Sismolojik Açıdan Yapılan Çalışmalarda Sismik Ağların Katkıları: Gerçek Zamanlı Sismolojik Bilgi Sistemi

Doğan KALAFAT

B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE., Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM), 34684, Çengelköy-İstanbul
e-mail : kalafato@boun.edu.tr

Özet

Deprem yerlerinin belirlenmesinde istasyon dağılımı ve yoğunluğunun oldukça fazla önemi vardır. Amaçlanan hedef dikkate alınarak iyi tasarlanmış bir istasyon dağılımı ile deprem yerleri çok sağlıklı bir şekilde hesaplanabilir. Sismik ağlar bu amaçlar doğrultusunda farklı şekilde tasarlanmaktadır. Bu çalışmada Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından operasyonel olarak işletilen Türkiye Deprem Ağı (TDA)'nın hedeflediği gelişimi örnek olarak verilecektir.

1999 İzmit ve Düzce depremleri sonrasında mevcut deprem ağının yetersizliği ve depremler sonucunda açığa çıkan aksaklıklar göz önünde bulundurularak, ekipman, iletişim ve sayısal veri teknolojisini içinde barındıran, kaliteli, iyi tasarlanmış, ve yapılan bilimsel çalışma sonucunda optimum bir ağ tasarımı belirlenmiş, bu tasarımın uygulanması büyük ölçüde gerçekleştirilmiş ve uygulama aşaması halen devam etmektedir. Böylece ulusal gerçek zamanlı deprem bilgi sistemlerinin oluşturulmasının en önemli bileşenlerinden birisi olan bütünleşik sismik ağ uygulaması hayata geçirilmiştir. Hasar yapıcı bir deprem esnasında ve depremden hemen sonraki ilk bir saat içinde yapılacak olan acil yardım ve kurtarma faaliyetleri, can kurtarma ve ekonomik zararları azaltma açısından çok önem arz etmektedir. Bu tür çalışmalar depremin hemen akabinde deprem karakteristiklerinin belirlenmesini temel alır. Zira depremin lokasyonu, derinliği, büyüklüğü, mekanizması ve kırılma yönü hasarın dağılımını ve boyutlarını doğrudan kontrol eder. Eğer büyük bir depremden sonra deprem kaynak parametreleri çok çabuk ve doğru olarak belirlenebilirse, bu bilgiler bölge ve makro sismik verilerin birlikte kullanılmasıyla, depremin yarattığı hasarı ortaya çıkarmada ve gerekli tedbirlerin zamanında alınmasında etkili olarak kullanılabilir. Gerçek zamanlı sismolojinin amacı, devam etmekte olan bir hasar yapıcı deprem esnasında sismik veriyi toplamak ve analiz etmektir. Elde edilen sismik verilerin süratle (şimdilik dakikalar, zamanla saniyeler içerisinde) analizi sonucunda elde edilen sonuçlar, sismik aletler ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler yardımıyla deprem zararlarının ve deprem riskinin azaltılmasında etkin olarak kullanılmaktadır. Ülke genelini kapsıyan çok yönlü ve geniş dinamik aralığa sahip yoğun bir gerçek zamanlı bütünleşik (entegre-integrated) bir deprem ağı ile, oluşacak hasar yapıcı bir depremi daha ilk saniyelerden yakalıyarak yerini, büyüklüğünü, mekanizmasını, kırılma yönü vb. gibi deprem parametrelerini gerçek zamanlı olarak belirleyip yer hareketi sarsıntı haritaları (shake map), olası kayıp tahmin haritaları (loss map) hazırlıyarak hasarın boyutlarını belirlemek ve bu bilgileri birkaç dakika içinde depremin olduğu en yakın illerdeki acil yardım ve müdahale birimlerine ve yerel mülki ve idari makamlara (valilikler, belediyeler, emniyet müdürlükleri ve ordu karargahları) ileterek acil durum yönetimine katkıda bulunmak mümkün olmaktadır.

Bu amaçla, Türkiye'de Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından kurulmuş olan ve işletilen sismik ağın zayıf (WM) ve kuvvetli hareket (SM) ve bunların veri bankası ile kullanılmakta olan yazılımları entegre edilerek istasyon dağılımının sıklaştırılması ve optimize edilmesi çalışmalarına başlanmıştır. Entegre olmuş bu şebekeden elde edilecek eş-zamanlı kayıtlar ve bu alanda bugün dünyada kullanılmakta olan algoritmalara dayalı olarak bir deprem esnasında bilgiler geldikçe bulduğu sonuçları yenileyen (en iyi tahminleri yapabilecek ve hata sınırlarını belirleyebilecek) akıllı ve tamamiyle otomatik bir sistem geliştirilmektedir.

Anahtar kelimeler : bütünleşik sismik ağ, zayıf hareket, kuvvetli hareket, kaynak parametreleri, sarsıntı haritaları

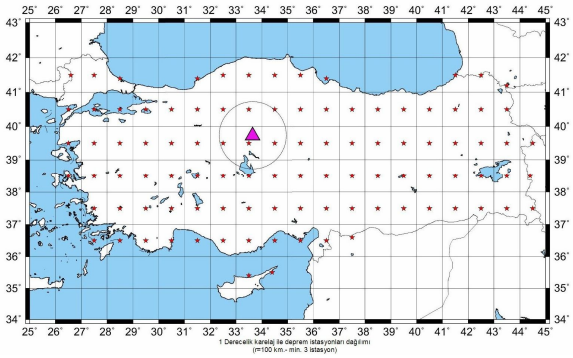
1. Giriş

1999 İzmit ve Düzce depremleri sonucunda mevcut sismik ağdaki aksaklıklar göz önünde bulundurularak, gelişen aletsel donanım, iletişim olanakları ve sayısal veri teknolojisini içinde barındıran, uluslararası standartlara uygun, kaliteli, iyi tasarlanmış bir sismik ağ tasarımı hedeflenmiş, bu tasarımın uygulanması ülke çapında büyük ölçüde gerçekleştirilmiştir ve uygulama aşaması halen devam etmektedir. Böylece ülke deprem bilgi sistemlerinin oluşturulmasının en önemli bileşenlerinden birisi olan bütünleşik sismik ağ uygulaması hayata geçirilmiştir. Hedeflenen ülke çapında homojen olarak dağılmış Bütünleşik Sismik Ağ ve buna bağlı olarak da Deprem Veri Bankası kurulmasının sağlanmasıdır. Yapılan ve halen devam eden çalışmalar ile:

- Uluslararası standartlarda ekipmana sahip, gerçek zamanlı veri iletişim teknolojilerini kullanan Türkiye Deprem Ağı ile ülke genelindeki deprem aktiviteleri M ≥ 3.0 (ilk etap çalışma) düzeyinde izlenebilecek,
- Can ve mal kaybına neden olabilecek büyüklükteki depremlerden hemen sonra Başbakanlık, ilgili bakanlıklar ve diğer kamu kuruluşlarını acilen doğru bilgilendirme kapasitesine sahip ve kamuoyunun sürekli ve sağlıklı bilgilendirilmesini sağlayacak alt yapısı olan,
- Ulusal ve uluslararası araştırmacılara ve konu ile ilgilenen kurum ve üniversitelere kaliteli ve uluslararası standartlara uygun formatlarda veri sağlayan ve bu veriyi interaktif olarak internet üzerinden kullanıcılara açan,
- Depremsellik ve deprem risk haritalarının oluşturulmasında ve büyük sanayi ve ekonomik yatırımların planlanmasında kullanılacak olan verileri sağlıklı olarak üreten,
- Ülkemizde her yörenin kendine has olan deprem oluş düzenlerinin sağlıklı olarak belirlenmesi için ve deprem kaynağının fiziksel özelliklerinin ortaya konulması konularında ve benzeri deprem konulu araştırmalara destek veren bir yapının sağlanması,
- Deprem Erken Uyarı ve Hızlı müdehaleye yönelik olarak özellikle büyük sanayi bölgelerinde pilot çalışmalar (Örn: Marmara Bölgesi ve İstanbul) başlamış ve tüm ülke çapında deprem erken uyarı sisteminin geliştirilmesine yönelik çalışmaların bütünleşik sismik ağ tabanında sağlanması hedeflenmiştir ve nihai hedefte ise hasar yapıcı bir deprem esnasında kuvvetli yer hareketlerini başlamadan saniyeler önce varışını kestirmeye ve uyarı vermeye yönelik çalışmalar yoğun olarak sürdürülmektedir.

2. Amaç

Çalışmanın ilk etabında ülkemizde meydana gelen depremlerin sürekli ve sağlıklı olarak izlenebilmesi için 100 adet geniş bantlı deprem istasyonunun kurulması hedeflenmiştir (Şekil 1). İstasyon sayısının 100'e çıkarılması ile büyüklüğü M≥3.0 üzerinde olan depremlerin dış merkezleri ±1 km., oluş zamanları ise ± 0.075 sn hata ile ile hesaplanabilecektir. Ağ optimizasyonu çalışmasında Monte-Carlo yöntemi kullanılmıştır (Robert and Casella, 2004; Kalafat ve diğ., 2009).



Şekil 1. Oluşturulacak olan geniş-bantlı istasyon ağı topolojisi

Bu istasyonlara ilaveten Enstitümüz Türk-Telekom desteğinde Marmara Deniz Tabanı Gözlemevi Projesini (MARDEP) uygulamaya koymuş, bu kapsamda Marmara Denizi içine 5 deniz dibi gözlemevi sistemi (SBO) (3-Bileşen Geniş Bantlı Sensör, ivme ölçer, basınç farkı ölçeri, Hidrofon, Sıcaklık Ölçeri, 3D Akıntı Ölçeri ve Tiltmetre Sensörü) kurmuştur. 2011 yıl ocak ayından itibaren tüm istasyonların kurulumu tamamlanarak, ülkemizde ilk gerçek zamanlı deniz dibi gözlemleri izlenmeye başlanmıştır (Kalafat ve diğ, 2008 ; Gürbüz ve diğ., 2011).

3. Uygulama/Yöntem

3.1. Farklı Büyüklük belirleme çalışmaları

Çalışma kapsamındaki hedeflerden birisi de depremlerin büyüklüğünün farklı yöntemlerle verilebilmesini sağlamak olacaktır. Bilindiği gibi 1999 depremlerinde hızlı olarak verilebilen tek büyüklük değeri süreye bağlı büyüklük Md olmuştur. Olası bir büyük depremde meydana gelebilecek tüm olumsuzlukları ve riskleri en aza indirebilmek için bu çalışma kapsamında farklı büyüklük hesaplama yöntemleri kullanılarak uygulanması sağlanmıştır. KRDAE-UDİM tarafından geliştirilen yazılım sayesinde (Yılmazer 2003), depremlerin büyüklükleri, Süreye Bağlı Büyüklük (M_d), Yerel Büyüklük (M_L), Yüzey Dalgası Büyüklüğü (M_S) ve Moment Büyüklük (M_W) olmak üzere dört ayrı türde verilebilmektedir.

3.2. Modern İletişim Teknolojilerinin kullanılması ile ilgili çalışmalar

Sismik Ağ işletiminde deprem sinyalinin sağlıklı ve kesintisiz taşınması çok önemli olmaktadır. Eş zamanlı deprem sinyali kısaca;

- Sayısal/Analog Data Hattı
- İnternet
- Uydu
- GPRS/3G

teknikleri kullanılarak taşınmaktadır. Her tekniğin kendi içinde avantajları ve dezavantajları vardır. Ağ işletiminde istenmeyen olumsuzluklar ve yaşanan sıkıntılar, deprem ağının en verimli şekilde çalışması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ağ işletimindeki en önemli kriter deprem sinyalinin sürekliliğinin sağlanmasıdır. Bu yüzden veri iletişim tekniklerinin kendi içinde verimlilik performansları değerlendirilerek uydu ile deprem sinyalinin taşınması en ideal çözüm olduğu görülmüştür. Uydu ile bağlantılı veri iletiminde, diğer iletişim tekniklerine göre önemli ölçüde verimlilik sağlamaktadır.

Uydu bağlantılı istasyonlarda verimlilik ortalaması yaklaşık olarak % 99 olmaktadır. Bu çalışmada KRDAE tarafından daha önce örnek uygulaması başarı ile yapılan Uydu İletişimin Teknolojisinin Türkiye Deprem Ağının ana omurgasında uydu kullanılmasına yönelik araştırmalara öncelik verilmiştir. Ülkemizde ilk defa kurumumuz tarafından 17 Ağustos 2004 tarihinde Dalyan-Muğla'da uydu bağlantılı deprem istasyonu faaliyete geçirilmiştir (Kalafat ve diğ., 2004). Şu anda uydu bağlantılı deprem istasyonu sayısı 109'dır.

Bu uygulama çalışma kapsamında kurulacak olan diğer geniş-bantlı istasyonlar içinde başarılı bir örnek oluşturmuştur. Uydu Sisteminin kısaca avantajları;

- Sayısal sistemin esnekliği
- Sayısal sistemin güvenilirliğinin geliştirilebilirliği ve bakım kolaylığı
- Uçtan uca kalite ve performansın iyileşmesi
- Karasal linklere göre yüksek veri kalitesi
- Veri kesintisinin ve kaybının yok denecek kadar az olması (%99.7)
- Kullanıcılar arasında uzaklıktan bağımsız olarak değişmez bir transmisyon kalitesi
- Düşük işletme maliyeti
- Doğal afetlerin etkisine karşı yüksek performans gibi verilebilir.

3.3. Deprem Kaynak Parametrelerinin Eş-zamanlı Belirlenmesi

Çalışmanın temel amaçlarından birisi de depremin yeri, büyüklüğü ve oluş zamanı gibi deprem parametrelerinin yanında kaynak parametrelerinin de otomatik olarak belirlenmesini sağlayacak güncel bir sistem ağının oluşturulmasının sağlanmasıdır. Aynı zamanda bu sistem elde edilen deprem sonuç bilgilerinin ve sismolojik verilerin ulusal ve uluslararası merkezlerle paylaşımını gerçekleştirebilecek ileri teknoloji donanımlı bir ağ yapısını içermektedir. Bu temel amaçların en uygun platformda işlevselliğinin sağlanabilirliği için Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM)'ne gelen tüm sismolojik verilerin, uzman denetiminde gerçek-zamanlı olarak değerlendirilmesine ve analizine katkıda bulunacak bir bilgisayar yazılımı çeşitli algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Üç ana yapılanmadan oluşan programın ilk aşamasında sayısal veriler görüntülenmekte ve faz değerlendirmeleri yapılmaktadır. İkinci aşamada ise ilk bölümde yapılan faz okumaları kullanılarak depremin yeri, büyüklüğü ve oluş zamanı belirlenerek, sonuçlar görsel olarak ekrana aktarılmaktadır. Üçüncü aşamada moment tensör ters çözüm yöntemi (Dreger, 2003) kullanılarak, kaynağın biçimi ve hareketin büyüklüğüne ilişkin bilgileri veren sonuçlar yine görsel olarak ekrandan izlenebilmektedir. Böylelikle tüm sayısal veriler merkezde kısa bir sürede değerlendirilerek elde edilen deprem parametreleri kullanıcının önceden belirlediği ortamlara (ftp, web, email, SMS, vb.) otomatik olarak gönderilmektedir.

3.4. Olası Depremlerin Otomatik Olarak Algılanması ve Değerlendirilmesi

Bu çalışma sonucunda ülkenin herhangi bir yerinde meydana gelebilecek büyüklüğü M>4.0 olan depremlerin otomatik olarak algılanması ve değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Değerlendirme sisteminin oluşturulmasında temel olarak iki ana hedef amaçlanmaktadır. Bunlardan ilki gelen uyarıya ilişkin sinyalleri geniş bir aralıkta ayrıntılı olarak değerlendirmek, ikincisi ise bulguların gerçek bir depremi yansıtması durumunda sayısal verilerin deprem bazında sistemli olarak arşivlenmesini sağlamaktır. Arşivlemede veri formatı olarak Sismoloji biliminde tüm dünyada yaygın olarak kullanılması nedeni ile SAC (Seismic Analysis Code) formatında yapılmaktadır.

3.5. Sonuç Bilgilerinin Yayımlanması

Bu aşamaya kadar yapılan işlemler sonucunda elde edilen bilgiler, aşağıda verildiği gibi sıralanabilir.

- SAC formatında sayısal veri,
- Faz okumaları,
- Depremin oluş zamanı,
- Depremin koordinatları,
- Depremin odak derinliği,
- Depremin merkezine en yakın yerleşim alanı
- Depremin olası şiddet haritası

Sayısal verilerin dağıtımı 2005 Mayıs ayından itibaren hem yurt içi hem de yurt dışından internet aracılığı ile kullanıcılara sunulmaktadır. Sayısal verinin arşivlenmesi ve dağıtımı ile ilgili yazılım deprem değerlendirme veri işlem yazılımlarında olduğu gibi kurumun öz bilgi kaynakları kullanılarak KRDAE Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM)'de geliştirilmiştir (Yılmazer, 2003).

3.6. Deprem parametrelerinin dağıtımı

Bir depremden sonra elde edilen parametrelerin (oluş zamanı, koordinat, büyüklük, derinlik, faylanma mekanizması, şiddet) dağıtımı aşağıdaki düzende olmaktadır aşağıdaki şekilde şematik olarak verilmektedir.

- *Telefon (0 216 556 44 00 Deprem Bilgi Hattı)*
- *İnternet (www.koeri.boun.edu.tr)*

- *Belirlenen Cep telefonlarına SMS mesajı*
- *Faks*
- *Elektronik posta mesajı*
- *Telsiz (Ankara Doğal Afet Kurtarma Komutanlığı, İstanbul İtfaiyesi)*
- *Telsiz Data (TRAC)*
- *Başbakanlık, İstanbul Valiliği, Kızılay direkt telefon hattı*
- *Sabit ve mobil Uydu telefonları*
- *Uluslararası Sismoloji Merkezlerine data iletimi*
- *Twitter*

Çalışma kapsamında depremlerin çözümünü izleyen aşamada parametrik veri ve deprem bazında sayısal veri olmak üzere iki tür verinin dağıtımı yapılmaktadır.

- **Parametrik Veri Dağıtımı:** Gerek otomatik çözüm gerekse kullanıcı denetiminde yapılan çözümler sonucunda belirlenen deprem bilgileri ***SMS, Fax, eMail, Telsiz, Web ve Sesli Yanıt Sistemi*** olmak üzere 6 ayrı bilgilendirme aygıtına aktarılmaktadır.
- **Sayısal Veri Dağıtımı:** Çözüme giren istasyonlara ilişkin tüm sayısal kayıtlar, sıkıştırılırılarak depolama birimine ve internet erişimli ikinci bir ortama aktarılmaktadır.

3.7. Verilerin Depolanması ve Deprem Veri Bankası oluşturmak

Verlerin arşivlenmesi veri türüne göre, Sürekli Sayısal Veri, Deprem Bazında Sayısal Veri ve Parametrik Verinin arşivlenmesi olmak üzere üç yolla yapılmaktadır. Hedeflenen deprem konusunda üniversiteleri ve araştırmacıları destekleyen bir alt yapı ve interaktif gerçek zamanlı bilgi bankasını oluşturmak ve kapasitesini arttırmaktır. Bu konudaki özellikle kapasite, depolama ve yayınlama çalışmalarını 2004 yılından beri her yıl geliştirerek sürdürmektedir. KRDAE-UDİM Uluslararası sismoloji merkezleri ile eş-zamanlı veri değişimi yapan, paylaşan bir merkezdir. Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nde oluşturulan deprem veri bankasında biriken sayısal veriler özel bir internet sunucusu ile ulusal ve uluslararası kullanıcıların hizmetine otomatik olarak sunulmaktadır. Bugün KRDAE toplam 16 TB'lık bir veri depolama ünitesine sahiptir, ve tüm deprem verilerini yakın eş zamanlı bir şekilde web tabanlı interaktif programlar ile araştırmacıların ve kurumların hizmetine sunmaktadır. Tüm veriler yedekli olarak geniş kapasiteli HD' lere depolanmaktadır. Ayrıca veri depolama kapasitesi BLU-RAY depolama sistemi ile bu yıl itibarı ile 28 TB 'a yükseltilmiş ve dağıtım ile ilgili sunucu kapasitesi arttırılmıştır.
Gerek ulusal gerekse uluslararası alanda deprem konusu ile ilgili veri istekleri mevcut olan veri bankası aracılığı ile interaktif olarak karşılanmaktadır. KRDAE, Dünyadaki benzer enstitüler gibi 150' den fazla istasyonun verisine DRS (data request system) aracılığıyla yakın eşzamanlı ve ücretsiz olarak erişim sağlamaktadır. KRDAE-UDİM ISC, EMSC, USGS, ORFEUS, GFZ gibi uluslararası deprem merkezlerine de veri sağlamakta ve bunu ülkemiz adına özellikle son 7 yıldır başarı ile sürdürmektedir.

3.8 Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtçıları ile ilgili gelişmeler ve Gerçek Zamanlı Deprem Erken Uyarı Bilgi Sistemleri

Sismik şebekelerde Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtçılarının (İvme Ölçer) önemi büyüktür. Bu çalışmada hedef mevcut istasyonların yanına ve ülke çapında yeni kuvvetli yer hareketi kayıtçıları kurularak oluşacak bir hasar yapıcı depremin hemen akabinde deprem sarsıntı ve şiddet haritaları hazırlanarak, en yakın illerdeki afet yönetim merkezlerine bu haritaları göndermek ve deprem zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmalara katkıda bulunmaktır. Toplamda yaklaşık 200 düşük maliyetli kuvvetli hareket (SM) kayıtçısının kurulması planlanmaktadır. Bu çalışmalara kıyılarımızdan başlanmış olup, şu ana kadar 30 SM istasyonu kurulmuştur. Farklı zeminlerde kurulu bulunan geniş-bantlı deprem istasyonlarının yanına da kuvvetli hareket kayıtçıları

yerleştirilmeye başlanmışır. Böylece, özellikle hasar yaratma potansiyeli olan büyük deprem üretebilecek kaynak zonları kapsanarak deprem olması durumunda hemen-hemen gerçek zamanlı (near real-time) ayrıntılı sarsıntı ve şiddet haritaları hazırlanabilecektir. Gerçek zamanlı hızlı deprem bilgisi, afete hızlı müdehale, kritik mühendislik yapılarında servo sistemlerin kapatılması ve olası deprem sonrası yaşanabilecek ekonomik kayıplar ve çevre felaketlerinin önlenebilmesi için kullanılmaktadır. Dünya'daki örnekleri özellikle büyük ve kritik mühendislik yapılarında nükleer santral, hızlı tren, metro, elektrik santralleri, doğan gaz dolum ve petrol dolum tesisleri, büyük bilgisayar sistemleri vb. sistemlerin servo sistemlerinde kullanılmaktadır. Böylece, bir büyük deprem sonrası yaşanabilecek ekonomik kayıplar ve çevresel etki yaratabilecek zararlar en aza indirilebilecektir. Kısaca, bu sistemler depremin yaratacağı riski kontrol altına alabilmede önemli katkı sağlamaktadır ve elde edilen çıktılar deprem sonrası acil yardım için etkili bir şekilde kullanılabilmektedir.

Acil müdahale ve kurtarma operasyonları için deprem bilgilerinin hızla elde edilmesi düşüncesi yeni olmayıp 1990'lı yıllarda kısmen de olsa ABD'de uygulanmaya başlamış, daha sonra Japonya'da ise 2006 yılından sonra pratik olarak uygulanmaya başlanmıştır. Halen Japonya, Meksika, Taiwan, Romanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bu amaçlı çeşitli gerçek zamanlı deprem erken uyarı bilgi sistemleri kurulmuş durumdadır. 11 Mart 2011 Büyük Doğu Japonya Depremi (Mw=9.0) Tokyo şehrine yaklaşık 340 km. uzaklıkta meydana gelmiş, yaklaşık 45-47 sn. sonra Erken Uyarı Sistemi devreye girerek tüm mühendislik yapılarında (hızlı tren, nükleer satral, elektrik, doğalgaz vb.) otomatik koruma sistemlerini sayesinde büyük can ve mal kaybı önlenebilmiştir. Bu sistem aynı zamanda büyük çevre felaketlerinin meydana gelmesini de önlemiştir.

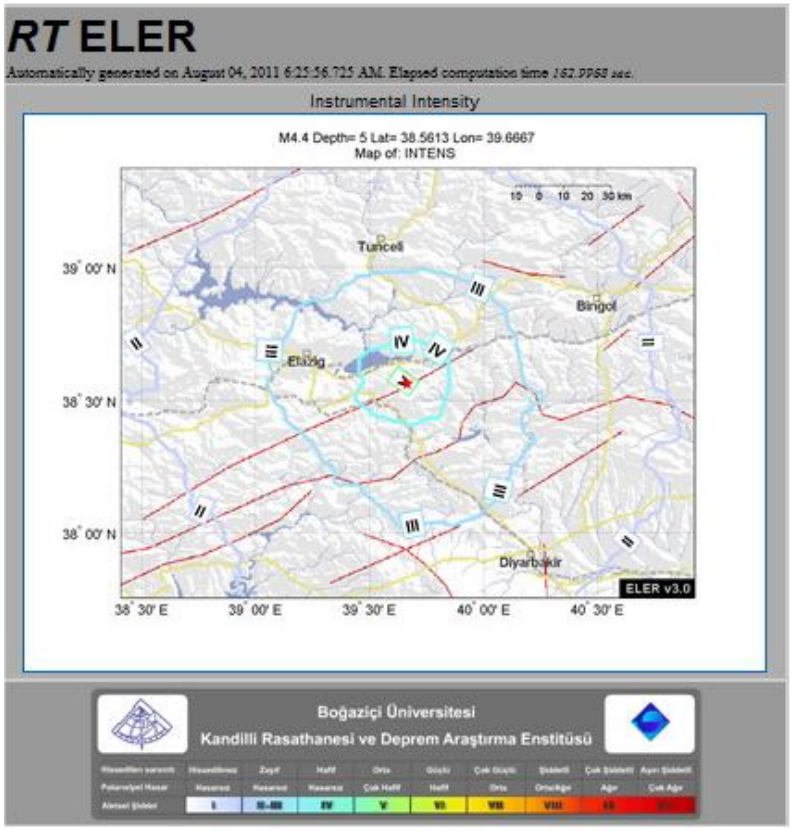
3.9. Depremden hemen sonra Deprem Yer Hareketi Dağılım ve Kayıp haritalarını (ShakeMap/Loss Map) üretmek

Amaç, depremden çok kısa bir zaman sonra etkilenen yerleşim yerlerini, buralardaki tahmini hasarlı bina, ölü ve yaralı tahmini, acil barınma ve beslenme ihtiyacı hakkında harita ve bilgi üretmektir. Bu bilgiler gerek internet ve gerekse diğer acil iletişim vasıtaları ile ilgili makamlara özellikle Türkiye Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na ve Kızılay'a bildirilecektir. Tüm bilgiler aynı zamanda olası sigorta hasar talepleri ile ilgili hazırlık çalışmalarının yapılması için Doğal Afetler Sigorta Kurumu'na da (DASK)' da aktarılacaktır.

Ülkemizde son yıllarda meydana gelmiş bazı depremler için KRDAE tarafından hazırlanmış Deprem Yer Hareketi Dağılım ve Kayıp haritaları (ShakeMap/LossMap) bu konudaki çalışmalara örnek olarak verilebilir. Bu tür haritaların üretilmesinde kuvvetli hareket kayıtçıları-ivme ölçerlerin tüm ülke sathına yaygın olarak konuşlandırılması çok önemli olup, bu konuda çalışmalar bu yıl içerisinde başlatılmış ve halen devam etmektedir. İvme ölçer kayıtçılarına bugün dinamik aralıkları ve hassasiyetleri geniş-bantlı (broad-band BB) kayıtçılarına yaklaşmış bulunmaktadır. Ölçülen değerler doğrudan ivme olduğu için gerek kalibrasyonları ve gerekse veri değerlendirmesi daha kolay olmaktadır. Olası depremin dış merkezi, yıkık-hasarlı bina sayısı, can kaybı, tahmini şiddet ve ivme haritalarının elde edilmesinde yüksek hassasiyetli kuvvetli hareket kayıtçılarının katkısı büyük olmaktadır.

3.10. ELER Yazılımının Geliştirilmesi (Deprem Kayıp Tahmin Programı - **E**arthquake **L**oss **E**stimation **R**outine (ELER))

ELER Programı NERIES (Network of Research Infrastructures for European Seismology) Projesi JRA3 çalışma paketi içerisinde KRDAE Deprem Mühendisliği Anabilim Dalında geliştirilmiştir (bknz. www.koeri.boun.edu.tr/depmuh_index.aspx). ELER, Avrupa-Akdeniz bölgesinde depremin sarsıntı ve kayıpları hakkında hızlı tahmin sağlamakta ve bu kapsamda kayıp, hasar ve şiddet haritalarını depremden çok kısa bir zaman sonra otomatik olarak üretmektedir (Şekil-2).



Şekil-2. ELER Yazılımı ile hazırlanmış Tahmini Şiddet Haritası (4 Ağustos 2011 İçme-Elazığ Depremi)

4. Sonuçlar

Sismik ağın optimizasyonu sağlanarak bütünleşik bir Sismik Ağ tasarımı 2013 yılı sonuna kadar gerçekleştirilecektir. Hedeflenen Sismik Ağ 3 bileşen geniş bantlı ve kuvvetli yer hareketi kayıtçılarını içerecektir. Deprem bölgesine hızlı intikalin yapılması ve acil kurtarma çalışmaları için güvenilir ve sağlıklı deprem parametrelerinin belirlenmesi çok önemli olmaktadır. Bu ise deprem riskinin yerel ve bölgesel ölçekte boyutunun ortaya çıkarılmasına katkı sağlayacaktır. Gerçek-zamanlı (Real-time) depremin kaynağı, oluş mekanizması ile ilgili fiziksel bilgilerini edinilecek ve bilimsel çalışma yapmaya yönelik gözlem yapılacak, kritik yapıların yer seçimi konusunda katkı sağlanacak, depremden hemen sonra şiddet, ivme, hasar dağılım ve kayıp haritalarını (ShakeMap/Loss Map) üretilecek, tsunami'ye neden olabilecek deprem veya yeraltı heyelanları ile ilgili alarm verebilme kapasitesine ulaşılacaktır. Bilimsel araştırmaların temelini oluşturan kaliteli ve sağlıklı veri gereksinimlerini karşılayacak bir veri tabanının oluşturulması sağlanacaktır. Oluşturulan bütünleşik sismik ağ ile toplanan veriler, ulusal ölçekte risk haritalarının geliştirilmesine, şehir planlamaları, bölgelendirme, kurtarma senaryolarının oluşturulmasına katkıda bulunacaktır. Çalışmanın önemli hedeflerinden biriside deprem ölçüm ve değerlendirme teknik ve sistemlerinin geliştirilmesidir.

Deprem sonrasında hızlı ve güvenilir deprem bilgileri üreten bütünleşik sismik ağ deprem zararlarını azaltmaya, özellikle modern büyük şehirlerde, büyük katkı yapacaktır. Sonuç olarak gerçek zamanlı sismolojik çalışmalar ve buna bağlı olarak deprem erken uyarı sistemlerinin kurulmasını ve operasyonal olarak gerçek-zamanlı işletilmesini hedeflemektedir.

Katkı Belirtme : Bu çalışma DPT tarafından desteklenmektedir. Ayrca bu çalışmanın değişik bileşenleri Türk Telekom (TT) Genel Müdürlüğü, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı (İBB), Türkcell tarafından da desteklenmiştir. Destek sağlayan tüm kuruluşlarımıza sonsuz şükranlarımızı ve teşekkürlerimizi sunarım. Çalışmanın sürdürülmesinde yoğun desteği ve emeği geçen KRDAE Müdürü Sayın Prof. Dr. Mustafa ERDİK'e, UDİM çalışanı değerli arkadaşlarıma çok teşekkürler ederim.

Yararlanılan Kaynaklar:

Robert, P. C. and G. Casella, 2005, Monte Carlo Statistical Methods, Second Edition, 645p., published by Springer.

Kalafat, D, M. Yılmazer, M. Suvarıklı, Y. Güneş, K. Kekovalı, G. Horasan, G. Öz, K. Kılıç, S. Püskülcü, N. Özel, Z. Öğütçü, M. Kara, N. Kafadar, A. Güngör, F. Kılıçer, A. Köseoğlu, E. Görgün, A. Berberoğlu, P. Garip, M. Berberoğlu, H. Gümüş, M. Çomoğlu, 2004. *Türkiye'nin ilk Uydu İletişimli Genişbantlı Deprem İstasyonu, First Satelite Communication Broadband Earthquake Station of Turkey*, 16. Uluslararası Jeofizik Kongresi, Bildiri Özetleri Kitabı, Abstract Book, p.62-65, MTA Kültür Sitesi, Ankara.

Yılmazer, M., 2003. *Deprem Kaynak Parametrelerinin On-Line Belirlenmesi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 48 s., İstanbul.

Kalafat, D., C. Gürbüz, M. Yılmazer (2008). *Marmara Denizi Deniz Tabanı Gözlemevi (DTG) Projesi,* ATAG-12 Aktif Tektonik Araştırma Gurubu 12. Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı (in Turkish) , s. 13-14, MTA Genel Müdürlüğü Akçakoca EDT, 13-14 Kasım 2008 Akçakoca, Düzce.

Kalafat, D., Z. Öğütcü, M. Suvarıklı, Y. Güneş, M. Yılmazer, K. Kekovalı, M. Kara, K. Kılıç, F. N. Bekler, A. Küsmezer, P. Deniz, M. Çomoğlu, M. Berberoğlu, A. Berberoğlu, S. A. Poyraz, H. Gümüş, E. Görgün, D. Kepekçi, M. Gül, R. Polat, Ö. Çok (2009). *Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Genişbantlı (GB) Sayısal Deprem Ağının Gelişimi - Evolution of Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) Broadband (BB) Digital Seismic Network* , International Earthquake Symposium, Abstracts Book p. 64, 17-19 August 2009, Kocaeli-Turkey.

Gürbüz, C., D. Kalafat, M. Yılmazer, S. Tunç, S. Güvercin (2011). *Marmara Sea Bottom Observatory (MSBO) Project and Preliminary Results From First Observations*, European Geosciences Union (EGU) Generaş Assembly 2011 Vienna, Austria, 3-8 April 2011.

Dreger, D. S., 2003, TDMT_INV: *Time Domain Seismic Moment Tensor INVersion*, International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Volume 81B, p 1627.

ELER Earthquake **L**oss **E**stimation **R**outine (ELER) Kandilli Rasathanesi ve DAE, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı www.koeri.boun.edu.tr/Haberler/NERIES ELERV3.1_6_176.depmuh.