekmektedir. Şu an için hesaplamalarda kullanılmasa da yorumlama da kullanılmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda kat yüksekliğinin de hesaplamalarda parametre olarak kullanılacağı yeni bir bağıntı geliştirilmelidir.
2. Depremin hissedildiği tarih ve oluş zamanı bilgisi istenmektedir (Şekil 6). Deprem gözlem anketi eski depremlerin kayıtlarına uygulanırken deprem listesinin web sitesinde bulunması sağlanmıştır. Ancak güncel depremlerin hızla listeye konabilmesi mümkün değildir. Bu nedenle kişilerden depremi hissettikleri tarih ve saat bilgisi istenerek, yeni ve henüz adı konmamış bir depremin gözlemlerinin aktarılması mümkün olabilmektedir. Esasen algoritmanın temel amacı da budur.
3. Kişinin depremi nasıl hissettiği ile ilgili bölümde, kişinin deprem algılama biçimi ve depremin kişiler üzerindeki etkileri ile ilgili sorular yöneltilmektedir (Şekil 7). Bu kısımdaki sorulara verilen yanıtlara göre hissetme, hareket, reaksiyon ve duruş indekslerinin değerleri belirlenmektedir.
4. Depremin kişinin yaşadığı çevredeki etkilerinin sorgulandığı bölümde sorulan sorulara verilen yanıtlata göre raf, resim, mobilya ve hasar indekslerinin değeri belirlenmektedir (Şekil 8).
5. Kişilere gönderilen bir teşekkür mesajı ile gözlemlerin başarıyla alındığı bilgisi iletilmektedir (Şekil 9)



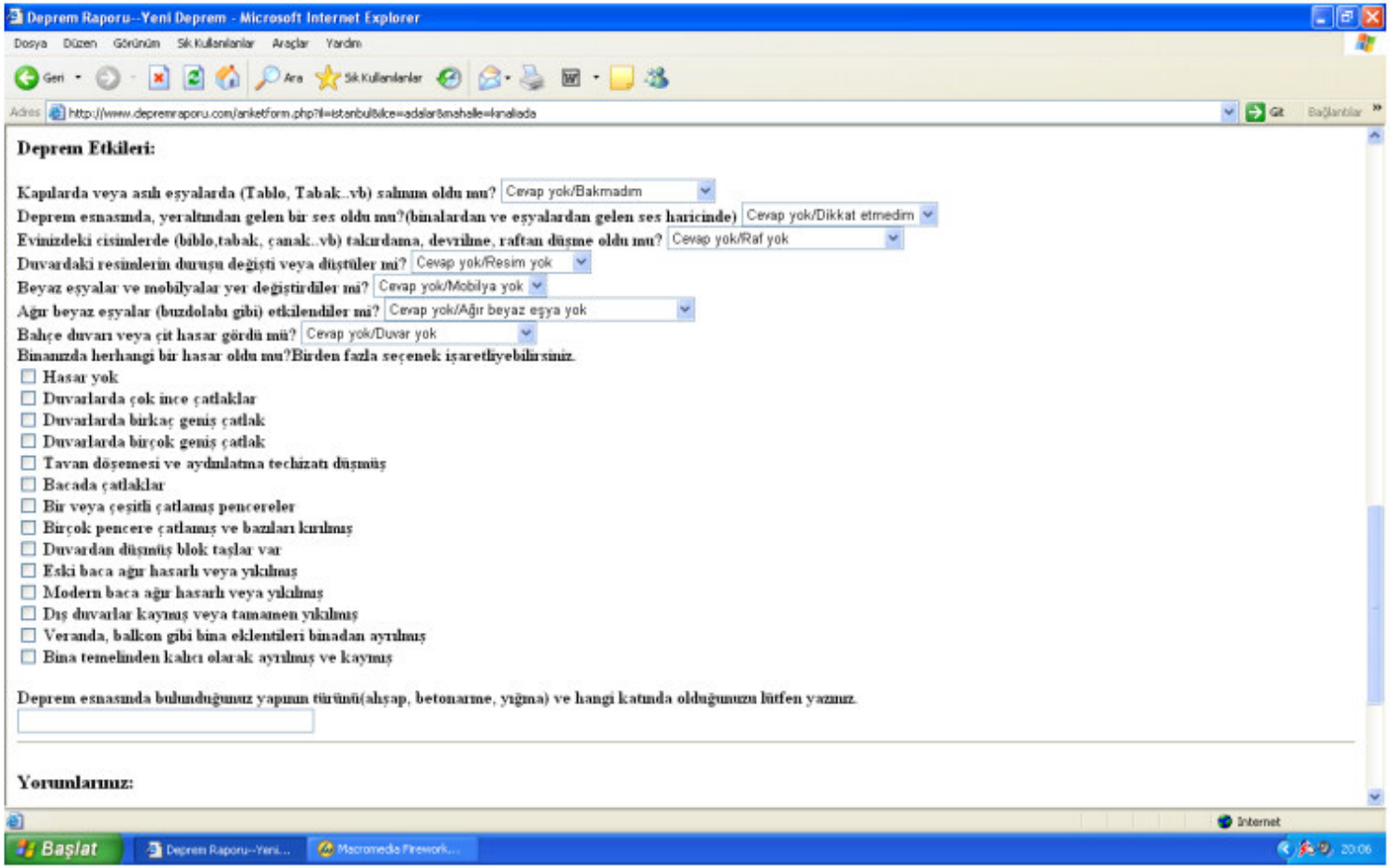
Şekil 5: http://www.depremraporu.com Ana Sayfasında İstanbul İlinin İlçeleri görülmektedir. İlçeler tıklandığında Mahalle seçenekleri gözükmektedir. Mahalle seçildikten sonra anket formu ekrana gelmektedir.



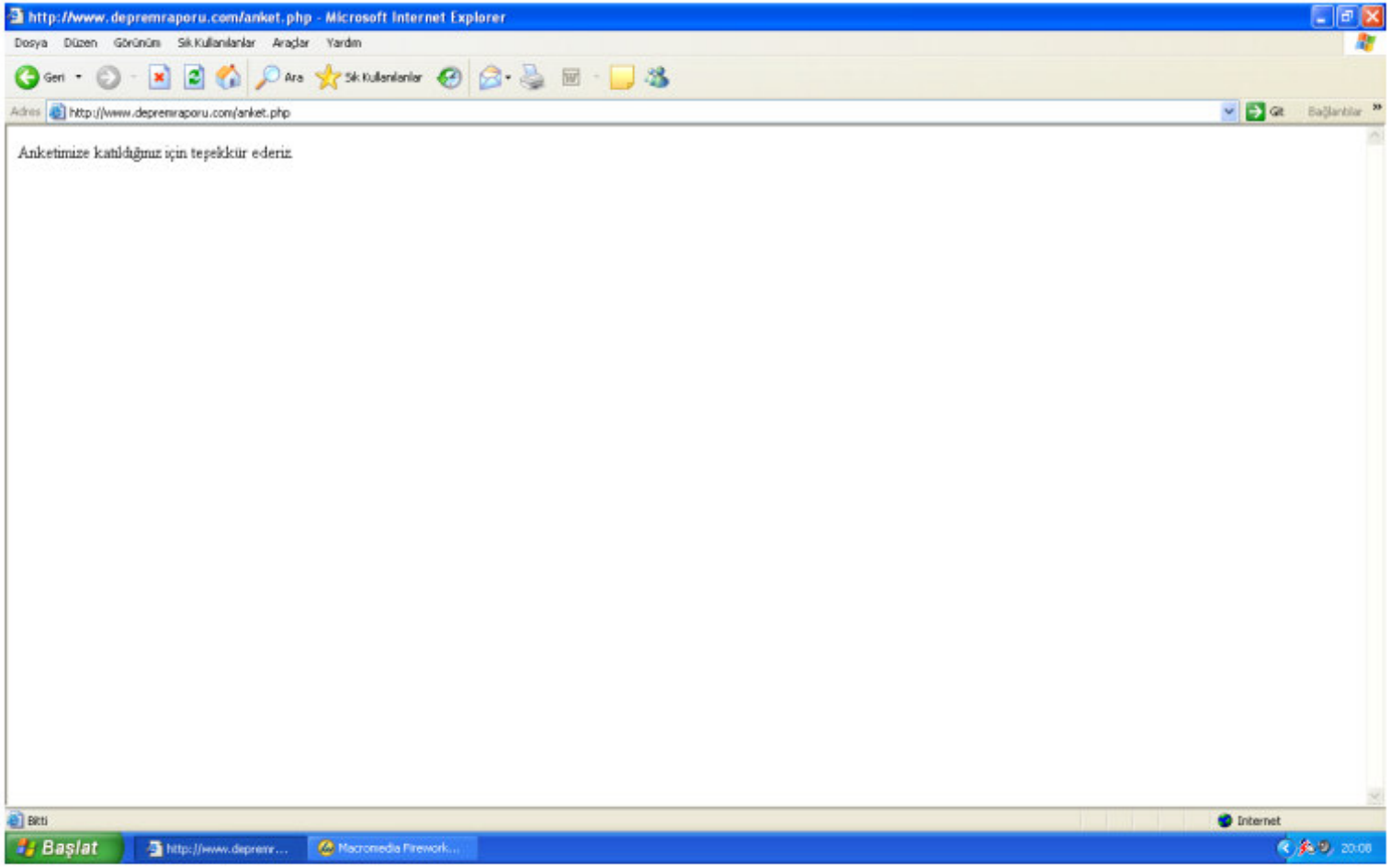
Şekil 6: Anket Formu adres bilgileri.



Şekil 7: Anket Formu, kişisel deprem gözlemi ile ilgili sorular



Şekil 8: Anket Formu, deprem etkileri ile ilgili sorular



Şekil 9 : Teşekkür Mesajı

3.2 CWS İndeksleri

17 Ocak 1994 Northridge depreminin etkilerinin belirlenmesi amacıyla HEEC (Humboldt Earthquake Education Center-Humboldt Deprem Eğitim Merkezi) tarafından deprem bölgesinde yaşayan 6000 yetişkin kişi ile telefon görüşmesi yoluyla bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmada kişilere CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) hesaplamasında kullanılan indeksleri ortaya çıkarmaya yönelik sorular sorulmuştur. Bu çalışmadan bağımsız olarak aynı topluma yönelik USGS (United States Geological Survey-Birleşik Devletler Jeolojik Araştırmalar Kurumu) tarafından MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddeti belirleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar sayesinde deprem şiddeti belirlemek için kullanılan indeksler ile bağımsız olarak elde edilen MM deprem şiddetlerini karşılaştırmak mümkün olmuştur.

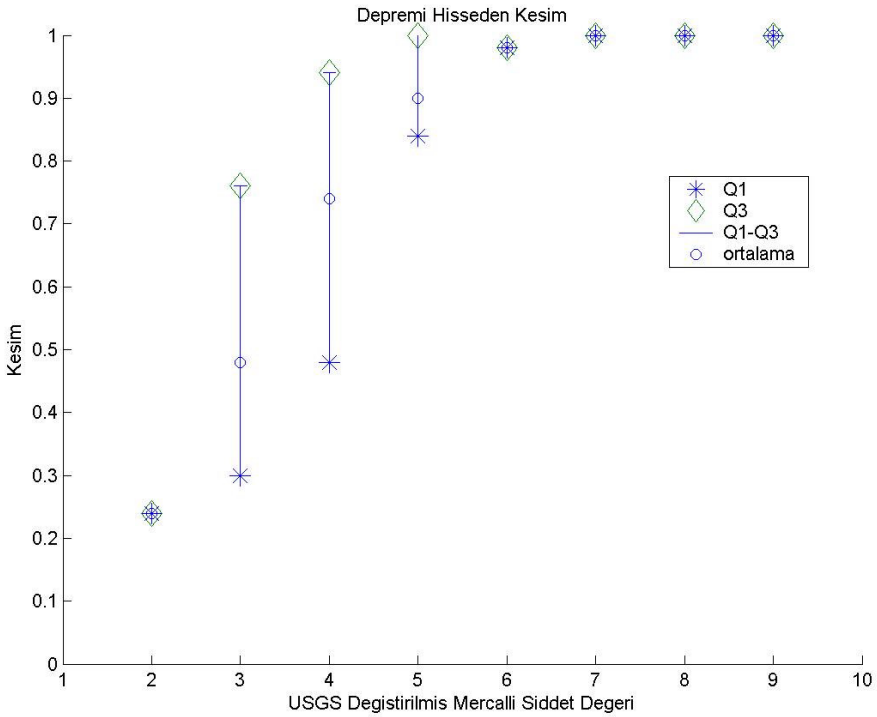
3.2.1 Hissetme İndeksi

CII şiddet hesaplamasında kullanılan parametrelerden olan hissetme indeksi, depremin kişiler tarafından hissedilmesine veya hissedilmemesine göre 0 dan 1'e kadar farklı değerler almaktadır. Bu indeks için sorulan sorular ve indeks değerleri Tablo 3.1'de görülmektedir.

Tablo 3.1: Hissetme İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

Depremi hissettiniz mi? Deprem sizi uykunuzdan uyandırdı mı?
Hayır. (İndeks değeri 0)
Evet. (İndeks değeri 1)
Yanınızdakiler depremi hissettiler mi?
Cevap yok/Bilmiyorum/Yalnızdım. (İndeks değeri 0,72)
Diğerleri hissetmedi. (İndeks değeri 0,36)
Bazıları hissetti, ama çoğunluk hissetmedi. (İndeks değeri 0,72)
Çoğunluk hissetti, ama bazıları hissetmedi. (İndeks değeri 1)
Hemen herkes hissetti. (İndeks değeri 1)

Şekil 10'da görülen grafikte bu indeksin özellikle II, III ve IV şiddetlerini belirlemede kullanılabileceği görülmektedir. Grafikte şiddet değeri V olarak gösterilen yerlere bakıldığında Değiştirilmiş Mercalli ölçeğindeki "hemen herkes hisseder" ifadesi ile uyum gösterdiği görülmektedir. VI şiddetine bakıldığında, herkes hisseder ifadesi ile uyumlu olduğu görülmektedir.



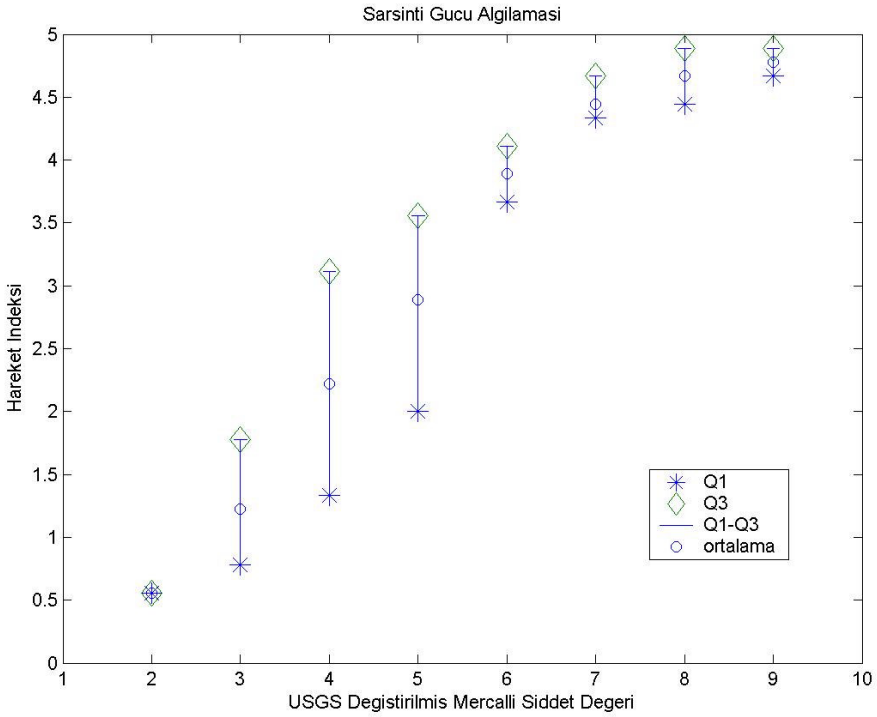
Şekil 10: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

3.2.2 Hareket İndeksi

Kişinin deprem gözlemi ile ilgili parametrelerden biridir. Hareket indeksi kişinin yer hareketini nasıl tanımladığına göre 0 dan 5'e kadar değerler almaktadır. Bu indeks için hazırlanan soru ve cevaplar indeks değerleriyle birlikte Tablo3.2'de görülmektedir. Şekil 11'de Sarsıntı gücü algılaması görülmektedir. USGS MM değerinin IV olduğu yerlerde indeks değerinin 3 (deprem hareketi orta kuvvette) olduğu görülmektedir. Şiddet değeri VI dan itibaren deprem hareketinin kuvvetli olarak nitelendiği görülmektedir. MM ölçeğine göre VI şiddetindeki bir depremi herkes hisseder, pek çok kişi korkar ve dışarı fırlar. Bazı ağır mobilyalar hareket eder. Hareket indeksinin MM ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3.2: Hareket İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

Hissettiğiniz depremin kuvvetini en iyi hangi seçenek ifade etmektedir?
Hissedilmedi (İndeks değeri 0)
Zayıf (İndeks değeri 1)
Zayıf-Orta (İndeks değeri 2)
Orta (İndeks değeri 3)
Kuvvetli (İndeks değeri 4)
Çok kuvvetli (İndeks değeri 5)



Şekil 11: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen hareket indeksi değerleridir. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

3.2.3 Reaksiyon İndeksi

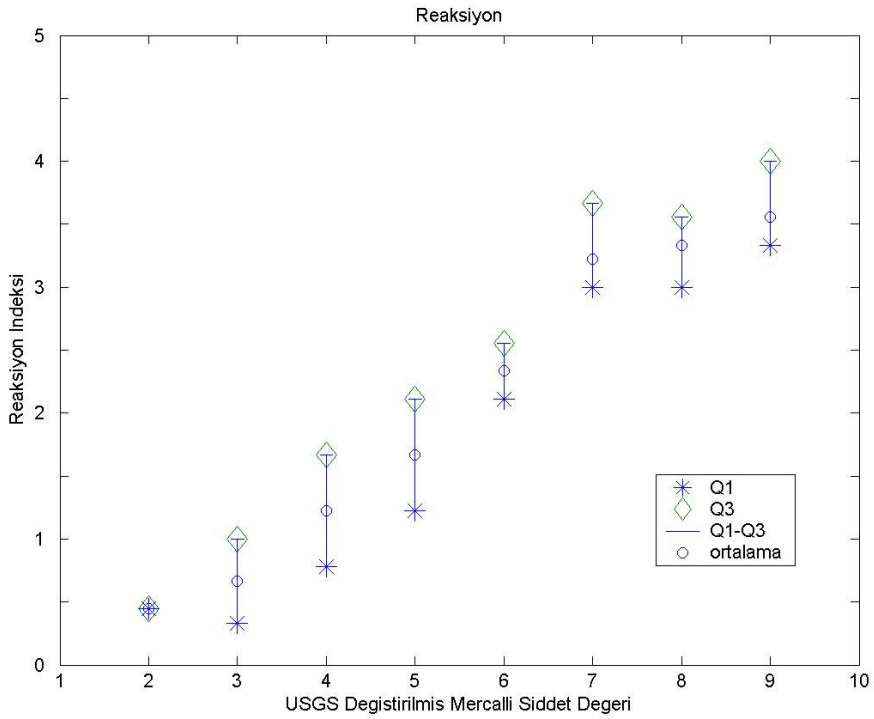
Deprem esnasında kişiler depremin şiddetine göre farklı tepkiler verirler. Dolayısıyla kişilerin verdikleri bu tepkiler şiddet değerinin bir göstergesi olarak kullanılabilmektedir. Bu parametre ile ilgili sorular ve indeks değerleri Tablo 3.3'te görülmektedir.

Tablo 3.3: Reaksiyon İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

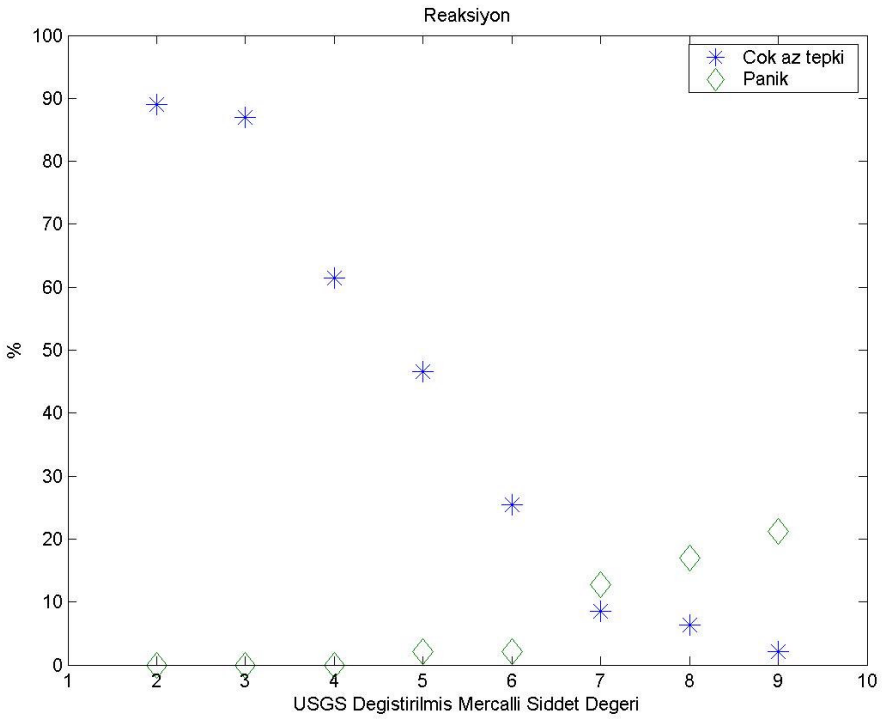
Tepkinizi en iyi hangi seçenek ifade etmektedir?
Bir tepki göstermedim/Hissetmedim (İndeks değeri 0)
Çok az tepki gösterdim (İndeks değeri 1)
Heyecanlandım (İndeks değeri 2)
Biraz korktum (İndeks değeri 3)
Çok korktum (İndeks değeri 4)
Paniğe kapıldım (İndeks değeri 5)

Şekil 12'ye bakıldığında depremi VI ile VII şiddetinde hisseden kişilerin korkmaya başladığı görülmektedir. MM ölçeğine göre VI şiddetindeki bir depremde pek çok kişi korkar ve dışarı fırlar. Bu indeks özellikle depremi hisseden toplumum sosyolojik ve psikolojik durumuna bağlıdır. Orta büyüklükteki depremlerin bile can kaybına yol açtığı ülkemizde, bir deprem esnasında halkın daha yüksek oranda korku ve panik yaşadığı düşünülmektedir.

Şekil 13'e bakıldığında deprem şiddetinin VI olduğu noktada çok az tepki gösterenlerin yaklaşık %25 seviyesinde olduğu, az tepki gösterenlerin VII şiddetinde % 10 olduğu, bu şiddette yaklaşık % 12'lik bir kesimin Panik halinde olduğu görülmektedir.



Şekil 12: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen reaksyon indeksidir. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).



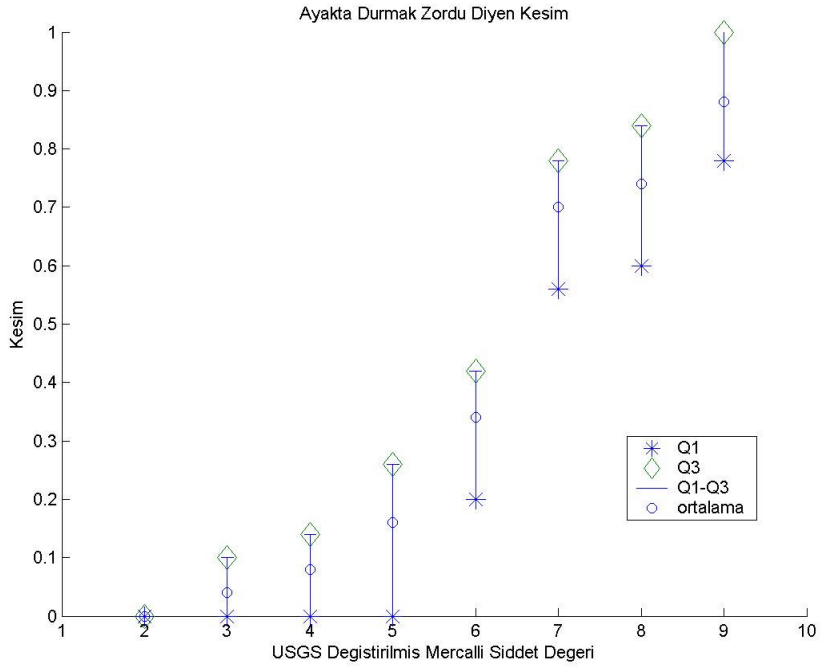
Şekil 13: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen orandır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

3.2.4 Duruş İndeksi

Yer hareketinin şiddetine göre deprem esnasında ayakta durmak veya yürümek güçleşir. Duruş indeksi bu bakımımdan deprem şiddeti hesaplamasında kullanılmaktadır. Bu indeks için hazırlanan soru ve indeks değerleri Tablo 3.4'te görülmektedir. Şekil 14'e bakıldığında, şiddet değeri VI olan seviyelerde %40 ayakta durmanın zor olduğunu belirtmiştir., VII den itibaren ayakta durmanın zor olduğunu belirtenler %70 seviyesindedir. Bu değerler MM tanımıyla da uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3.4: Duruş İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

Deprem esnasında ayakta durmak veya yürümek zor muydu?
Hayır (İndeks değeri 0) Evet (İndeks değeri 1)



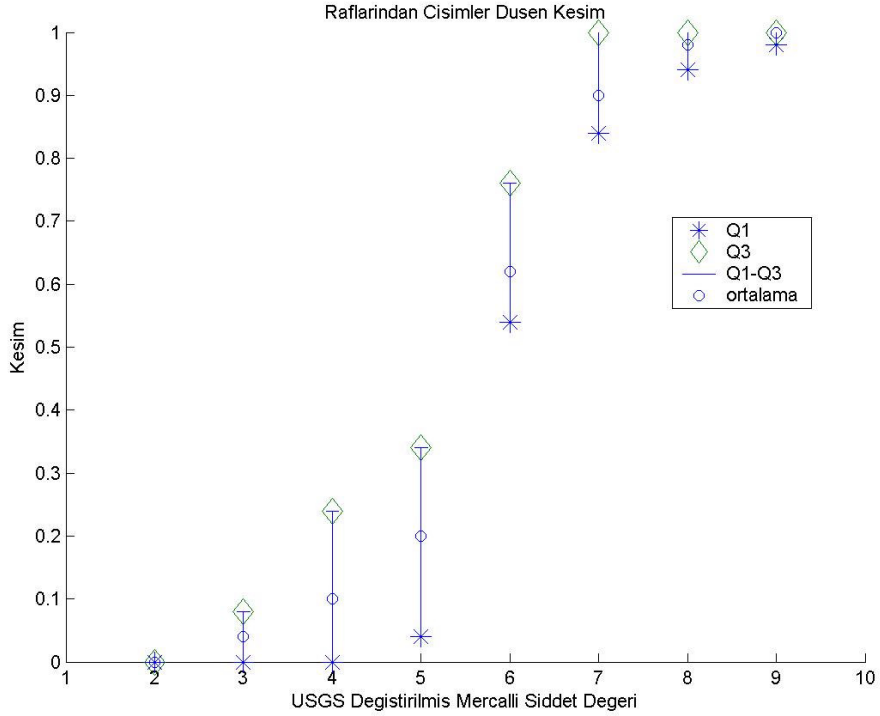
Şekil 14: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

3.2.5 Raf İndeksi

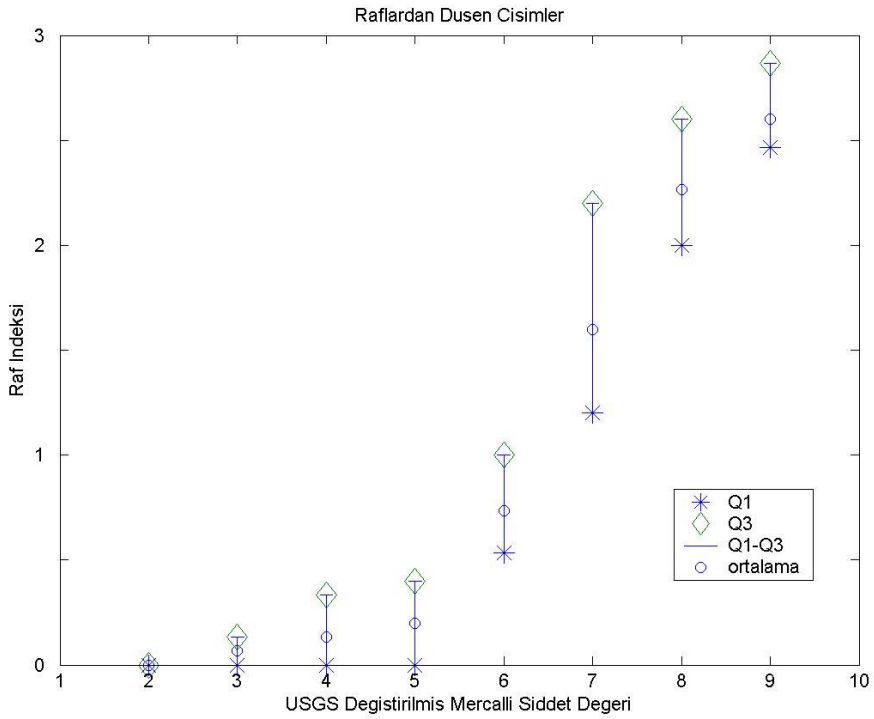
Tabak, biblo çanak gibi ev eşyaları, deprem esnasında yer hareketinden etkilendikleri için deprem şiddeti hakkında bilgi verir. Raf indeksi olarak adlandırılan bu parametre için hazırlanan soru Tablo 3.5'te görülmektedir. Şekil 15' e bakıldığında deprem şiddeti VI olan yerlerde raflarından cisimler düşenlerin oranı %60 olmaktadır. Bu değer MM değeri ile de uyumludur.

Tablo 3.5: Raf İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

Evinizdeki cisimlerde (biblo,tabak, çanak..vb) takırdama, devrilme, raftan düşme oldu mu?
Hayır (İndeks değeri 0)
Hafifçe takırdadılar (İndeks değeri 1)
Şiddetli bir biçimde takırdadılar (İndeks değeri 1)
Bazı cisimler devrildi veya düştü (İndeks değeri 1)
Birçok cisim devrildi veya düştü (İndeks değeri 2)
Cisimlerin tamamına yakını düştü (İndeks değeri 3)



Şekil 15: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).



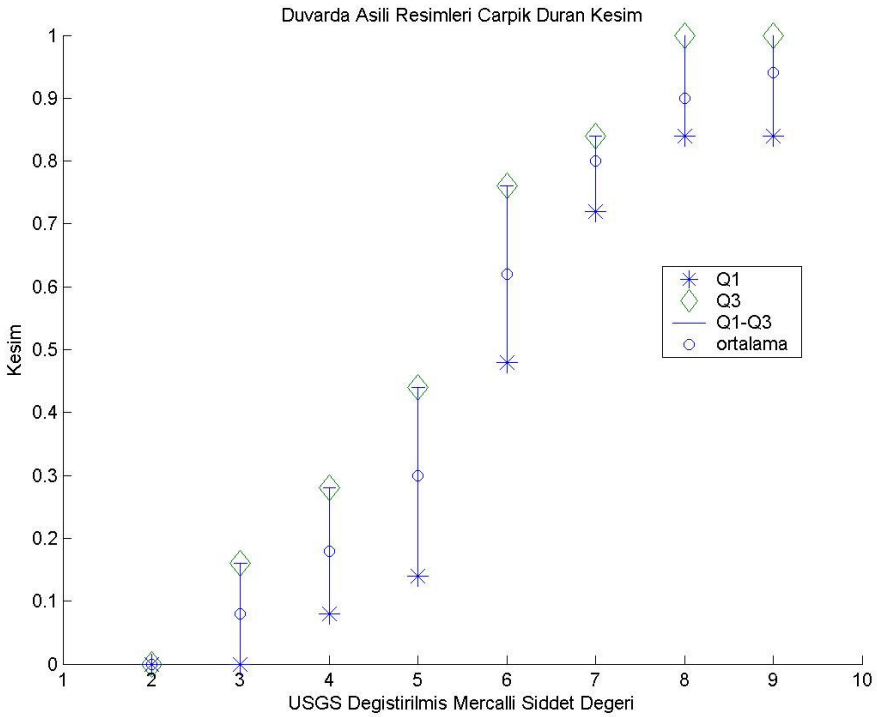
Şekil 16: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

3.2.6 Resim İndeksi

Deprem, duvarda asılı objelerin duruşunu etkileyebilir, hatta bir kısmı düşebilir. Bu bilgi de deprem şiddetinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Resim indeksi için hazırlanan soru ve indeks değerleri Tablo 3.6'da görülmektedir.

Tablo 3.6: Resim İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

Duvardaki resimlerin duruşu değişti veya düştüler mi?
Hayır (İndeks değeri 0) Evet, ama düşmediler(İndeks değeri 1) Evet, ve bazıları düştüler(İndeks değeri 1)



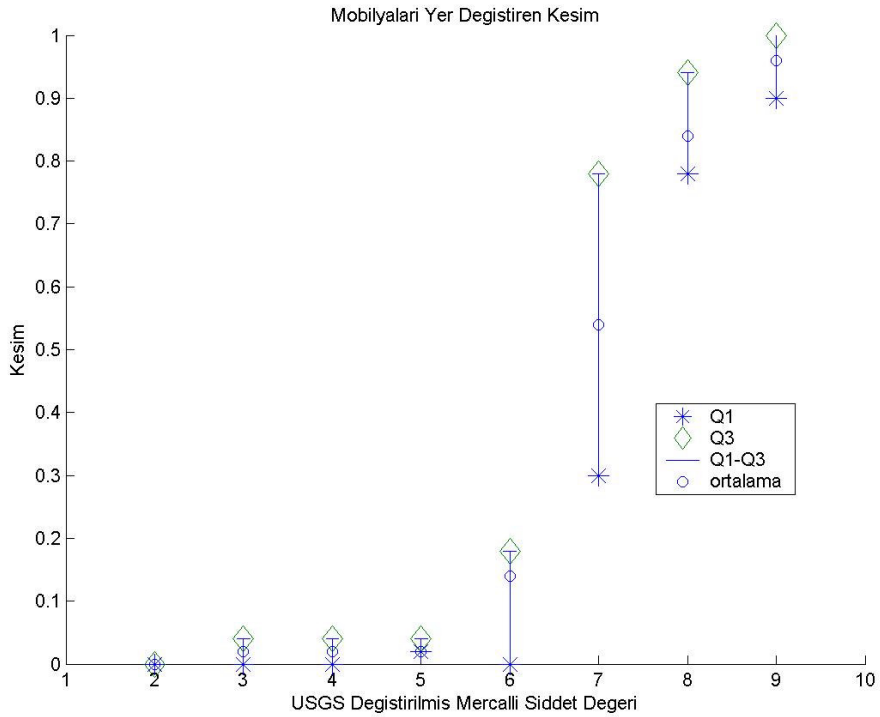
Şekil 17: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

3.2.7 Mobilya İndeksi

Ağır ev eşyaları da belli şiddetin üzerindeki depremlerde yerlerini değiştirebilirler. Bu nedenle bu bilgi de deprem şiddetini göstermesi bakımından önemlidir. Mobilya indeksi için hazırlanmış soru ve indeks değerleri Tablo 3.7'de görülmektedir.

Tablo 3.7: Mobilya İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

Beyaz eşyalar ve mobilyalar yer değiştirdiler mi?
Hayır (İndeks değeri 0) Evet (İndeks değeri 1)



Şekil 18: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

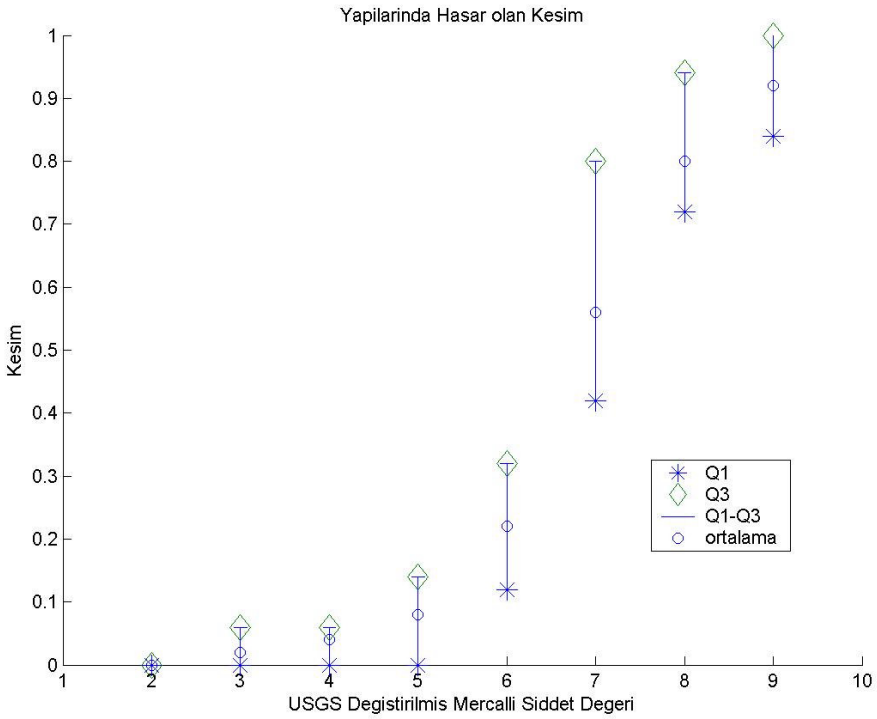
Şekil 18'e bakıldığında depremi VI şiddetinde hissedenlerin %20'si mobilyalarının depremde yer değiştirdiğini bildirmişlerdir. MM'e göre VI şiddetinde bazı mobilyalar hareket edebilir, Şiddet değeri VIII de ise ağır mobilyalar devrilir olarak yer almaktadır. Şekil 18'e bakıldığında şiddetin VIII'de mobilyaları yer değiştirenlerin oranı yaklaşık %85 düzeyindedir.

3.2.8 Hasar İndeksi

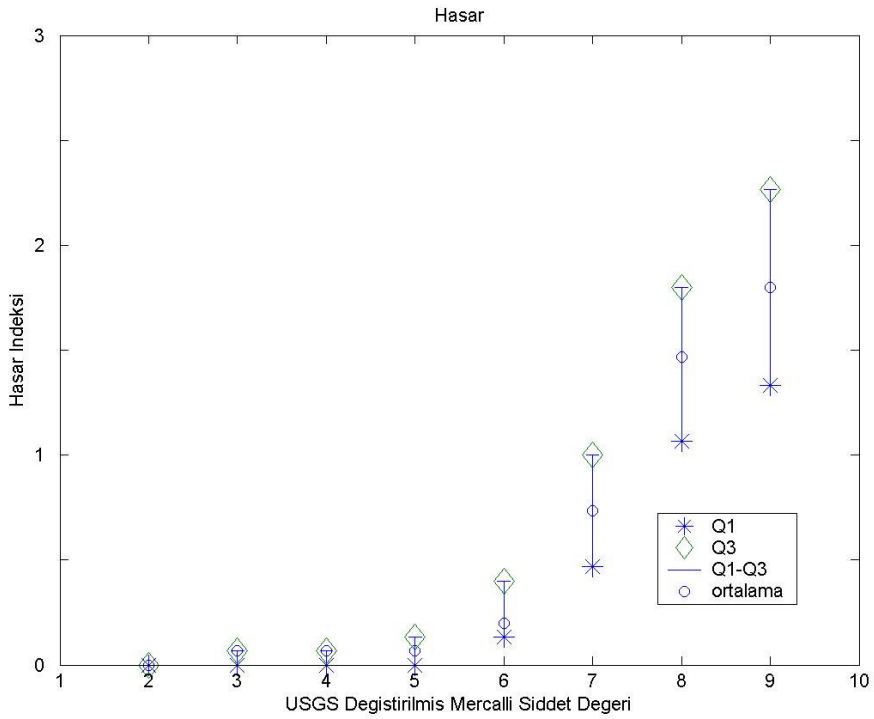
Deprem şiddetine bağlı olarak yapılarda görülen hasar türleri değişim göstermektedir. Hasar duvarlarda ince çatlaklar olarak görülebileceği gibi yapının tamamının yıkılması da olabilir. Hasar indeksi için hazırlanan sorunun özelliği birden fazla seçeneğin işaretlenebilesi ve hesaplamada en yüksek sayısal değerin kullanılmasıdır. Hasar İndeksi için hazırlanan soru ve indeks değerleri aşağıdadır.

Tablo 3.8: Hasar İndeksi Sorusu ve Cevapların İndeks Değerleri

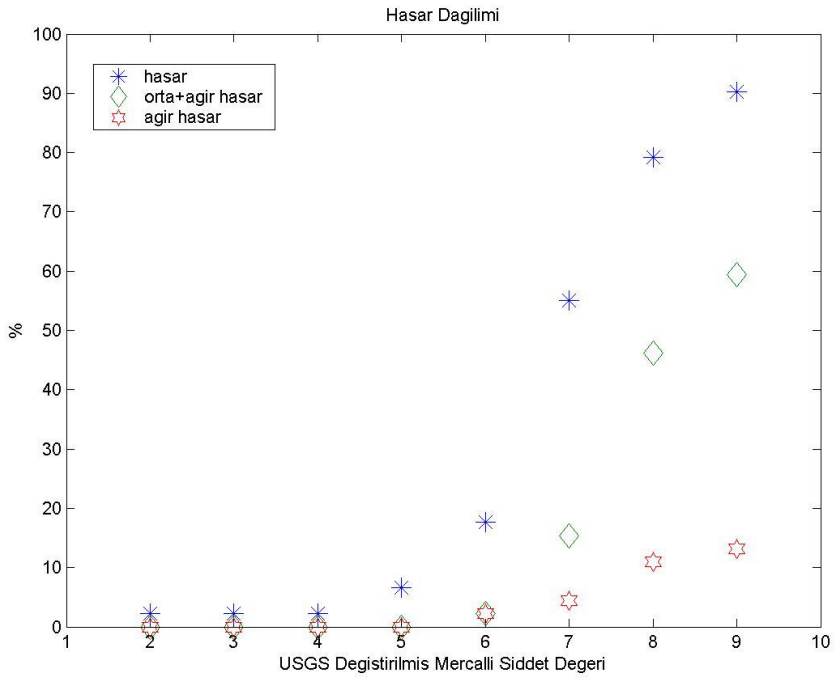
Binanızda herhangi bir hasar oldu mu? (Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz.)
Hasar yok (İndeks değeri 0)
Duvarlarda çok ince çatlaklar (İndeks değeri 0,5)
Duvarlarda birkaç geniş çatlak (İndeks değeri 0,75)
Duvarlarda birçok geniş çatlak (İndeks değeri 1)
Tavan döşemesi ve aydınlatma teçhizatı düşmüş(İndeks değeri 1)
Bacada çatlaklar(İndeks değeri 1)
Bir veya daha fazla çatlamış pencere camları (İndeks değeri 0,5)
Birçok pencere camı çatlamış ve bazıları kırılmış (İndeks değeri 2)
Duvardan düşmüş blok taşlar (veya tuğlalar) var (İndeks değeri 2)
Eski baca ağır hasarlı veya yıkılmış (İndeks değeri 2)
Modern baca ağır hasarlı veya yıkılmış (İndeks değeri 3)
Dış duvarlar kaymış veya tamamen yıkılmış (İndeks değeri 3)
Veranda, balkon gibi bina eklentileri binadan ayrılmış (İndeks değeri 3)
Bina temelinden kalıcı olarak ayrılmış ve kaymış (İndeks değeri 3)



Şekil 19: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).



Şekil 20: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).



Şekil 21: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Kesim olarak ifade edilen düşey eksen, olumlu yanıtların tüm yanıtlara oranıdır. Ortalama olarak ifade edilen değerler her bir MM seviyesindeki değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Q1 ve Q3 ile 10 dan fazla kayıt alınmış toplulukların dağılımını göstermektedir (Dengler ve Dewey, 1998).

CII deprem şiddetinde kullanılan indekslerden biri olan "hasar indeksi" değerleri ülkeden ülkeye değişim göstermektedir. Bunun sebebi özellikle yapılaşma kalitesinin ve mimarinin birbirinden farklı olmasıdır. Depremin çok şiddetli hissedildiği bir yerde yapı kalitesi yüksek ise hasar olmayabilir, diğer taraftan depremin orta şiddetli hissedildiği bir bölgede bulunan kalitesiz yapılar depremde hasar görebilir.

3. 3 CII(Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) Hesaplamaları

Deprem gözlemlerinden bir depremin şiddetinin hızla belirlenebilmesi için indekslerden oluşan CWS (Community Weighted Sum-Ağırlıklandırılmış Toplam)'den yararlanılmaktadır. CWS'ten MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet ölçeğine benzeyen bir şiddet ölçeği CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) Bağıntı 3.2 ile hesaplanabilir.

CII'ni hesaplamak için önce Bağıntı 3.1 kullanılarak, indeks değerlerinden CWS (Community Weighted Sum-Ağırlıklandırılmış Toplam) hesaplanması gerekmektedir. CWS her bir bölge için ayrı olarak hesaplanır. Aynı bölgede aynı soruya verilen farklı cevapta o sorunun ilişkili olduğu indeks değerleri birbirinden farklı olmaktadır. Bu durumda o indeksin değerinin ortalaması alınmaktadır.

Sadece CWS'i hesaplamak deprem şiddetini ifade etmek için yeterli değildir. MM şiddet ölçeğini temsil edebilecek bir şiddet ölçeği olarak CII kullanılabilir (Wald ve diğ., 1999). Bağıntı 3.2 kullanılarak CWS'değerlerinden CII hesaplanabilmektedir.

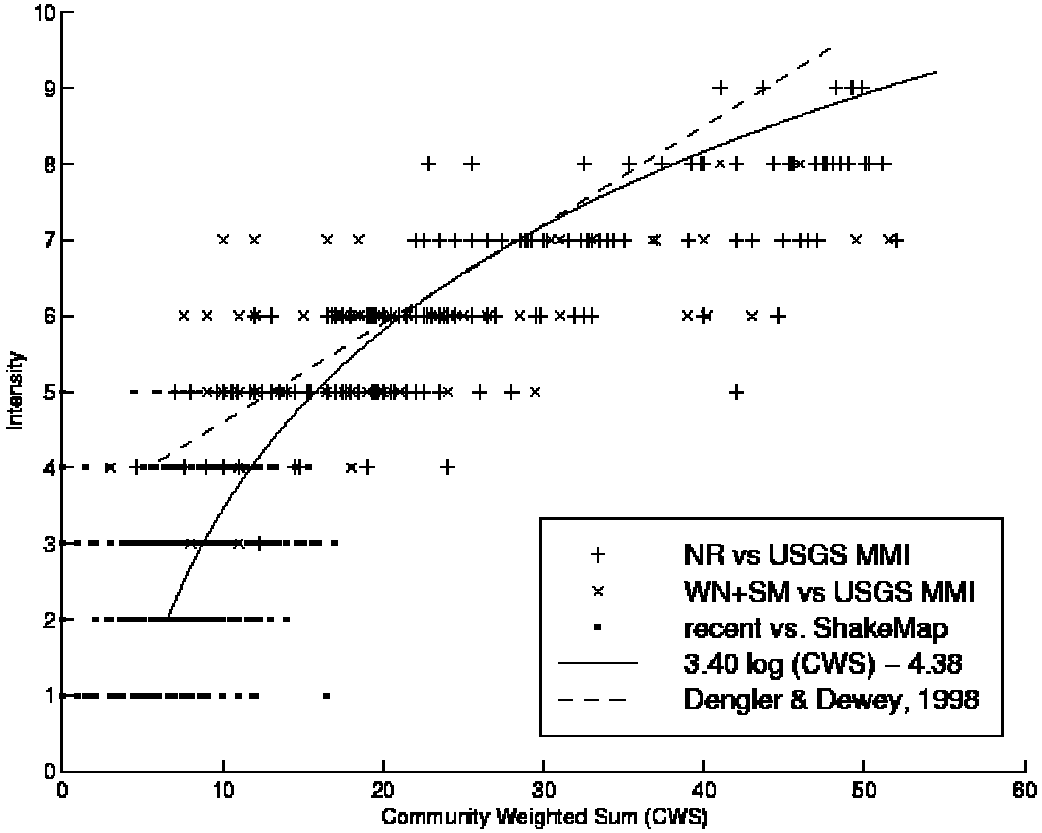
CWS = 5x "hissetme" indeksi [0 ile 1 arasında bir değer]
+ "hareket" indeksi [0 ile 5 arasında bir değer]
+ "reaksiyon"indeksi [0 ile 5 arasında]
+ 2 x "duruş" indeksi [0 ile 1 arasında]
+ 5 x "raf" indeksi [0 ile 3 arasında]
+ 2 x "resim" indeksi [0 ile 1 arasında]
+ 3 x "mobilya" indeksi [0 ile 1 arasında]
+ 5 x "hasar" indeksi [0 ile 3 arasında] **(3.1)**

$$CII = 3{,}4 \log(CWS) - 4{,}38 \qquad CWS \geq 6{,}53 \qquad \textbf{(3.2)}$$

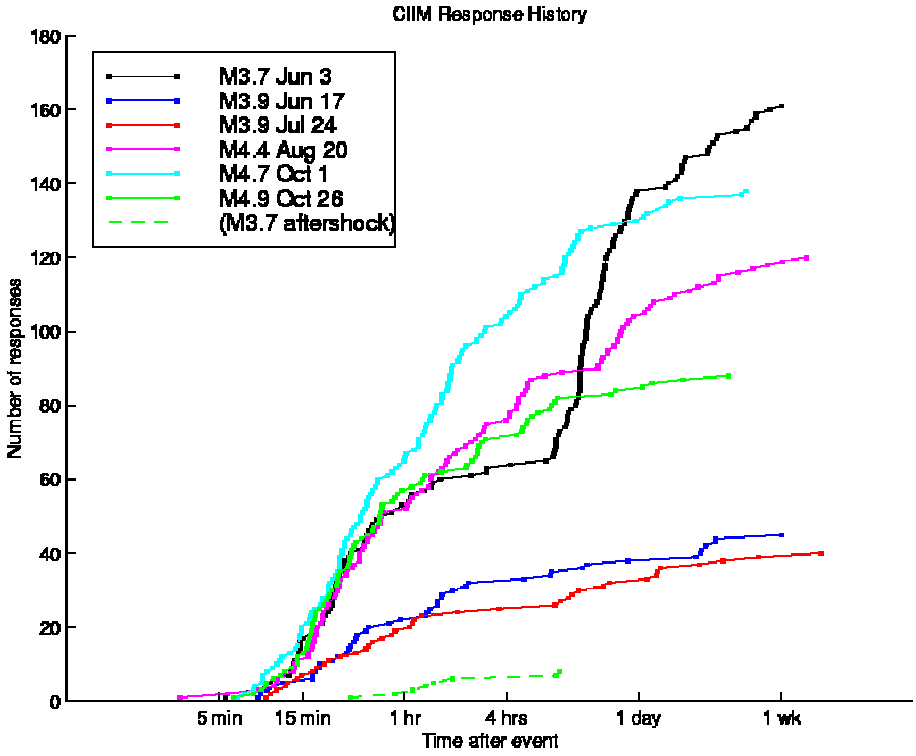
CWS < 6,53 ise hissedilen depremlerde CII=2, hissedilmeyen depremlerde CII=1 (Wald ve diğ., 1999)

3.4 MM, CII ve Aletsel Şiddet Arasındaki İlişkiler

CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) yöntemiyle kişilerin gözlemlerine göre bir deprem şiddet haritası çıkarmak mümkün olmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan CWS ile Şiddet arasındaki ilişki Şekil 22'de görülmektedir. Wald ve diğ. (1999)'ın yaklaşımının özellikle CWS'in yüksek ve düşük olduğu noktalarda Dengler ve Dewey (1998)'den daha iyi bir yaklaşım olduğu görülmektedir (düz çizgi). Bu yöntemle gözlemlerin aktarılma hızı Şekil 23'te görülmektedir.



Şekil 22: CWS ile gözlemsel ve aletsel şiddetlerin karşılaştırması. Düşey eksen aletsel şiddet, yatay eksen CWS (Community Weighted Sum-Ağırlıklandırılmış Toplam)'dır. CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) düz çizgi ile gösterilmiştir. Northridge (NR), Whittier Narrows (WN) ve Sierra Madre (SM) depremleri için aletsel şiddet ve USGS MM karşılaştırması gösterilmiştir (Wald ve diğ., 1999).



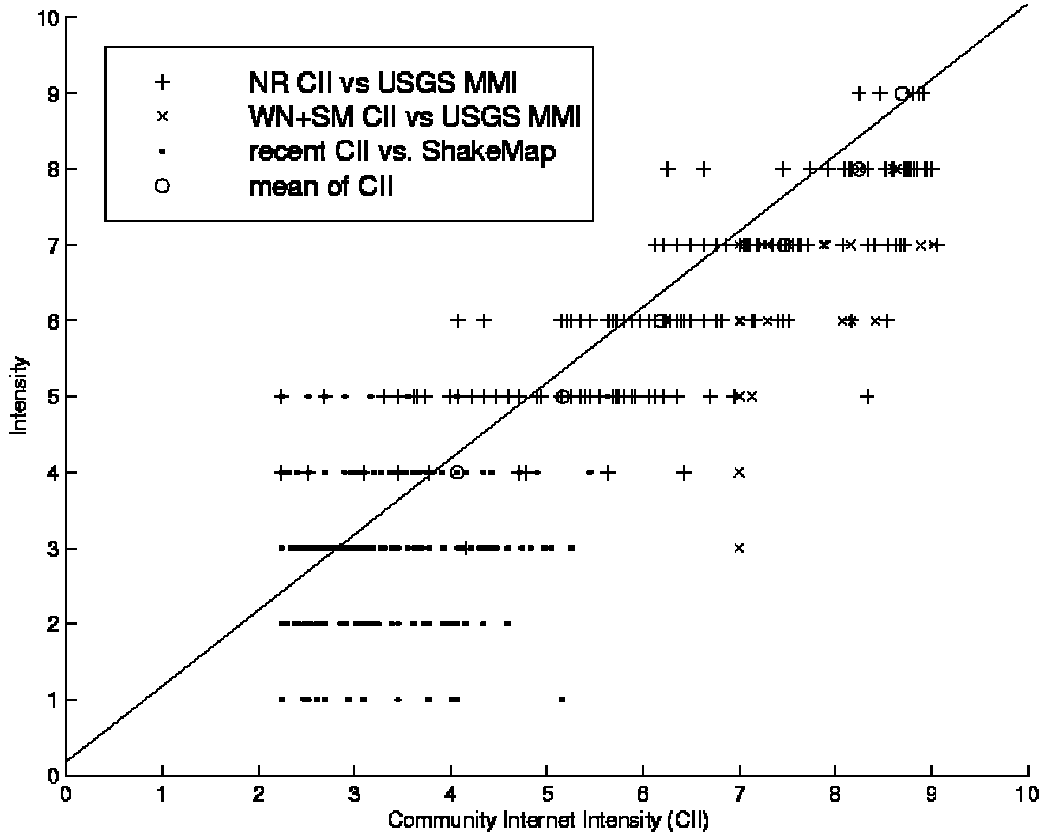
Şekil 23: Çeşitli depremler için deprem CII yöntemi ile veri toplama hızı görülmektedir. Düşey eksen elde edilen gözlem sayısı, yatay eksen ise depremin oluş zamanından geçen süredir (Wald ve diğ.,1999).

Bir depremin şiddet değeri, Bağıntı 3.3 ile PGA değerinden ve Bağıntı 3.4 ile PGV (Peak Ground Velocity-En Yüksek Hız) değerinden hesaplanabilir. Şekil 24'te çeşitli depremler için CII, MM ve ShakeMap'in karşılaştırması görülmektedir. ShakeMap, TriNet sismik izleme ağı tarafından elde edilen verilerle oluşturulmuş şiddet haritasıdır. Bağıntı 3.3 PGA değerlerinden MM şiddet hesaplanması için bir dönüşümdür. V ile VIII şiddeti arasında en iyi sonucu vermektedir. Standart Sapması yaklaşık 1 dir (Wald ve diğ., 1999b).

$$MM = 3.66 Log(PGA) - 1{,}66 \qquad \textbf{(3.3)}$$

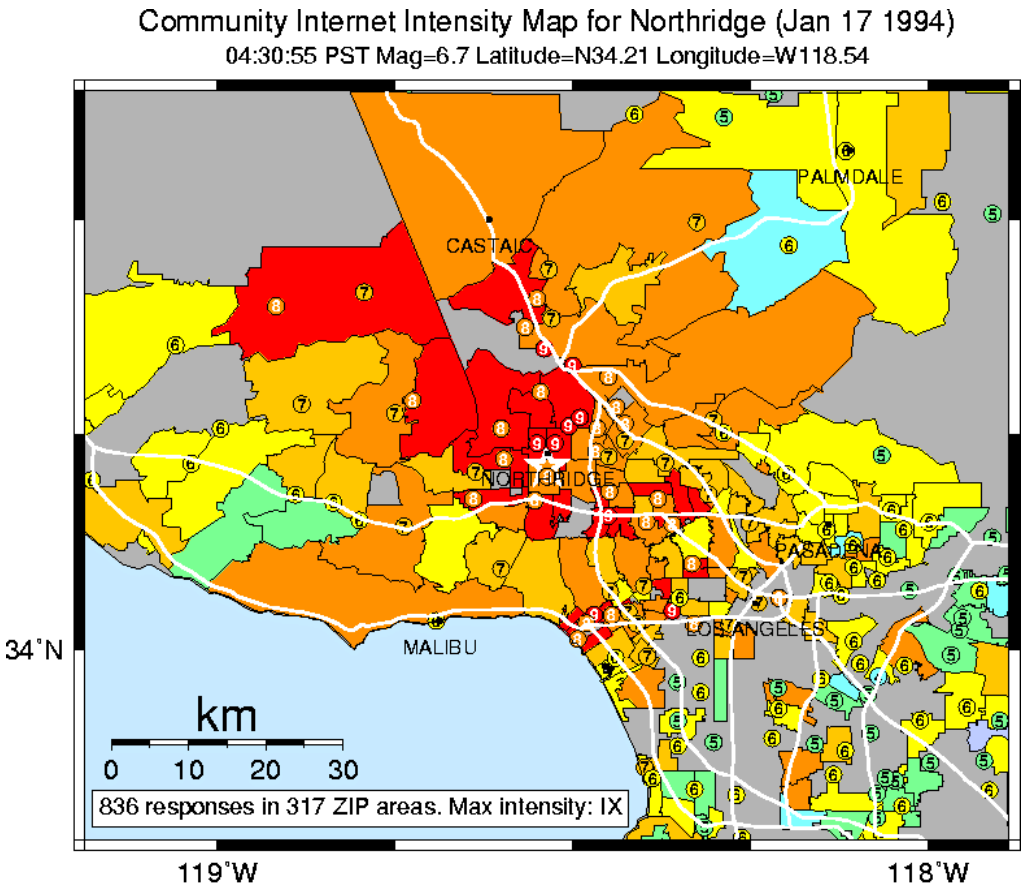
PGA değerleri gibi PGV değerlerinden de dönüşüm için Bağıntı 3.4 kullanılabilir (Wald ve diğ., 1999b).

$$MM = 3{,}47 Log(PGV) + 2{,}35 \qquad \textbf{(3.4)}$$



Şekil 24: Aletsel şiddet ile CII (Wald ve diğ., 1999)'ın karşılaştırması görülmektedir. Northridge Depremi (NR) için CII ve USGS MM değerlerinin karşılaştırılmıştır. Whittier Narrows (WN) ve Sierra Madre (SM) depremleri için CII ile USGS MM şiddet değerlerinin karşılaştırması görülmektedir (Wald ve diğ., 1999).

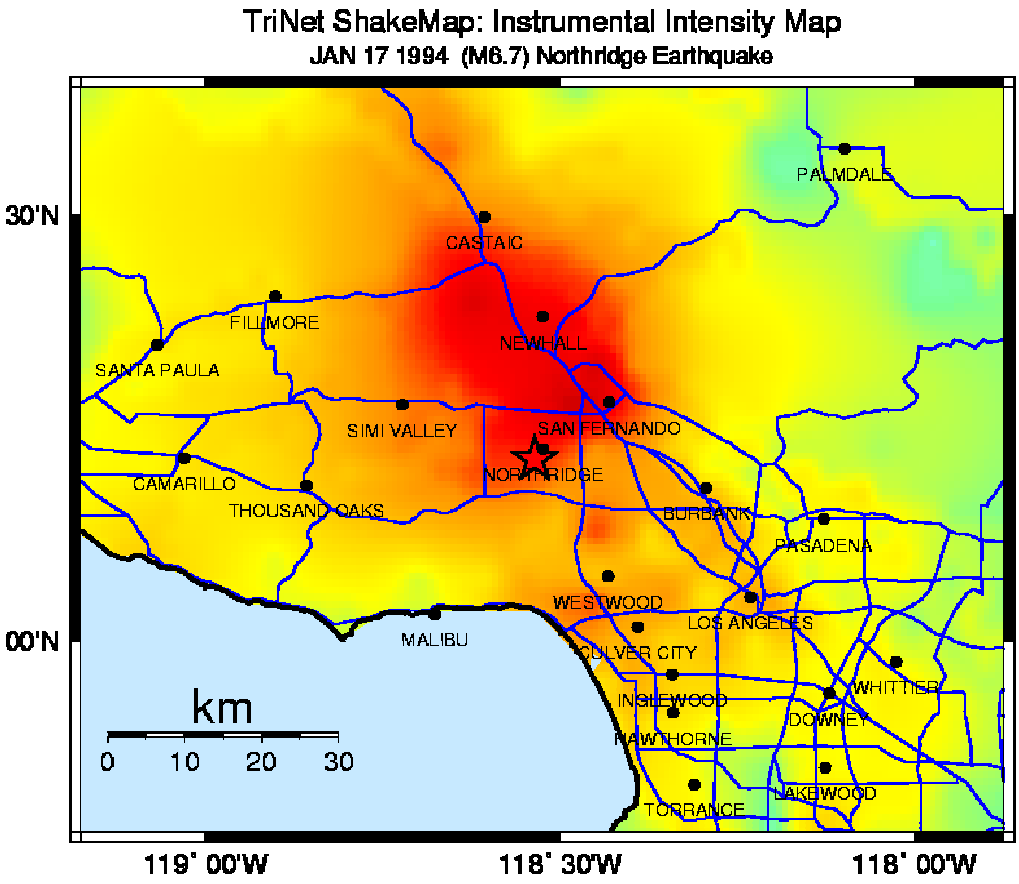
Deprem şiddeti hız parametresinden de elde edilebilmektedir. 1994 Northridge depremi için Dengler tarafından yapılan çalışmada, aletsel şiddet ve gözlemsel şiddetin karşılaştırmasını yapmak mümkündür. Northridge depreminin CII haritasına bakıldığında maksimum şiddetin depremin odağındaki ve odağın kuzeyindeki bölgelerde olduğu, değerinin IX olduğu görülmektedir (Şekil 25). Deprem odağından uzaklaştıkça şiddet değerinin azaldığı ve yaklaşık olarak V değerine kadar düştüğü gözlenmektedir.



INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy

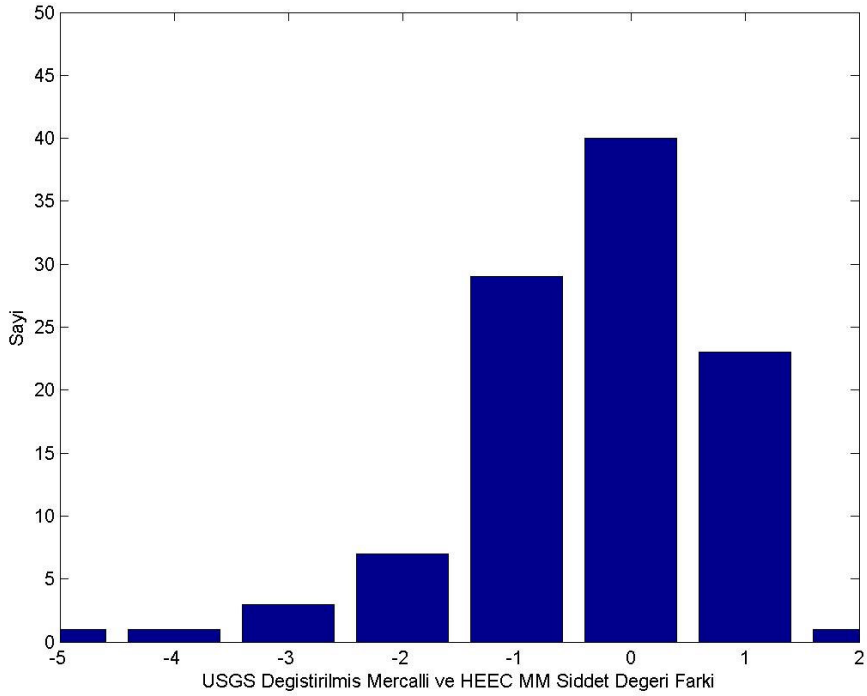
Şekil 25: Northridge Depremi CII haritası. İnternet üzerinden girilen gözlemlerle hesaplanan bir haritadır. Bölgeler Posta Kodlarına göre ayrılmıştır. 317 bölgeden toplam 836 gözlem alınmıştır (Wald ve diğ., 1999).

Aletsel şiddet haritasına bakıldığında maksimum şiddet değerinin odak ve odağın kuzeyinde bir bölge olduğu, şiddet değerinin yine CII haritası ile uyumlu bir biçimde IX olduğu görülmektedir (Şekil 26). Harita alanında en düşük şiddet değerinin V olduğu görülmektedir. İki harita karşılaştırıldığında maksimum şiddet alanlarının uyum gösterdiği ve değerlerinin de aynı olduğu görülmektedir. İki harita arasındaki görünüm farkının temel nedeni CII haritasında bölgelerin posta koduna göre ayrılması ve geniş olmasıdır. Aletsel şiddet haritasında ise cihazların bulunduğu koordinatlara göre harita çizildiğinden dolayı deprem odağından uzaklaştıkça azalan şiddet daha iyi görülebilmektedir.



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	*<.17*	*.17-1.4*	*1.4-3.9*	*3.9-9.2*	*9.2-18*	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL. (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	*16-31*	*31-60*	*60-116*	*>116*
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Şekil 26: Northridge Depremi Aletsel Şiddet Haritası. TriNet kuvvetli yer hareketi cihazlarından oluşan bir sismik istasyon ağıdır. Deprem şiddetinin en yüksek olduğu bölge Northridge'in kuzeyidir (Wald ve diğ., 1999).



Şekil 27: Humboldt Earthquake Education Center (HEEC) tarafından telefon görüşmesi ile yapılan şiddet anketi sonuçları ile, aynı topluluk için ilk çalışmadan bağımsız olarak USGS'in yaptığı çalışma sonucu hesapladığı MM (Modified Mercalli-Değiştirilmiş Mercalli) şiddet değerleri karşılaştırılmaktadır. Depremi V ve daha düşük şiddette hissedenlerin HEEC'nin çalışması sonucunda elde edilen şiddetin USGS MM'dan farkı görülmektedir (Dengler ve Dewey, 1999).

4. 17 AĞUSTOS 1999 İZMİT DEPREMİ İÇİN CII UYGULAMASI

17 Ağustos 1999 İzmit Depremi İstanbul ilinin tamamında kuvvetlice hissedilen, yer yer önemli hasar yapan ve aradan geçen zamana karşın insanların hafızasında hala yerini koruyan bir depremdir. İzmit depreminde özellikle İstanbul'un Küçükçekmece ve Avcılar ilçelerinde hasar meydana gelmiştir. Depremin odağına İstanbul'un Anadolu Yakasındaki ilçelere göre daha uzakta bulunan bu ilçelerde, bazı binalar yıkılmış ve can kayıpları meydana gelmiştir. Bir deprem meydana geldiğinde teorik olarak depremin olduğu yerde en büyük etki, uzaklaştıkca azalan bir etki görülür. Ancak jeolojik yapının deprem etkilerini arttıran yapısı, bina kalitesi gibi unsurlar depremin daha yüksek şiddette hissedilmesine neden olur. Dolayısıyla bir deprem olduğunda mümkün olan en fazla sayıda yerden deprem gözlemlerinin aktarılması, deprem bölgesinin durumunu ortaya koymada yardımcı olacak, ve afet yönetim çalışmalarında kullanılabilmesini sağlayacaktır. Bu nedenlerle İstanbul ili için bir CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) hesaplayan bir algoritma oluşturulmuştur.

Bu algoritma HTML, JAVASCRIPT ve PHP betik dilleri ile yazılmış ve MySQL veri tabanı kullanılmıştır. HTML Anket formunun hazırlanmasında, JAVASCRİPT ilçe ve mahallelerin kullanışlı bir biçimde seçtirilmesinde, PHP ise veritabanı ile iletişimi sağlamakta kullanılmıştır.

Toplumun her kesiminden kişilerin katılmasını amaçladığımız bu anket formu mümkün olduğu kadar kullanıcı dostu ve hızlı çalışan bir web sayfası olarak tasarlanmıştır. 30'dan fazla ilçe ve 750'den fazla mahallenin bulunduğu İstanbul'da kişinin depremi hissettiği mahallenin belirlenmesi konusundaki en büyük zorluk, semt ile mahalle kavramlarının birbirine karışmasıdır. Diğer bir zorluk ise kişinin depremi hissettiği mahalleyi resmi kayıtlarda geçtiği gibi yazamamasıdır. İstanbul'da bazı mahallelerin adı değiştiği ve yeni mahalleler oluştuğu için kişiden mahalle bilgisini almak güçleşmektedir. Bu tarz karışıklıklar ancak seçeneklerin açık bir şekilde kullanıcılara gösterilmesi ile önlenebilmektedir. Ancak 750 den fazla mahalle arasından kişinin kendi mahallesini bulması çok güç olduğundan., kişilere depremi hissettikleri mahalleleri seçtirmek için JAVASCRIPT betik dilinden yararlanılmıştır. Yazılan algoritma sayesinde kullanıcılar siteye girdiklerinde tüm ilçeleri görmekte, ilçeleri tıkladıklarında menu açılarak o ilçedeki mahalleleri göstermektedir. Böylece kullanıcı rahatlıkla depremi hissettiği ilçe ve mahalleyi bulabilmektedir.

Depremin hissedildiği ilçe ve mahalle bilgisi her anket kaydında bulunmakta ve bu bilgiler veritabanında bulunan ilçe ve mahalle koordinatlarına dönüştürülmektedir. Bunun için İstanbul Valiliği Afet Koordinasyon Merkezi tarafından sağlanan mahalle orta noktaları koordinatları kullanılmıştır. Her bir kayıt için CII şiddet hesapları yapılmıştır. Hesaplanan şiddet değerleri ve koordinat sistemleri ile bir eşşiddet haritası çizdirilmiştir. Deprem şiddet verisi elde edilen mahalleler homojen bir dağılım göstermediklerinden dolayı karelaj yöntemi olarak üçgenlere bölme yöntemi (triangulation) seçilmiştir.

Bu tez çalışmasında 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminin İstanbul İlindeki şiddet dağılımının belirlenmesi için Internet üzerinden deprem şiddet anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışma esnasında 150 kayıt toplanmıştır. Oluşturulan algoritmada kayıtlardan CII (Wald ve diğ., 1999) değerleri hesaplanmıştır. Deprem şiddet değerleri, Afet Koordinasyon Merkezi tarafından sağlanan koordinatlar yardımıyla eşşiddet haritalarına dönüştürülmüştür (Şekil 28 ve Şekil 29).

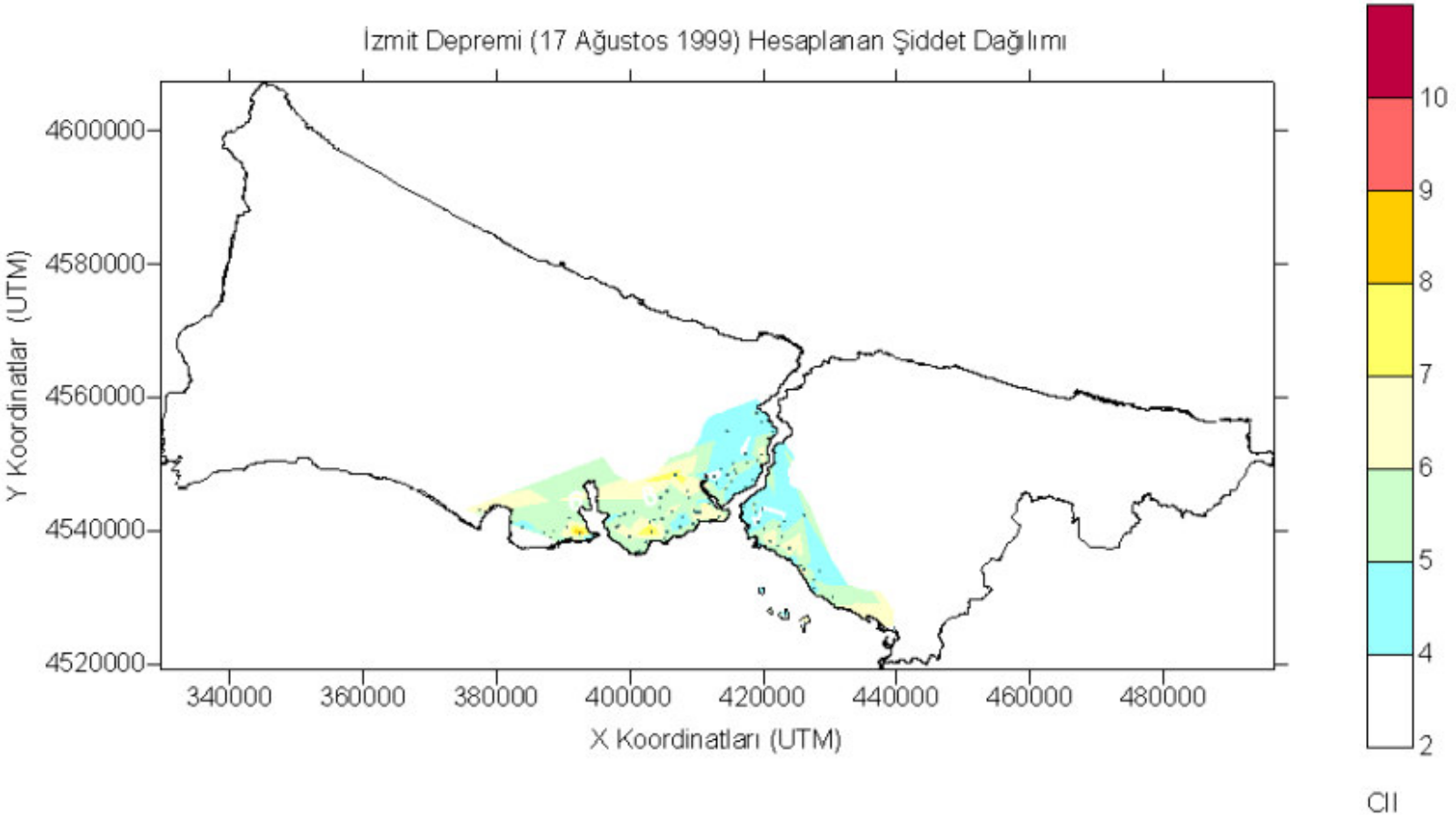
Şekil 28 ve Şekil 29 da görülen eşşiddet haritalarında siyah noktalar deprem şiddet değeri hesaplanmış mahallelerin orta noktalarıdır. Bu harita detaylı incelendiğinde, maksimum şiddetin Bakırköy ve Küçükçekmece ve Avcılar ilçelerinde olduğu görülmektedir. Tarihi yarımadaya bakıldığında, Fatih ve Eminönü ilçesinde de şiddet değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Esenler ilçesindeki tek kayıtta şiddet değeri yüksek çıkmıştır. Fakat çevresinden başka veri olmadığı için o bölgedeki şiddet dağılımının yüksek olması dikkate alınmamalıdır. Anadolu yakasında Kadıköy ilçesinin Göztepe ve Kozyatağı mahallelerinde şiddet değerlerinin Anadolu yakasının diğer bölgelerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Kayıtlar incelendiğinde bu yüksek şiddet değerlerinin yüksek binalardan geldiği anlaşılmıştır. Bilindiği gibi yüksek katlarda depremi yaşayanlar, alt kattakilere göre depremi daha şiddetli hissedebilmektedir.

Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Daire Başkanlığı (AİGM) da İzmit Depremi eşşiddet haritası hazırlamıştır (Şekil 30). Ölçek olarak Değiştirilmiş Mercalli ölçeği ile aynı değerleralan MSK (1964) ölçeği kullanılmıştır. Bu haritaya göre İstanbul İl genelinde şiddet değeri 6 olarak gösterilmiştir. Büyük çekmece ve Avcılar'ı kapsayan bölgede şiddet değerinin 7 olduğu görülmektedir.

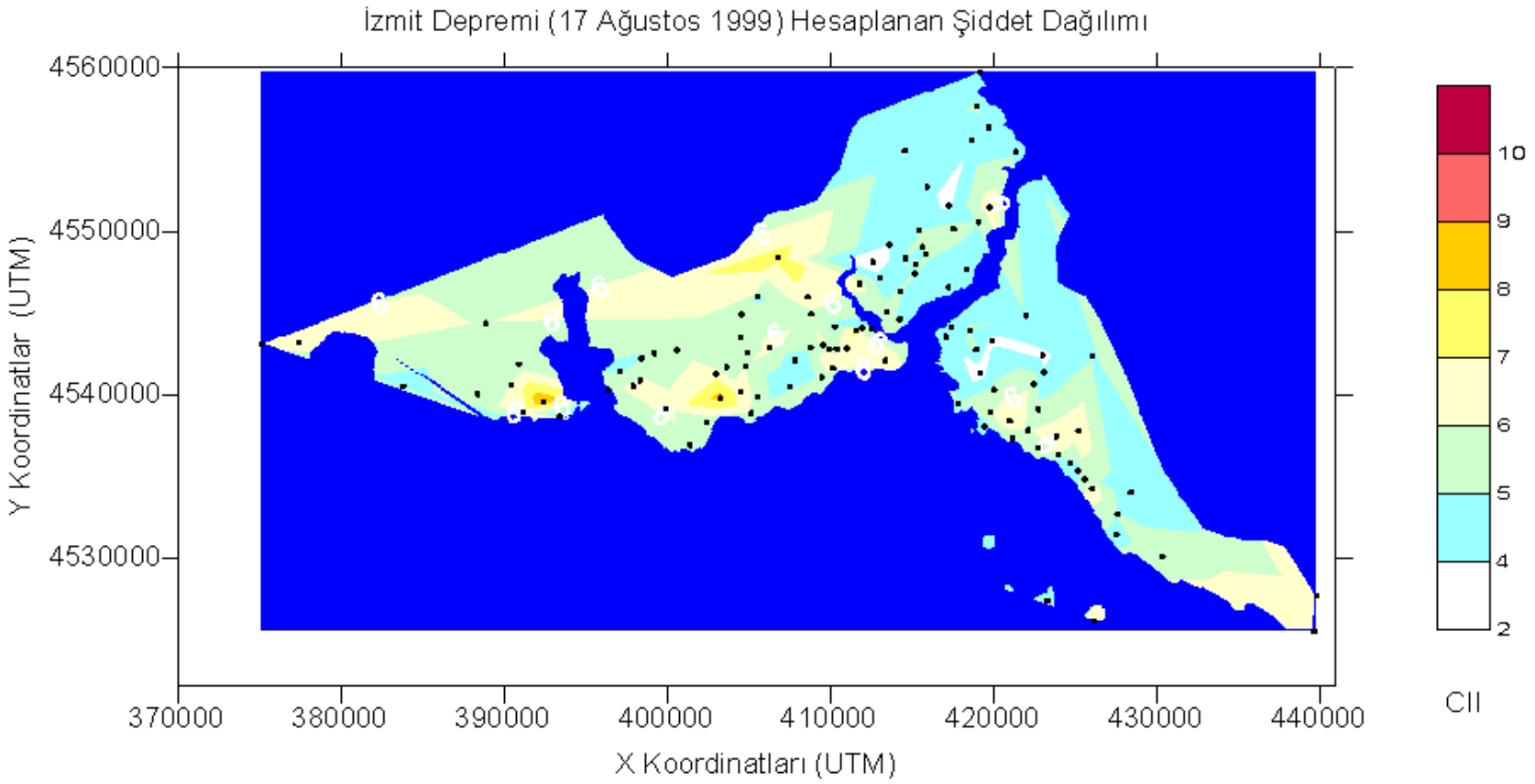
İzmit depremi ağırlıklandırılmış hasar indeks haritasına bakıldığında Bakırköy , Küçükçekmece ve Avcılar ilçesinde hasar indeksinin 15 mertebesinde olduğu görülmektedir. Fatih, Güngören ve Bağcılar ilçelerinde de hasar indeksinin 2,5 ile 5 arasında olduğu görülmektedir.

Şekil 33 ve Şekil 34'te şiddet değerlerinden 3.3 ve 3.4 bağıntıları ile elde edilen

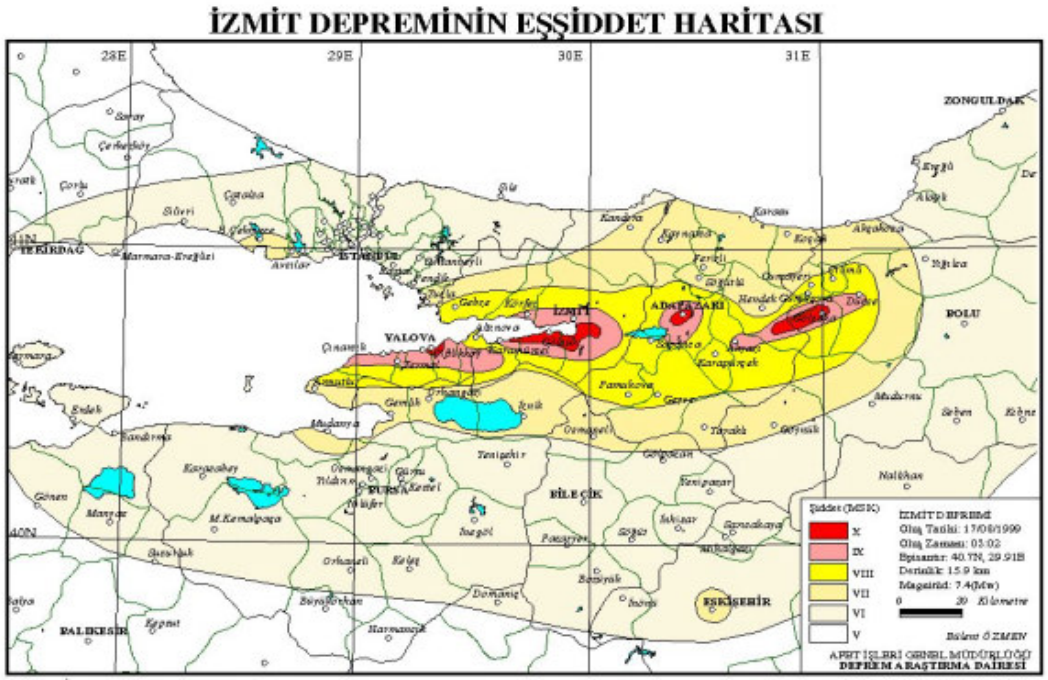
maksimum ivme ve maksimum hız haritaları görülmektedir. Şekil 33'te görülen ivme haritası ile Şekil 31'de Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitü Anabilim Dalı Deprem Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanan harita birbiriyle uyumludur.



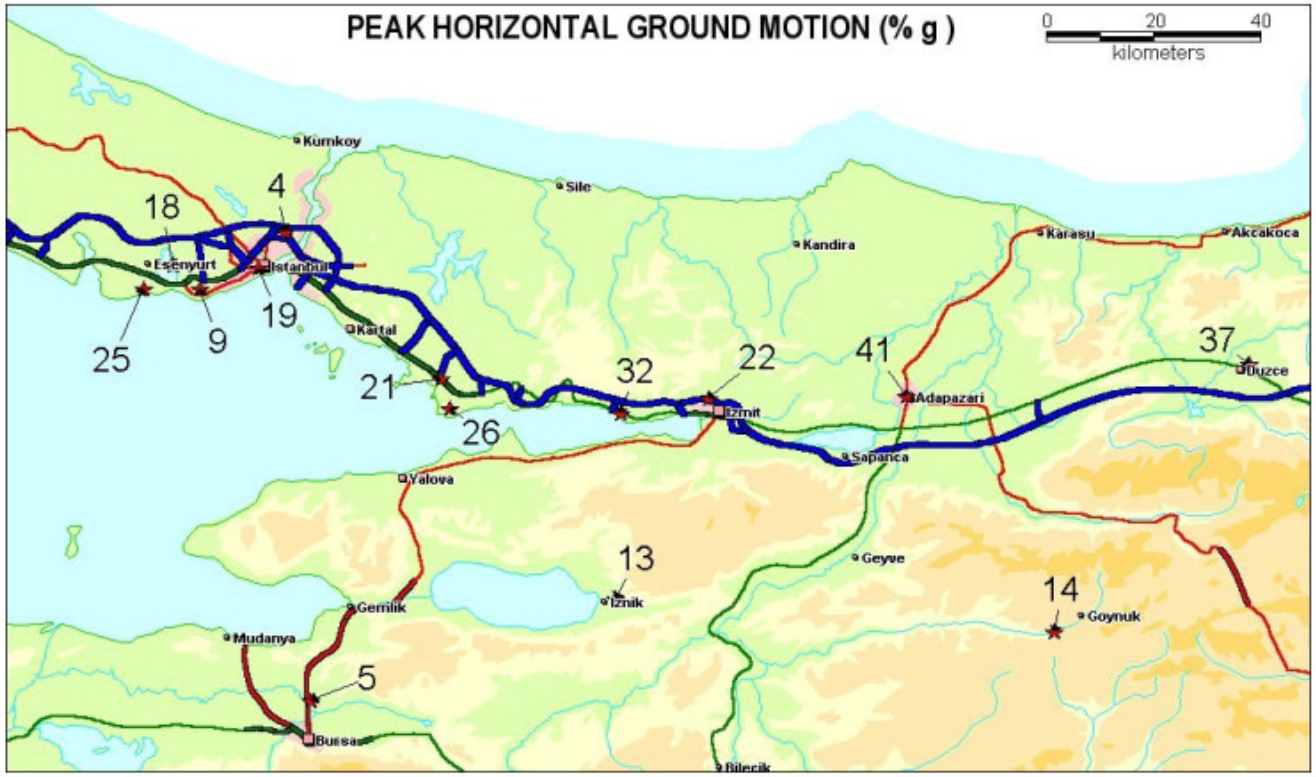
Şekil 28: CII şiddet dağılımının elde edildiği alanın tüm İstanbul İl sınırları içerisindeki konumu



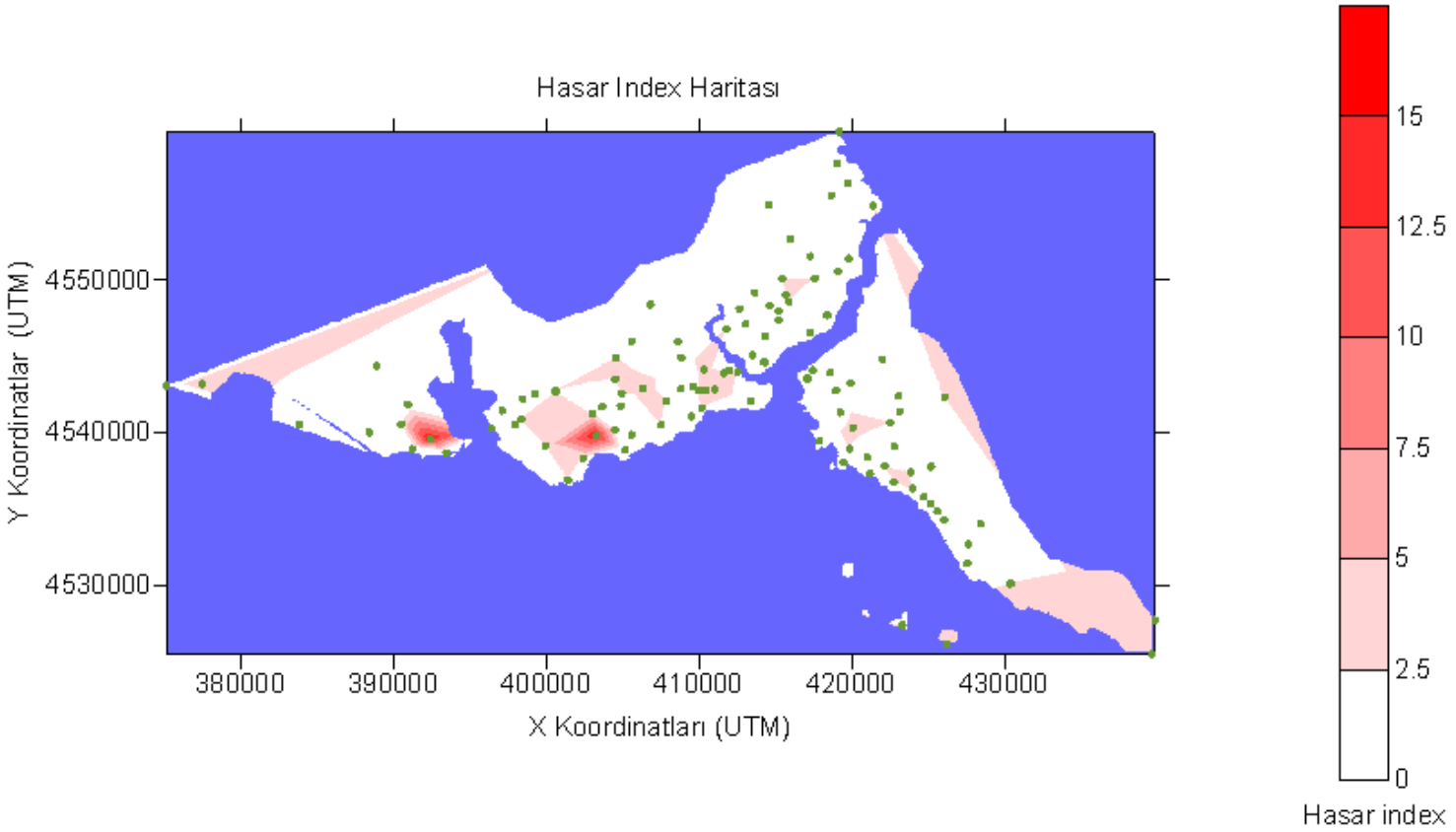
Şekil 29: İzmit Depremi Şiddet Haritası. Tez çalışması kapsamında 150 adet gözlem ile hesaplanmış CII haritasına bakıldığında özellikle Avcılar, Bakırköy ve Küçükçekmece İlçelerinde şiddet değerinin diğer yerlere göre yüksek olduğu görülmektedir.



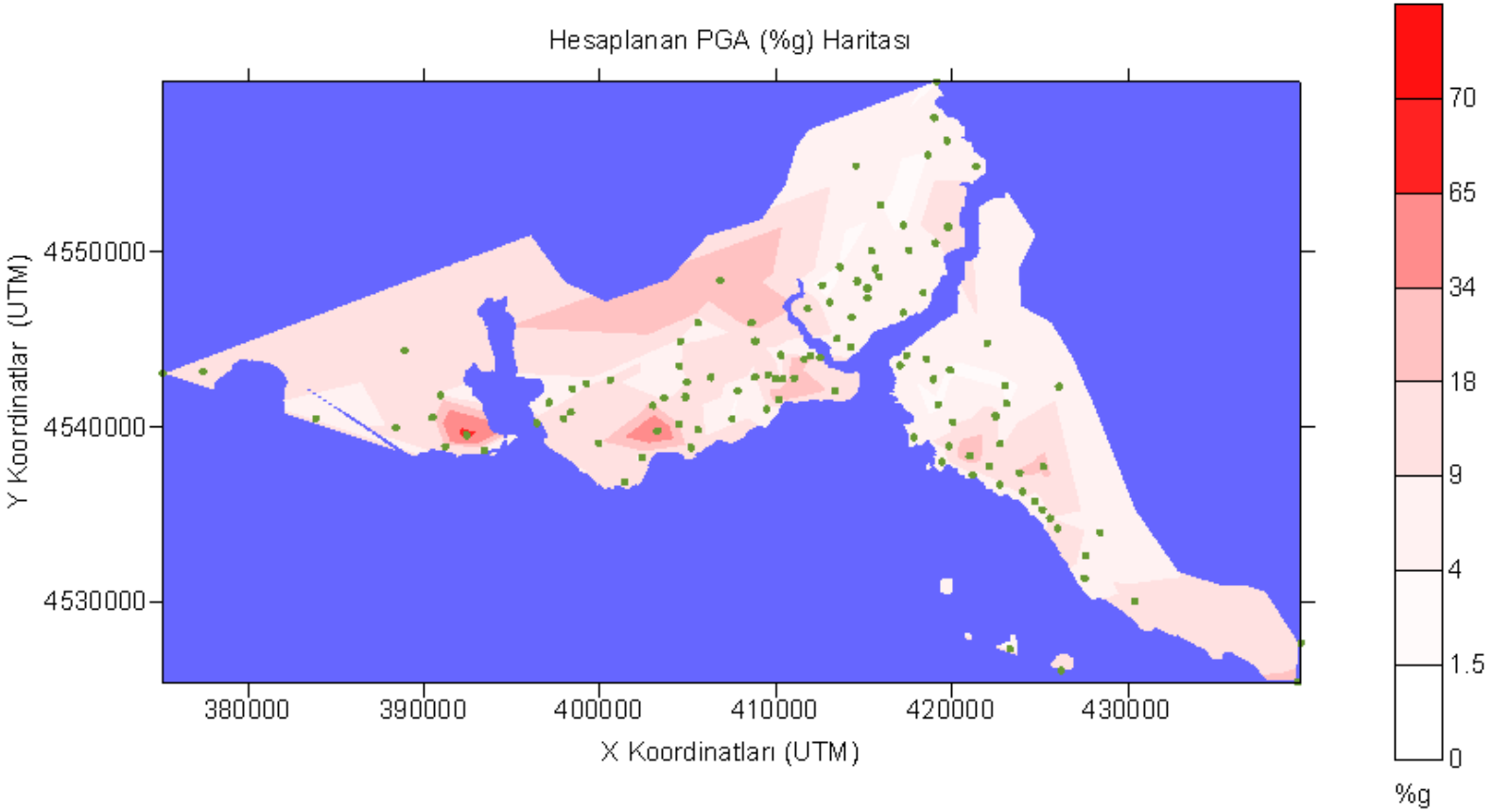
Şekil 30: İzmit Depremi Şiddet Haritası (Üzmen, B.,2000). İstanbul İl sınırlarında en yüksek şiddet değerlerinin Avcılar ve Küçükçekmece İlçelerini içine alan bir bölgede olduğu görülmektedir.



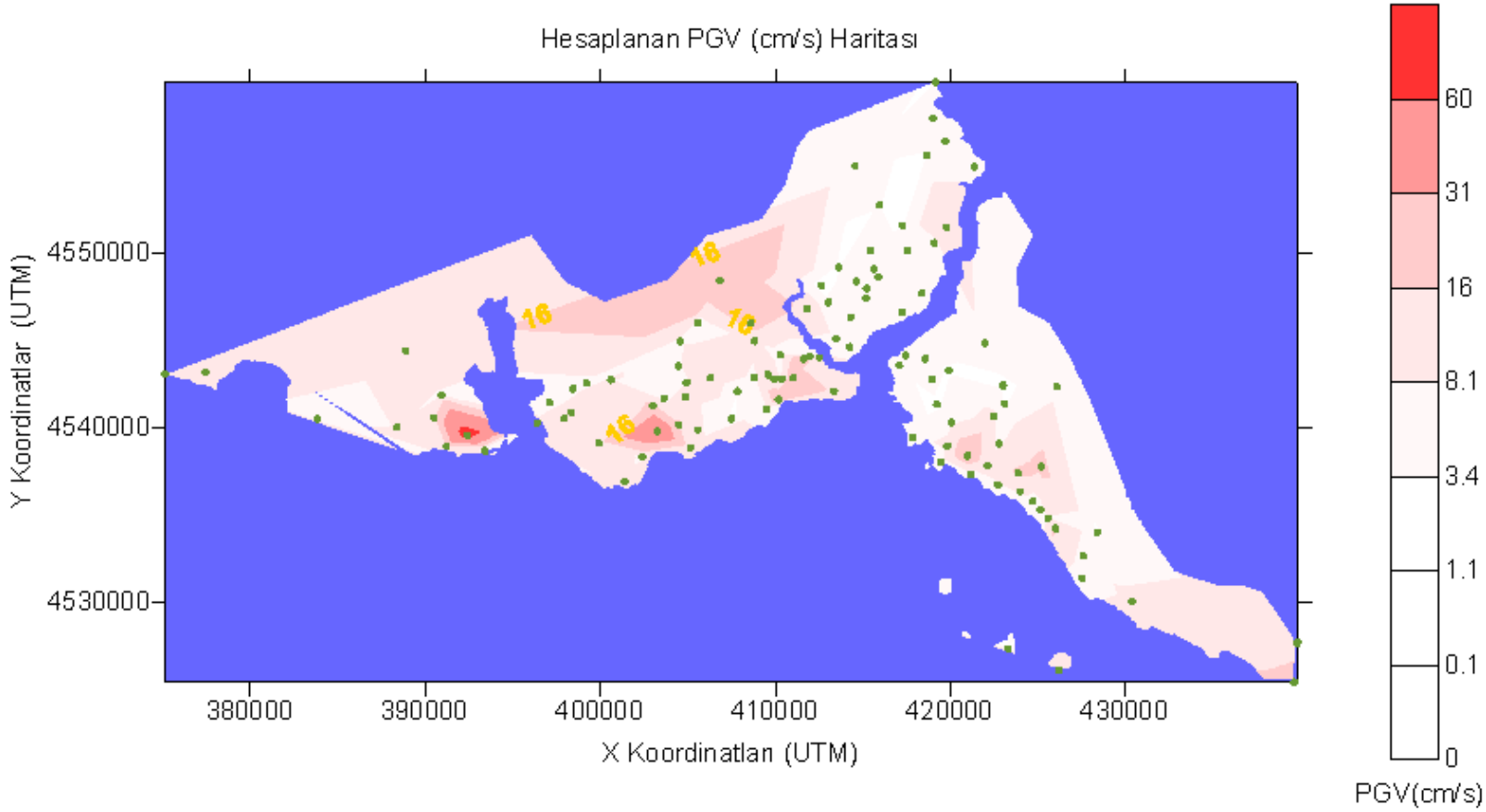
Şekil 31: 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi En Yüksek İvme (PGA) Haritası. Kandilli Rasathanesi Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı ve BİB Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait Kuvvetli Yer Hareketi (Strong Motion) kayıtçıları tarafından elde edilen PGA değerleri görülmektedir.



Şekil 32: Ağırlıklandırılmış Hasar İndeks Haritası. CWS İndekslerinden biri olan Hasar İndeksi Haritasına bakıldığında Avcılar, Küçükçekmece ve Bakırköy İlçelerinin Hasar İndex değerlerini çok yüksek olduğu görülmektedir. Fatih İlçesinde de diğer ilçelere göre hasar indeksinin yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 33: İzmit Depremi PGA Haritası. CII ile elde edilen şiddet değerlerine, Bağıntı 3.3 kullanılarak PGA değerleri hesaplanmıştır.



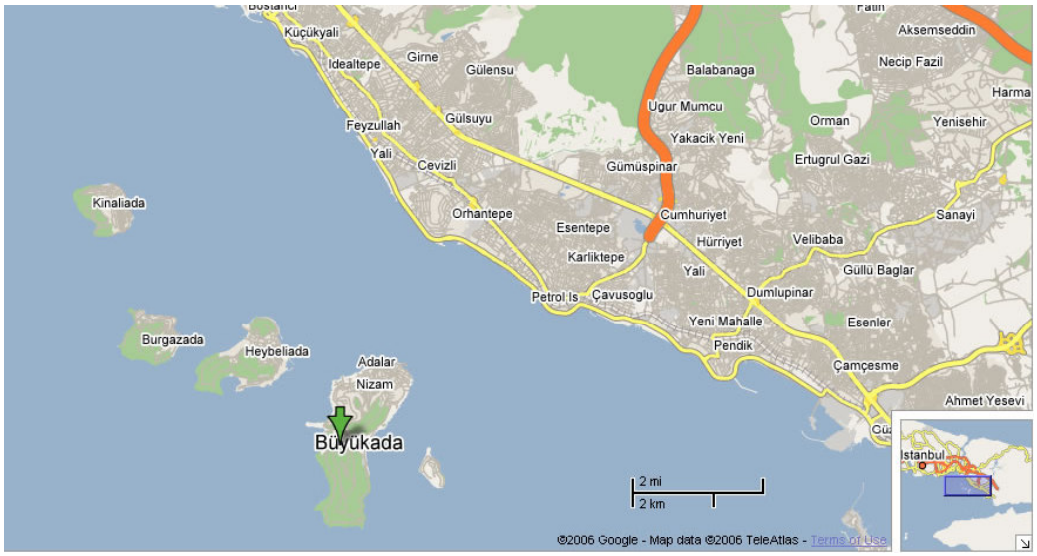
Şekil 34: İzmit Depremi Maksimum Hız Haritası CII ile elde edilen şiddet değerlerine, Bağıntı 3.4 kullanılarak PGV değerleri hesaplanmıştır.

4.1 Aletsel ve Gözlemsel Şiddet Grafikleri

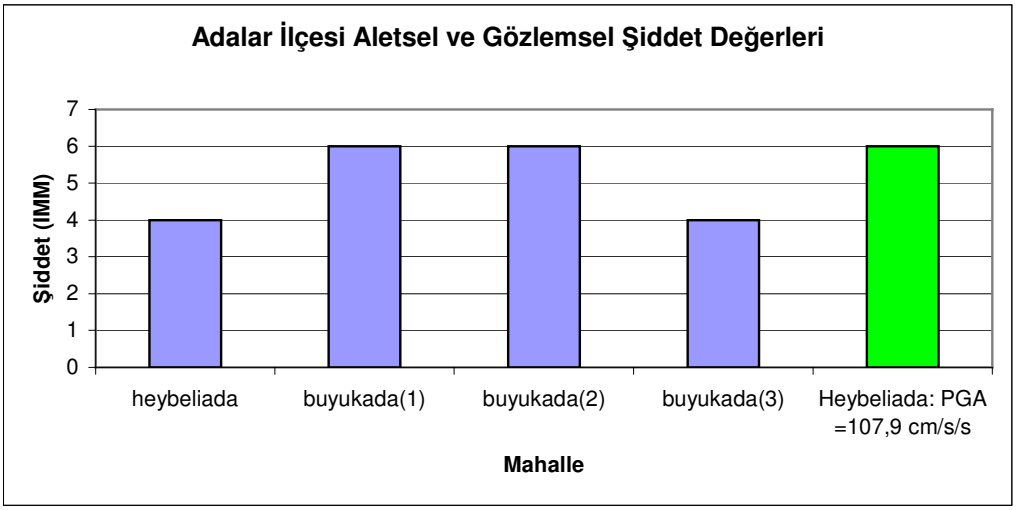
Bu çalışma sırasında elde edilen şiddet değerleri kişilerin gözlemlerinden elde edilmektedir. Deprem şiddeti deprem ivme kayıtlarına yapılan bir dönüşümle de elde edilebilir. Bu yolla gözlemsel değerleri karşılaştırmak da mümkündür. İstanbul için yapılan çalışmada çeşitli ilçelerde kaydedilmiş İzmit depremi kayıtlarının maksimum ivme değerleri kullanılarak, Bağıntı 3.3 yardımıyla şiddet değerleri hesaplanmış ve CII şiddetleri ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada COSMOS kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılmıştır.

4.1.1 Adalar İlçesi

Adalar ilçesinde gözlemlerden hesaplanan CII değerleri ile PGA değerlerine uygulanan dönüşümden hareketle hesaplanan şiddet değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 36'da Adalar ilçesinden (Şekil 35) alınan her kayıt için CII yöntemi ile elde edilen şiddet değerleri gözükmektedir. Grafiğin en sağındaki sütun Adalar ilçesindeki kuvvetli yer hareketi cihazı ile ölçülmüş PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) değerinin şiddet-ivme dönüşümü ile ulaşılmış aletsel şiddet değerini göstermektedir.



Şekil 35: Adalar ilçesi



Şekil 36: Adalar İlçesi Kayıtları

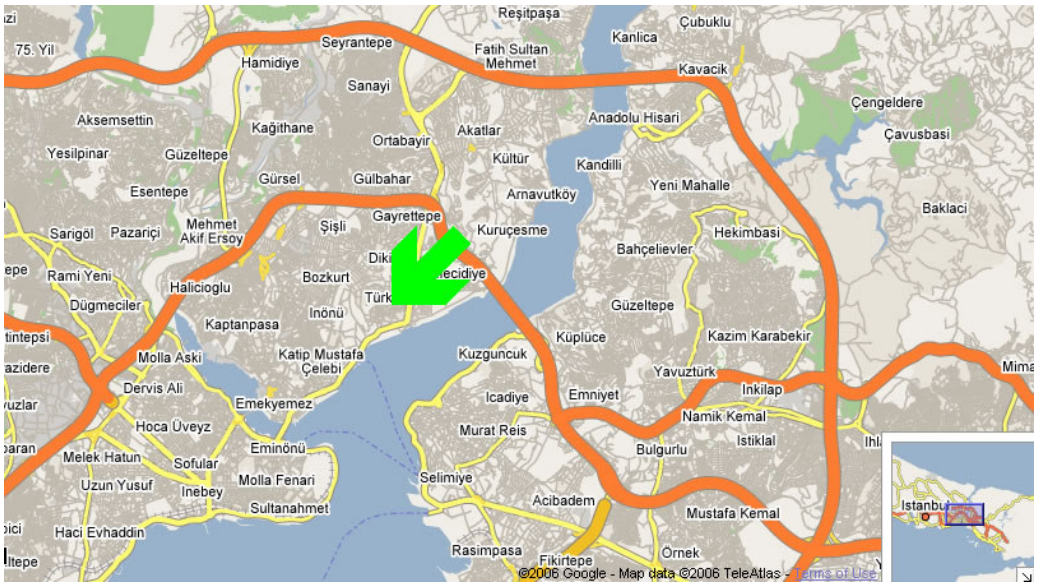
Tablo 4.1'de CII'ın dönüşümler ile hesaplanan İvme (cm/s/s), İvme(%g), Hız(cm/s) değerleri ile Hasar İndeksi verilmektedir. Şekil 36'da görülen grafiğe bakıldığında, Heybeliada'da aletsel şiddet değerinin Büyükada'daki iki gözlemle uyum gösterdiği görülmektedir. Heybeliada ve Büyükada (3)'da hesaplanan şiddet, diğer gözlemler ve aletsel şiddete göre düşük çıkmıştır.

Tablo 4.1: Adalar İlçesi Kayıtları

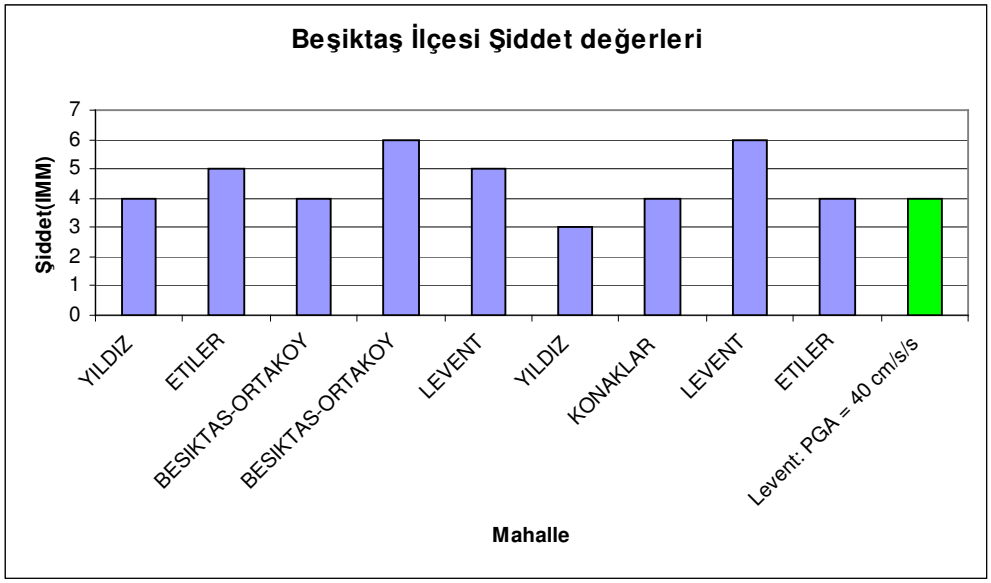
Kayıt	IMM	İvme(cm/s/s)	%g	Hız (cm/s)	Hasar İndeksi	İlçe	Mahalle
1	4	36,7	3,7	3,1	0	adalar	heybeliada
2	6	161,9	16,5	14,9	5	adalar	buyukada(1)
3	6	109,6	11,2	9,9	0	adalar	buyukada(2)
4	4	43,6	4,4	3,7	0	adalar	buyukada(3)

4.1.2 Beşiktaş İlçesi

Beşiktaş ilçesinde gözlemlerden hesaplanan CII değerleri ile PGA değerlerine uygulanan dönüşümden hareketle hesaplanan şiddet değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 38'de görülen grafikte Beşiktaş ilçesinden (Şekil37) alınan her kayıt için CII yöntemi ile elde edilen şiddet değerleri gözükmektedir.



Şekil 37: Beşiktaş ilçesi



Şekil 38: Beşiktaş İlçesi Kayıtları

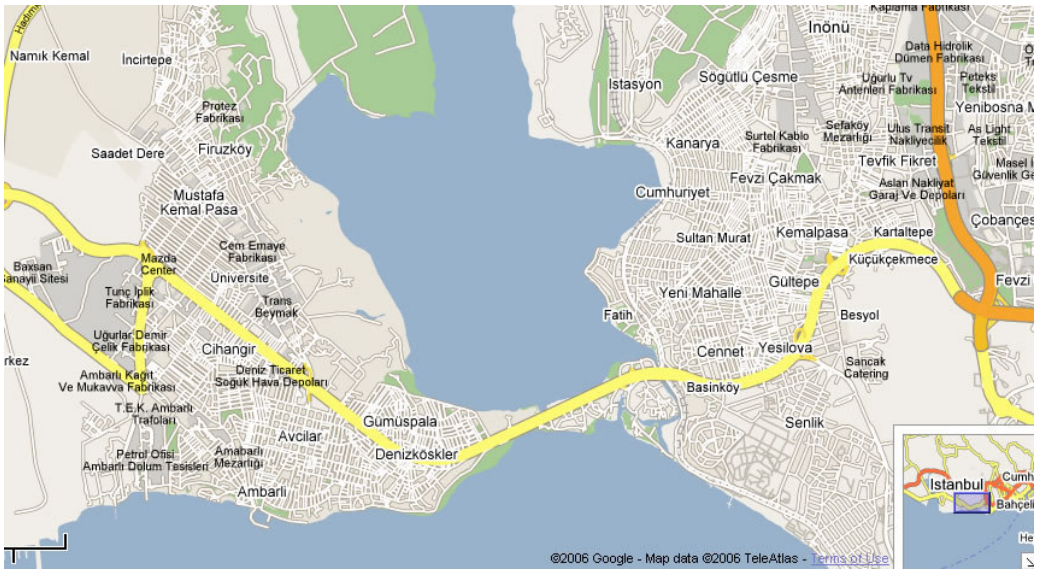
Şekil 38'de en sağda görülen sütun (yeşil) Beşiktaş ilçesindeki kuvvetli yer hareketi cihazı ile ölçülmüş PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) değerinin şiddet-ivme dönüşümü ile ulaşılmış aletsel şiddet değerini göstermektedir.

Tablo 4.2: Beşiktaş İlçesi Kayıtları

Kayıt	IMM	İvme(cm/s/s)	%g	Hız (cm/s)	Hasar İndeksi	İlçe	Mahalle
1	4	43,6	4,4	3,7	0	besiktas	YILDIZ
2	5	68,0	6,9	6,0	0	besiktas	ETILER
3	4	47,3	4,8	4,1	2,5	besiktas	BESIKTAS-ORTAKOY
4	6	121,6	12,4	11,1	0	besiktas	BESIKTAS-ORTAKOY
5	5	82,4	8,4	7,3	2,5	besiktas	LEVENT
6	3	24,9	2,5	2,1	0	besiktas	YILDIZ
7	4	30,5	3,1	2,6	0	besiktas	KONAKLAR
8	6	134,4	13,7	12,3	0	besiktas	LEVENT
9	4	43,6	4,4	3,7	0	besiktas	ETILER

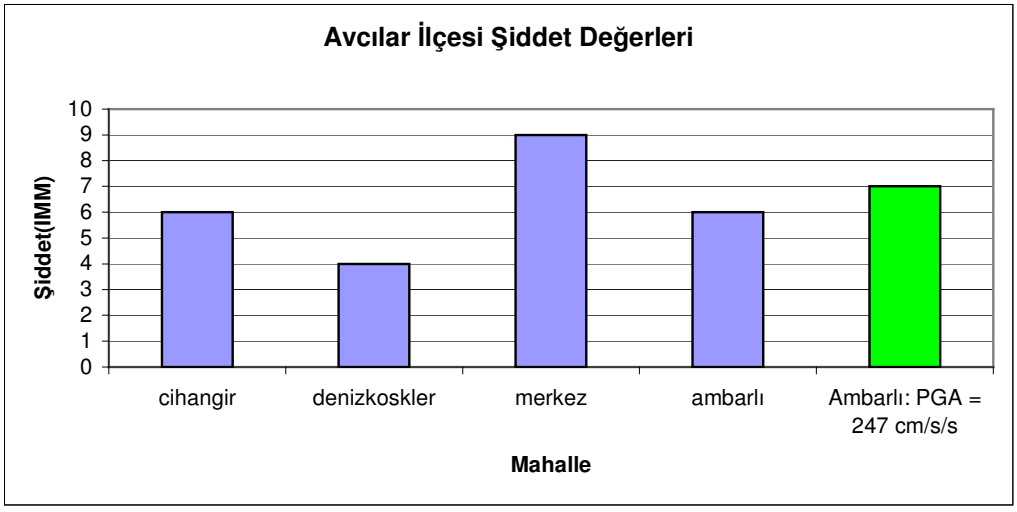
4.1.3 Avcılar İlçesi

Avcılar ilçesinde gözlemlerden hesaplanan CII değerleri ile PGA değerlerine uygulanan dönüşümden hareketle hesaplanan şiddet değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 39' da Avcılar ilçesinin haritası görülmektedir.



Şekil 39: Avcılar ilçesi

Şekil 40'ta görülen grafikte Avcılar ilçesinden (Şekil 39) alınan her kayıt için CII yöntemi ile elde edilen şiddet değerleri gözükmektedir. Grafiğin en sağındaki sütun Avcılar ilçesindeki kuvvetli yer hareketi cihazı ile ölçülmüş PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) değerinin şiddet-ivme dönüşümü ile ulaşılmış aletsel şiddet değerini göstermektedir.



Şekil 40: Avcılar İlçesi Kayıtları

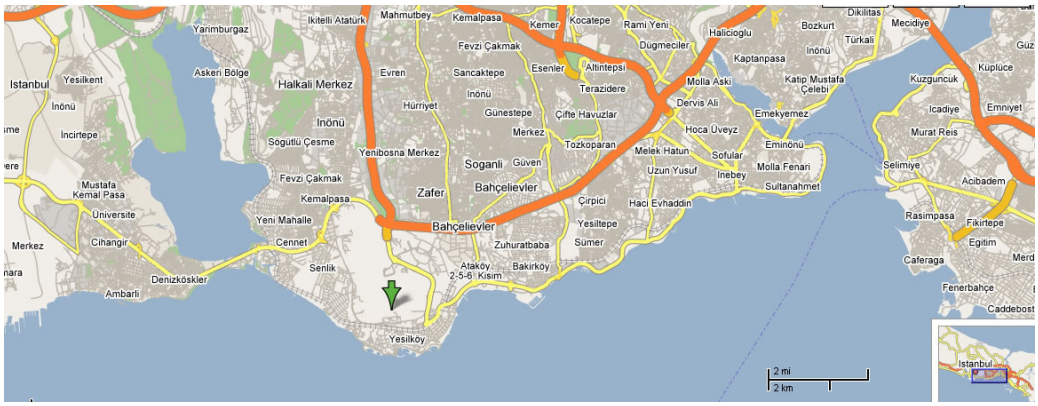
Avcılar ilçesi için gözlemlerden elde edilen şiddet değerlerine bakıldığında (Şekil 40), Avcılar Merkez mahallesindeki bir kayıtta şiddet değerinin IX olduğu görülmektedir. Bu gözlem formunda, bu yapının depremde yıkılmış olduğu belirtilmiştir.

Tablo 4.3: Avcılar İlçesi Kayıtları

Kayıt	IMM	İvme(cm/s/s)	%g	Hız (cm/s)	Hasar İndeksi	İlçe	Mahalle
1	6	127,9	13,1	11,7	2,5	avcilar	cihangir
2	4	36,7	3,7	3,1	0	avcilar	denizkoskler
3	9	745,0	76,0	74,8	15	avcilar	merkez
4	6	161,9	16,5	14,9	0	avcilar	ambarlı

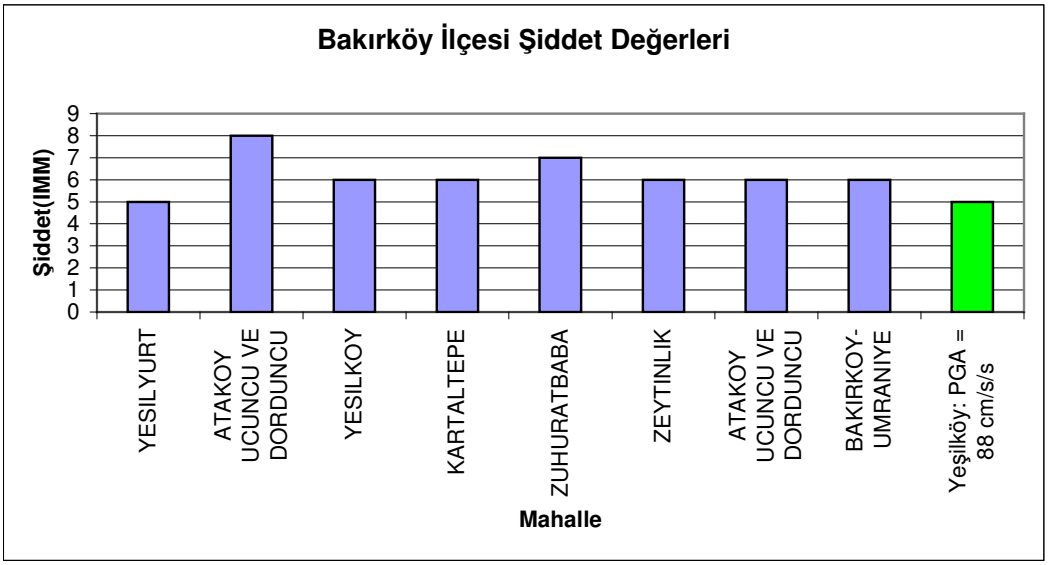
4.1.4 Bakırköy İlçesi

Bakırköy ilçesinde gözlemlerden hesaplanan CII değerleri ile PGA değerlerine uygulanan dönüşümden hareketle hesaplanan şiddet değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 41' de Bakırköy ilçesinin haritası görülmektedir.



Şekil 41: Bakırköy ilçesi

Şekil 42'de görülen grafikte Bakırköy ilçesinden (Şekil41) alınan her kayıt için CII yöntemi ile elde edilen şiddet değerleri gözükmektedir. Grafiğin en sağındaki sütun Bakırköy ilçesindeki kuvvetli yer hareketi cihazı ile ölçülmüş PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) değerinin şiddet-ivme dönüşümü ile ulaşılmış aletsel şiddet değerini göstermektedir.



Şekil 42: Bakırköy İlçesi Kayıtları

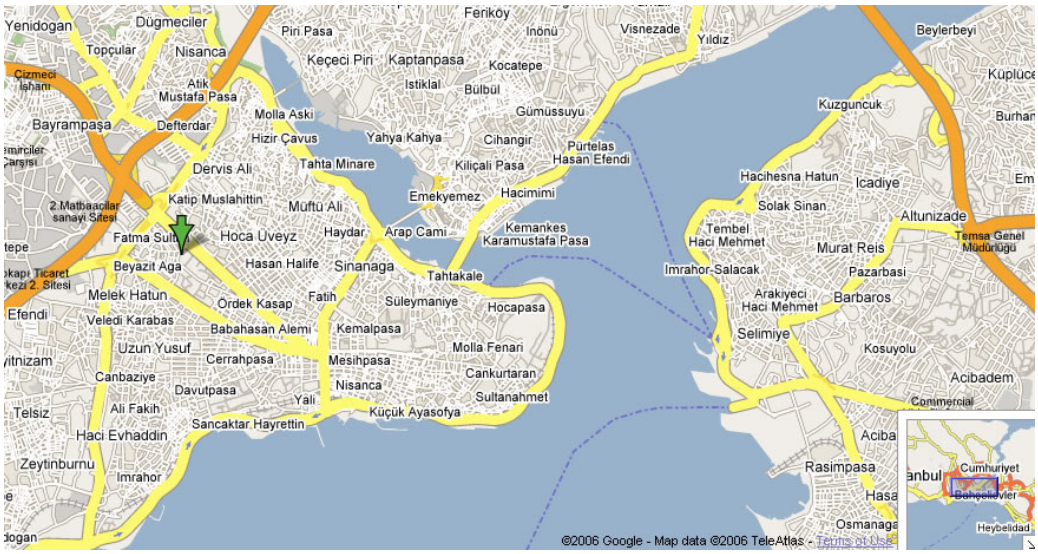
Bakırköy ilçesinde alınan kayıtların listesi Tablo 4.4'te görülmektedir. Gözlemlerden elde edilen şiddet değerlerinin VI civarında olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4: Bakırköy İlçesi Kayıtları

Kayıt	IMM	İvme(cm/s/s)	%g	Hız (cm/s)	Hasar İndeksi	İlçe	Mahalle
1	5	82,4	8,4	7,3	2,5	bakirkoy	YESILYURT
2	8	563,4	57,5	55,7	15	bakirkoy	ATAKOY UCUNCU VE DORDUNCU
3	6	103,8	10,6	9,4	2,5	bakirkoy	YESILKOY
4	6	103,8	10,6	9,4	2,5	bakirkoy	KARTALTEPE
5	7	184,3	18,8	17,1	2,5	bakirkoy	ZUHURATBABA
6	6	121,6	12,4	11,1	0	bakirkoy	ZEYTINLIK
7	6	134,4	13,7	12,3	0	bakirkoy	ATAKOY UCUNCU VE DORDUNCU
8	6	141,0	14,4	12,9	2,5	bakirkoy	BAKIRKOY-UMRANIYE

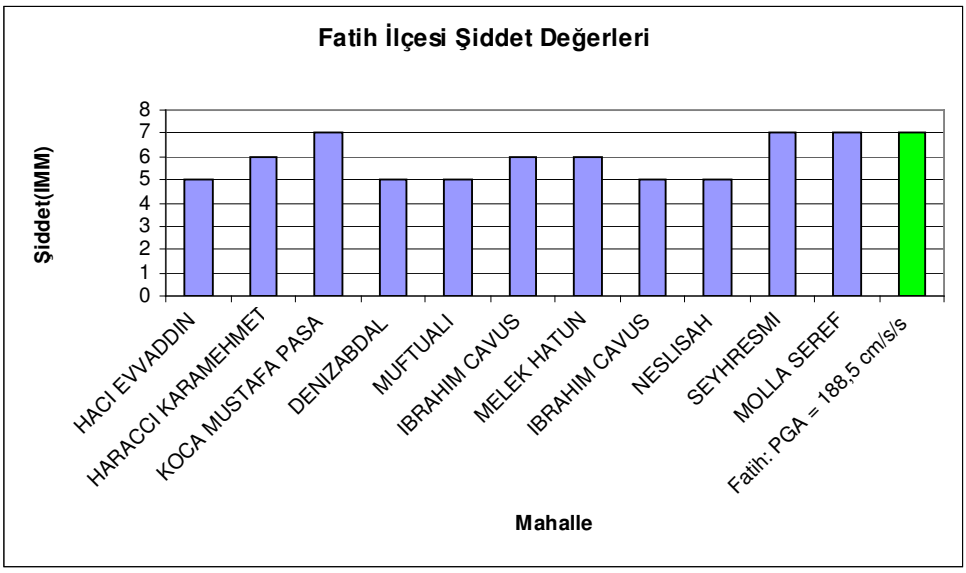
4.1.5 Fatih İlçesi

Fatih ilçesinde gözlemlerden hesaplanan CII değerleri ile PGA değerlerine uygulanan dönüşümden hareketle hesaplanan şiddet değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 41' de Fatih ilçesinin haritası görülmektedir.



Şekil 43: Fatih ilçesi

Şekil 44'te görülen grafikte Fatih ilçesinden (Şekil43) alınan her kayıt için CII yöntemi ile elde edilen şiddet değerleri gözükmektedir. Grafiğin en sağındaki sütun Fatih ilçesindeki kuvvetli yer hareketi cihazı ile ölçülmüş PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) değerinin şiddet-ivme dönüşümü ile ulaşılmış aletsel şiddet değerini göstermektedir.



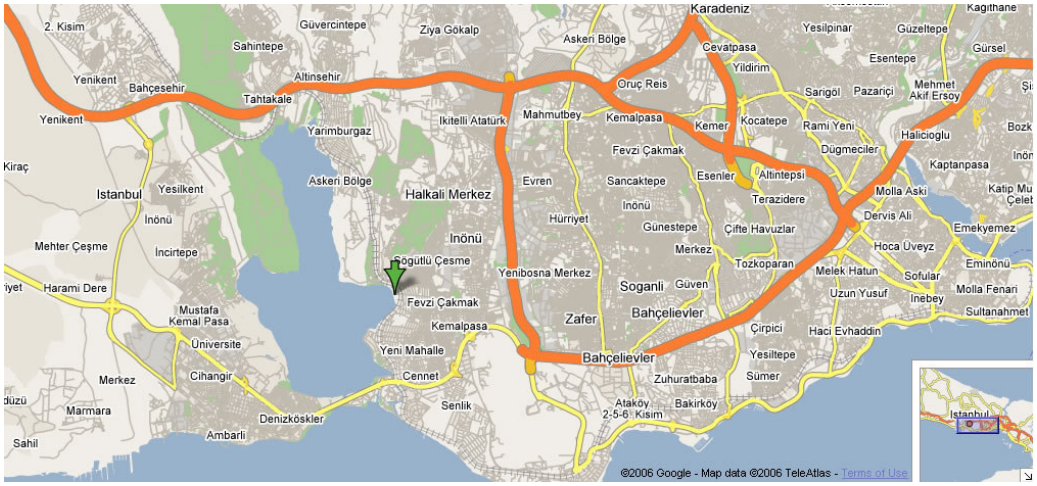
Şekil 44: Fatih İlçesi Kayıtları

Tablo 4.5:Fatih İlçesi Kayıtları

Kayıt	IMM	İvme(cm/s/s)	%g	Hız (cm/s)	Hasar İndeksi	İlçe	Mahalle
1	5	77,4	7,9	6,9	0	fatih	HACI EVVADDIN
2	6	92,8	9,5	8,3	2,5	fatih	HARACCI KARAMEHMET
3	7	233,8	23,9	22,0	2,5	fatih	KOCA MUSTAFA PASA
4	5	87,5	8,9	7,8	5	fatih	DENIZABDAL
5	5	51,1	5,2	4,4	0	fatih	MUFTUALI
6	6	115,5	11,8	10,5	2,5	fatih	IBRAHIM CAVUS
7	6	147,8	15,1	13,6	0	fatih	MELEK HATUN
8	5	87,5	8,9	7,8	0	fatih	IBRAHIM CAVUS
9	5	57,1	5,8	5,0	3,75	fatih	NESLISAH
10	7	279,8	28,6	26,6	5	fatih	SEYHRESMI
11	7	225,1	23,0	21,2	5	fatih	MOLLA SEREF

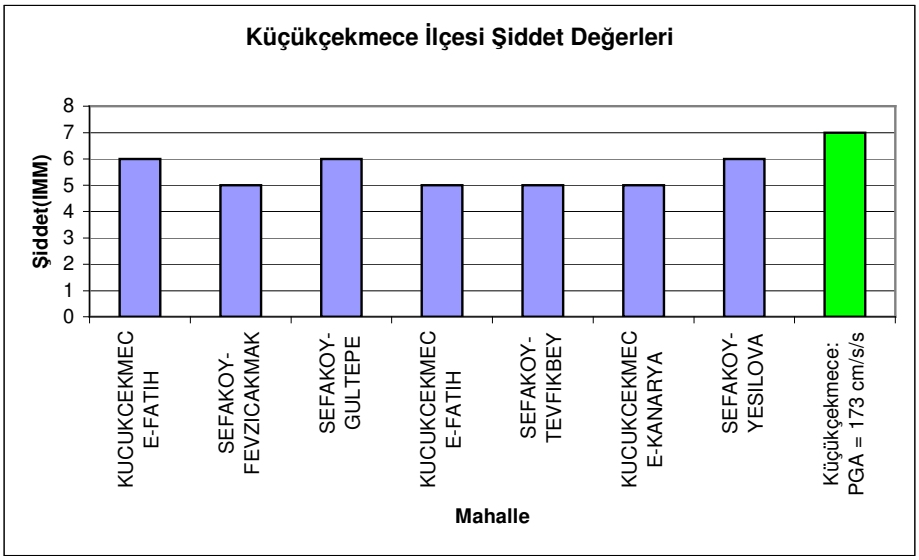
4.1.6 Küçükçekmece İlçesi

Küçükçekmece ilçesinde gözlemlerden hesaplanan CII değerleri ile PGA değerlerine uygulanan dönüşümden hareketle hesaplanan şiddet değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 45' de Küçükçekmece ilçesinin haritası görülmektedir.



Şekil 45: Küçükçekmece ilçesi

Şekil 46' da görülen grafikte Küçükçekmece ilçesinden (Şekil 45) alınan her kayıt için CII yöntemi ile elde edilen şiddet değerleri gözükmektedir. Grafiğin en sağındaki sütun Küçükçekmece ilçesindeki kuvvetli yer hareketi cihazı ile ölçülmüş PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) değerinin şiddet-ivme dönüşümü ile ulaşılmış aletsel şiddet değerini göstermektedir.



Şekil 46:Küçükçekmece İlçesi Kayıtları

Tablo 4.6: Küçükçekmece İlçesi Kayıtları

Kayıt	IMM	İvme(cm/s/s)	%g	Hız (cm/s)	Hasar İndeksi	İlçe	Mahalle
1	6	103,8	10,6	9,4	2,5	kucukcekmece	KUCUKCEKMECE-FATIH
2	5	63,5	6,5	5,6	2,5	kucukcekmece	SEFAKOY-FEVZICAKMAK
3	6	127,9	13,1	11,7	2,5	kucukcekmece	SEFAKOY-GULTEPE
4	5	68,0	6,9	6,0	0	kucukcekmece	KUCUKCEKMECE-FATIH
5	5	77,4	7,9	6,9	0	kucukcekmece	SEFAKOY-TEVFIKBEY
6	5	59,2	6,0	5,2	0	kucukcekmece	KUCUKCEKMECE-KANARYA
7	6	141,0	14,4	12,9	2,5	kucukcekmece	SEFAKOY-YESILOVA

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bir deprem olduğunda depremden etkilenen bölgelerin hızlı bir biçimde belirlenmesi deprem sonrası afet yönetim çalışmalarının etkili bir biçimde yapılabilmesi açısından önemlidir. Bir depremin oluş zamanı, yeri ve büyüklüğü sismograflar tarafından kaydedilen verilerle çok kısa sürede bulunabilmektedir. Bir depremin olduğu yerdeki enerjisinin karşılığı olan deprem büyüklüğü ile depremin nereleri etkileyebileceği bulunabilmektedir. Ancak deprem sırasında bulunulan yerin depremden uzaklığına, zemin özelliklerine, bina türüne ve kat sayısına göre depremin etkisi farklı olmaktadır. Bu nedenle tek başına depremin yeri ve büyüklüğü bilgisi, deprem bölgesinin etkilenme düzeyini belirlemekte yeterli değildir. Bunlara ek olarak, hissedilme alanı ve hasar alanı bilgisi de deprem etkilerinin belirlenebilmesi ve deprem sonrası afet yönetim çalışmaları etkinliği açısından önemlidir. Hissedilme alanı kuvvetli yer hareketi kayıtçıları ile hızlı bir biçimde bulunabilmektedir. Ancak Türkiye'nin her yerinde deprem hissedilme alanını veya diğer bir deyişle makrosismik bölgeyi detaylı olarak verebilecek sayı ve kapsamda kuvvetli yer hareketi kayıtçıları ağı bulunmamaktadır. Deprem kaydeden cihazların bulunmadığı dönemden bu yana, depremin canlılar, yapılar ve toprak üzerine etkilerinin sınıflandırılarak oluşturulan deprem şiddet ölçeği kullanılarak depremin hissedilme alanı ve hasar alanı bulunabilir. Depremin bulunduğumuz noktadaki şiddeti, bir deprem olduktan sonra depremi hissedenler tarafından yapılan gözlem ve tanımlardan hareketle belirlenebilmektedir. Deprem sırasında bulunulan yerin depremden uzaklığına, zemin özelliklerine, bina türüne ve kat sayısına göre hissedilme şiddeti farklı olmaktadır. Depremi yaşayan kişilerin bulundukları konumdaki eşyaların davranışları da depremin şiddeti hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgiler derlenerek haritalandığında depremin yeri, büyüklüğü, hasar alanı, hissedilme alanı ve şiddet dağılımı bulunabilir. Deprem şiddetinin elde edilebilmesi için yapılan çalışmaların biri, deprem bölgesine anket formları göndermek ve bu şekilde elde edilen deprem gözlemlerinden şiddet ataması yapmaktır. Bu yöntemle şiddet dağılımının belirlenme süresinin uzunluğunu, anketin

ulaşım ve bir kişi tarafından değerlendirme süresi etkilemektedir. Deprem şiddet dağılımını belirlenmesine yönelik yapılan bir diğer çalışma sistemi de saha gözlemleridir. Sismolog ve Deprem Mühendisleri, depremin kişiler, yapılar ve doğadaki etkisine göre deprem şiddet dağılımını belirlemek için deprem bölgesine giderek gözlemler yapmaktadırlar. Uzman saha gözlemleri sonucu topladığı verilerden bir eşşiddet haritası çizmekte, veri sayısına ve bölgenin genelinden alınıp alınmadığına göre haritanın çözünürlüğü değişmektedir. Ziyaret edilen bölgedeki verilerin toplanması ve dönüşümler için yardımcı yazılımlar da kullanılabilmektedir. SEISAN programı altında çalışan PROMAC yazılımı da bu amaçla kullanılan programlardan biridir. Bir uzmanın belli bir sürede gezebileceği yer sayısının sınırlı olması nedeniyle, çok sayıda veri toplamada güçlük çekilmektedir. Ayrıca büyük bir depremden sonra ulaşımda yaşanacak güçlükler de deprem şiddet haritasının oluşturulması uzun zaman almaktadır. Bu nedenle bu yöntemle elde edilen deprem şiddeti, afet sonrası çalışmalarda kullanılabilecek kadar hızlı elde edilememektedir.

Deprem şiddet dağılımı bilgisinin depremi yaşayan kişilerin doğrudan ilettikleri bilgilere göre belirlenmesi için yapılan çalışmalardan biri, Dengler ve Dewey (1998)'in 1994 Northridge depremi için yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada deprem şiddet anket formu soruları düzenlenmiş ve bu sorular yapılan telefon görüşmeleri ile depremi hisseden kişilere sorulmuş, geliştirilen bir algoritma yardımıyla şiddet değerleri elde edilmiştir.

Deprem şiddetinin, deprem sonrası afet yönetim çalışmalarında kullanılması için deprem gözlemlerinin çok hızlı bir biçimde elde edilebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, günümüzde bu anketler Internet üzerinden de yapılabilmektedir (Qamar ve diğ.; Cajka ve Halchuk, 1998;Wald ve diğ., 1998). Internet kullanmanın en büyük yararı çok sayıda Internet kullanıcısına çok kısa bir sürede ulaşılması ve aynı anda birçoğundan gözlem toplanabilmesidir. Bu konuyla ilgili bir ön çalışma Türkiye'de Sevilgen (2001) tarafından da yapılmıştır. Bu çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından hazırlanmış deprem hissetme anket formu soruları düzenlenerek kişilerin Internet'ten katılımlarına imkan verecek hale getirilmiştir. Bu sayede bir formun posta yoluyla uzmanlara ulaşması günler sürerken, Internet sayesinde saniyeler mertebesinde bu bilgilere ulaşılması mümkün olabilmektedir.

Dengler ve Dewey (1998)'in yaklaşımı bir uzmanın zaman gerektiren çalışmasıyla belirlenebilecek şiddeti, doğrudan ve hemen uygulanabilecek bir dönüşümle elde edilmesini sağladığı için Internet üzerinden elektronik olarak kayıt toplamak için çok uygundur (Wald ve diğ, 1999). Bu yaklaşım ve algoritma temel alınarak Wald ve diğ. (1999) tarafından Internet üzerinden şiddet belirleme için kullanılmıştır. Bu çalışmada Dengler ve Dewey (1998)'in şiddet hesaplama yönteminden CII (Community Internet Intensity-İnternet Şiddeti) hesaplama yöntemi geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen bir web algoritması ile, 17 Ağustos 1999 İzmit depremini İstanbul il sınırları içerisinde hisseden kişilerin gözlemleri elde edilmiş ve CII (Wald ve diğ., 1998) değerleri hesaplanmıştır. Bu gözlemlerin haritalanabilmesi için gözlemin yapıldığı koordinatlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu bilginin elde edilebilmesi için ilçe ve mahalle koordinatları içeren bir veritabanı hazırlanmıştır. Bu yöntemde İstanbul ili için mahalle bazında deprem şiddet haritaları hazırlanmıştır. İstanbul'da 150 kayıt ile yapılan çalışmada, şiddet dağılım haritası, hasar indeks dağılım haritası, şiddet değerlerine uygulanan dönüşümlerle elde edilen PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) haritası ve PGV (Peak Ground Velocity-En Yüksek Hız) haritaları elde edilmiştir. Adalar, Avcılar, Bakırköy, Beşiktaş, Fatih, Küçükçekmece ilçelerinde kaydedilen İzmit Depremi ivme kayıtları ivme - şiddet dönüşümü ile şiddet değerleri elde edilmiştir. İvme dönüşümünden elde edilen şiddet değerleri ile İnternet kullanılarak elde edilen şiddet değerleri bu ilçeler için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Bu haritalar 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi sonrasında hazırlanan Değiştirilmiş Mercalli şiddet haritalarıyla da karşılaştırılmıştır. Ayrıca 17 Ağustos İzmit depreminin ivme kayıtlarına uygulanan Şiddet-PGA (Peak Ground Acceleration-En Yüksek İvme) (Wald ve diğ.,1999b) dönüşümü ile elde edilen şiddet değerleri Internet kullanılarak elde edilen şiddet değerleri ile karşılaştırılmıştır. 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi için CII yöntemi ile elde edilen haritaların gözlem sayısı sınırlı olmakla birlikte MM ile ve PGA haritaları ile uyumlu oldukları görülmüştür.

Sonuç olarak, CII Yöntemi ile hızlı, kolay ve ekonomik bir biçimde deprem şiddet dağılımı bilgisine ulaşmak mümkündür. Bu hızlı bilgi Mevcut Kuvvetli Yer Hareketi kayıtları da karşılaştırılabilir. Bu şekilde bir deprem olduktan hemen sonra, deprem etkilerinin hızla belirlenebilmesi mümkün olabilecektir.

Internet kullanılarak deprem şiddetinin belirleme çalışmalarında gelecekte, kişilerin deprem gözlemlerini daha iyi anlatabilecekleri daha gelişmiş bir anket sistemi ile hesaplamalarda kullanılan bağıntının geliştirilmesi, deprem şiddeti konusunda eğitimli üyeler ile birlikte sistemin daha hassas sonuçlar verir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

5.1 Yöntemin Avantajları

CII ile deprem şiddet dağılımının belirlenmesi, birçok açıdan avantajlıdır. Bunlar:

- Düşük Yatırım maliyeti.

İletişim sistemi olarak internet altyapısını kullandığı için işletme maliyeti son derece düşüktür.

- Hızlıdır

Deprem şiddet hesabı otomatik olarak anında yapıldığı için son derece hızlıdır.

- İletişim ağı hazırdır.

Gönüllü katılımcılara dayandığı ve internet altyapısını kullandığı için bir deprem olduğunda bu kişilere ulaşılması için gerekli altyapı hazırdır.

- Her yerden ulaşılabilir.

Internet bağlantısı bulunan her yerden veri girişi ve çıkışı yapılabilmektedir.

- Bina yükseklikleri hakkında bilgi verebilmektedir.

Kayıt esnasında bina tipi ve yüksekliği de girildiği için bu bilgiler de toplanabilmektedir.

5.2 Yöntemin Dezavantajları

Şu anki gelişim düzeyi ile bu yöntemin de bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Bunlar:

- Gönüllülük esasın dayanmaktadır.

Kişilerin bu projeye gönüllü olarak destek vermeleri istenmektedir. Dolayısıyla gönüllü kişi sayısının yüksek olması gerekir. Her zaman çok yüksek sayıda gönüllü kişiye ulaşılması mümkün olamayabilir.

- Güvenilir bilgi

Kişilerin gözlemlerini doğru bir şekilde aktardıkları varsayılmaktadır. Gözlemlerin doğruluğu diğer kayıtlar ile karşılaştırılabilir. Diğer bilgi kaynakları da güvenirliğin denetlenmesi için kullanılabilir.

- İletişim kesilmesi

Bir deprem esnasında elektriklerin ve Internet bağlantısının kesilebileceği durumlarda sistem devre dışı kalmaktadır.

- Kişiye göre değişebilir.

Kişilere göre deprem şiddet algılaması farklı olmaktadır. Bu farklı algılama girilen değerleri de etkilemektedir.

5.3 Geliştirme Önerileri

- Sistem daha kullanıcı dostu görsel malzeme ile donatılıp, kulanıcıların gözlemlerini daha iyi aktarmaları sağlanabilir.
- Gönüllü üyelere online deprem şiddeti belirleme eğitimi verilebilir. Bu kişilerden gelen kayıtlar daha güvenilir olarak tanımlanarak şiddet hesabında ağırlıkları arttırılarak kullanılabilir.
- Deprem anketinin cep bilgisayarlarından ve cep telefonlarının Internet bağlantıları kullanılarak girilebilmesi için anketin mobil versiyonu geliştirilebilir.
- IVR (Interactive Voice Response) interaktif sesli yanıt sistemi kullanılarak sabit telefon altyapısı kullanılarak, telefonla da erişim sağlanabilir.
- Türkiye için yeni bir bağıntı geliştirilerek deprem şiddet dağılımı daha güvenilir bir biçimde hesaplanabilir.
- Mahalle bazında veri toplamak yerine, sokak bazında veri toplanabilir. Böylece daha küçük bölgelerden elde edilecek verilerle, yeterli veri toplandığında daha detaylı veriler toplanabilir.
- Yeterli veri toplanabildiğinde, her bina katı için ayrı harita çizdirilerek kat yüksekliğinden kaynaklanan deprem şiddeti algılama farklılıklarının önüne geçilebilir.
- Kullanılan deprem şiddeti hesaplama algoritmasına kat yüksekliği de parametre olarak eklenebilir. Böylece kat yükseklik farkından dolayı gerçekleşen deprem şiddet algılaması farklılığı giderilmiş olur.

- Deprem odağını da içeren geniş alanı kapsayan bir çalışmada depremin yeri ve büyüklüğü bulunabilir.

KAYNAKLAR

Cajka, M. G., ve S. Halchuk, 1998. Collecting Intensity Data via the Internet: The Cap-Rouge, Quebec Earthquake, *Seism. Res. Lett*., **69**, 585-587.

D'Amico V., D., Albarello, E., E. Mantovani, D., 1998. A distribution- free analysis of Magnitude-Intensity relationships: an application to the Mediterranean Region

Dengler, L. A., ve J. W. Dewey, 1998. An Intensity Survey of Households Affected by the Northridge, California, Earthquake of January, 1994, *Bull. Seism. Soc. Am.* **88**, 441-462.

Eyidoğan, H., Güçlü. U., Utku, Z., Değirmenci, E., 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi, İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Böümü.

Üzmen, B., 2000, 1999 İzmit Depremi Şiddet Haritası, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi

Wald, D., Quitoriano, V., Dengler, L., Dewey, J., 1999. Utilization of the Internet for rapid community intensity maps, *Seis. Research Letters.*

Wald, D., Quitoriano, V., Heaton, T., Kanamori, H., 1999b**.** Releationships between peak ground acceleration, peak ground velocity and Modified Mercalli intensity in California, *Earthquake Spectra*, Vol. **15** No. 3, 557-564.

Sevilgen, V., 2003. Deprem şiddet dağılımının belirlenmesinde yeni bir yaklaşım, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi

Qamar, A., S. D. Malone, P. Lombard, and L. Dengler, 1995. Automated felt reports from the January 18, magnitude 5, Robinson Point, Washington earthquake, *Eos Trans. Am. Geophys. U*., **76**, No.,46, p. F430.

17 Ağustos 1999 İzmit Depremi PGA Haritası, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Mühendisliği Web Sitesi, http://www.koeri.boun.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İstanbul'da doğdu. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Stajlarını İTÜ, Tübitak-Mam ve Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukrayna'da yaptı. Yüksek lisans çalışmalarını İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde yaptı. 2006 Ağustos ayı itibariyle USGS (United States Geological Survey), ABD kurumundan San-Andreas Fayının tetiklenme mekanizması üzerine çalışmalara katılmak üzere davet aldı.