

Sosyal Ağlar Üzerinden Deprem Tespiti

Kıvanç Yazan¹, Suzan Üsküdarlı¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul
kivanc.yazan@boun.edu.tr, suzan.uskudarli@boun.edu.tr

Özet: Depremler ciddi hasarlara sebep olan doğal afetlerden sadece biridir. Bu gibi afetlerde erken uyarı sistemleri çok büyük önem taşımaktadır. Türkiye de dahil olmak üzere bir çok ülkede erken uyarı sistemleri geliştirmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları sosyal ağ içeriklerinin analizinden faydalanmaktadır. Japonya, Amerika, Avustralya gibi ülkelerde Twitter verisinin efektif bir şekilde kullanıldığı örnekler mevcuttur. Yapılan çalışmada Twitter üzerinden yapılan deprem analizi Türkçe derlemine uyarlanmış, buna ek olarak yerel bir sosyal ağ olan Ekşi Sözlük üzerinden de veri toplanmıştır. Böylece iki farklı sosyal ağ üzerinden deprem tespiti yapılmaya çalışılmış, ayrıca bu iki ağın birlikte kullanımı üzerine fikirler geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sosyal Ağlar, Sosyal Ağ Analizi, Twitter, Ekşi Sözlük, Deprem, Doğal Afet, Erken Uyarı Sistemleri.

Earthquake Detection Over Social Networks

Abstract: Earthquakes are one type of natural disasters that cause serious damages, making early warning systems very important. Researchers in most countries have been working on developing early warning systems, including Turkey. Some of these researches make use of social network analysis. There were cases in Japan, USA, and Australia that was successful in using Twitter data set efficiently to discover earthquakes. We tried to adapt the detection through Twitter into Turkish corpus. We also tried to make use of a local social network, Eksi Sozluk. We tried to detect earthquakes in two different social networks. We also developed some ideas to combine these two networks in detecting earthquakes.

Keywords: Social Networks, Social Network Analysis, Twitter, Eksi Sozluk, Earthquake, Disaster, Early Warning Systems.

1. Giriş

Coğrafi konumu itibarıyla deprem riski taşıyan Türkiye üzerinde son yüz yıllık süre içerisinde 17 defa 7.0 magnitüden daha şiddetli deprem yaşanmıştır [6]. 17.000'den fazla kişinin hayatını kaybettiği 1999 İzmit Depremi üzerine yapılan çalışmalar, hayatta kalanlarda travmatik strese bağlı depresyon görüldüğünü göstermektedir [4]. İleri düzey çalışmalar ise deprem deneyimleri ile kalp rahatsızlıkları arasındaki bağlantıyı ortaya çıkarmıştır [5]. 1999 Depremi'nden bu yana ülkedeki deprem politikalarında çeşitli düzenlemeler de yapılmış, deprem araştırmaları hızlandırılmıştır. [3]

Deprem gibi doğal afetlerin hızlı müdahaleyi gerektirdiği açıktır [10]. Bu sebeple SMS üzerinden çalışan erken uyarı sistemleri üzerine çalışmalar yapılmıştır [11]. Bu araştırmalar şehirlerin belirli yerlerine yerleştirilen alıcıların okuduğu verilerin işlenmesi ile çalışmaktadır. Son yıllarda bu çalışmalara ek olarak sosyal ağ verileri üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır. Japonya, ABD, Avustralya gibi ülkelerde geliştirilen çeşitli uygulamalar Twitter kullanıcılarının en fazla 140 karakterden oluşan mikroblog gönderilerinden deprem tespiti yapmakta başarıya ulaşmıştır [8,9,18]. Tayvan, Haiti, Türkiye, Yunanistan, Romanya gibi bölgelerde de benzer çalışmalar olumlu sonuçlar ortaya koymuştur [13,16,21].

Türkçedeki "deprem" kelimesinin farklı anlamlarda kullanılması Türkçe tweet derleminde yapılacak olası bir analizi zorlaştırmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için içerik tespiti gibi yöntemler sıklıkla tercih edilmektedir. İçerik analizinin yanı sıra, geliştireceğimiz deprem bulucu uygulamasının doğruluğunu arttırmak için diğer sosyal ağlardan da yararlanabiliriz. 1999 yılında kurulan Ekşi Sözlük, Türkiye'nin en sık ziyaret edilen 9. web sitesi konumundadır [1]. Tıpkı Twitter kullanıcıları gibi, Ekşi Sözlük kullanıcıları da deprem esnasında hissettikleri sallantı ile ilgili içerik

üretmektedir. Dolayısıyla, uygulamamız için Twitter verisinin yanı sıra Ekşi Sözlük verisinden de yararlanmamız olası görünmektedir. Her iki veri kümesinde ortaya çıkabilecek yanlış pozitifleri azaltmak için iki farklı sosyal ağdan alacağımız bu sonuçları birbirlerini teyit etmekte kullanmanın uygulamamızın doğruluk oranını artıracığını öngörüyoruz.

2. Benzer Çalışmalar

Deprem esnasında Twitter kullanıcılarının kısa mesajlardan oluşan içerikler ile hissettikleri sallantıyı paylaşması üzerine bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların hemen hepsi için Twitter API arabirimi kullanılmış, deprem ile ilgili anahtar kelimeler sürekli olarak takip edilmiştir. Bu takibe takılan içerikler toplanmış, analiz edilmiş, ve deprem bulucu uygulamalar geliştirilmiştir.

Robinson ve diğerleri Yeni Zelanda ve Avustralya etrafında gerçekleşen depremleri tespit etmek için bir algoritma geliştirmişler [18]. Bu uygulama ile tsunami yetkililerini olası bir depremden hızlı bir şekilde haberdar etmek amaçlanmıştır. Uygulamaları ilk denemede 17'si gerçek 14'ü yanlış pozitif olan 31 tespit yapmış, yapılan bir geliştirme sonrasında doğruluk oranı %87 civarına kadar yükselmiştir.

Twitter kullanıcı sayısının da depremler gibi çok fazla olduğu Japonya'da da bu konu üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sakaki ve diğerleri depremin merkez üssünü Twitter üzerinden tahmin etmeye çalışan bir uygulama geliştirmişler [19]. Bu uygulamanın Japonya Meteoroloji Dairesi'nden daha hızlı bir şekilde uyarı yayınlatabildiği ortaya konulmuştur. Uyarı yolu olarak e-mail gönderme yöntemi tercih edilmiştir. Bu makalede depremlere ek olarak tayfunlardan da bahsedilmiş, benzer teknolojilerin tayfunun yörüngesinin tespiti için kullanılabilmesi vurgulanmıştır.

Tayvan'da 2009 yılında meydana gelen tayfun felaketinde sosyal ağların kullanımına

dikkat çeken Huang ve diğerleri, profesyonel yardım ekiplerinin Twitter gibi araçlardan faydalandığından bahsetmiştir [13]. Sosyal ağların doğal afet acil yardım planlarına dahil edilmesinin hız, bütçe, erişilebilirlik gibi açılardan yararlı olacağına altı çizilmektedir.

Japonya'da yapılan bazı çalışmalar sadece 2011 Tohoku depremine odaklanmıştır. Neubig ve diğerlerinin geliştirdiği ANPI_NLP isimli uygulama, doğal dil işleme metotlarını kullanarak depremden sonra gönderilen Twitter içeriklerini sınıflandırmış, kişi ve şehir listeleri kullanarak yardıma muhtaç durumda olan, aranan, bulunan kişi bilgilerini ihtiyacı olan otoritelere hızlı bir şekilde ulaştırmıştır [17]. Doan ve diğerleri deprem anından itibaren yazılan tweetleri inceleme fırsatı bulmuş, Japonca ve İngilizce tweetler arasında çarpıcı farklar ortaya koymuştur [8]. Yayınlanan sonuçlara göre, Japonca tweetler İngilizce tweetlerden çok daha hızlı yazılmış, İngilizce tweet derleminde panik görülürken Japonca tweet kümesinde hızlı bir sakinleşme göze çarpmıştır. Murai'nin çalışması aynı deprem için kullanılan Twitter'a özgü etiket (hashtag) kelimeleri üzerine odaklanmıştır [15]. Bu çalışmada 77 etiket 9 ana kategoriye ayrılmış, ve her bir etiket kullanımının 3 aylık süre zarfındaki azalışı gözlemlenmiştir. Bu çalışma ayrıca en çok kullanılan etiket kategorisinin ev hayvanları hakkında olduğunu oraya koymuştur.

Earle ve diğerleri California bölgesindeki tweetleri inceleyerek benzer bir çalışma ortaya koymuştur [9]. Bu çalışmada deprem olduğunu göstermediği halde deprem ile ilgili yazılan içerikler vurgulanmıştır. ABD üzerinde yapılan bir diğer çalışma, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu tarafından yapılmış, Guy ve diğerleri TED ismini verdikleri uygulamayı sismograf verisine entegre etmeyi denemiştir [12]. Çalışmada veriyi incelemenin zorluklarından da bahsedilmiştir.

Muralidharan ve diğerlerinin Haiti bölgesinde yaptıkları çalışma, sivil toplum kuruluşları ile medya kuruluşları arasında gözlenen tutum farkını göstermiştir [16]. Yardımseverlik

kurumlarının 2010 Haiti Depremi üzerine Twitter'a gönderdikleri içeriklerin basının gönderdiklerinden çok daha pozitif olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca bu iki grubun daha fazla iletişim halinde olması önerilmiştir.

Türkiye, Yunanistan ve Romanya üzerinde her ülkenin kendi dilinde yapılan bir çalışmada başarılı sonuçlar alınmış, çalışmayı yapan Zielinski ve diğerleri geliştirdikleri uygulamanın sismografik sensör ağına dahil edilebileceğini söylemiştir [21].

Anıt'ın yaptığı benzer bir çalışmada Twitter üzerinden deprem ve yangın tespiti yapılmaya çalışılmış, mikroblog gönderilerinden gereksiz kelimeler çıkarılarak bu gönderiler belirli bir şekle uygun hale getirilmiştir [2]. Çalışmanın deprem ile ilgili kısmında 273.843 tweet toplanmış, ve bu sürede gerçekleşen 43 tane 4.5 magnitud ve daha şiddetli depremden 10 tanesi başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

3. Uygulama

Biz de çeşitli sosyal ağları kullanarak başarılı ve yeterince hızlı bir deprem tespiti gerçekleştirebileceğimizi düşünüyoruz. Birden fazla sosyal ağı birlikte kullanarak yapacağımız tespitlerin doğruluk değerlerinin daha yüksek olacağını öne sürüyoruz.

Twitter gibi mikroblog formatında olan, veya Ekşi Sözlük gibi forum formatına daha yakın olan büyük sosyal ağlardan deprem analizi yapabilmek için çeşitli uygulamalardan faydalandık.

Twitter'dan veri elde etmek için Twitter tarafından geliştirilip ücretsiz olarak kullanıma sunulan Twitter arabirimini kullandık. Birçok Twitter arabirimi içerisinde "streaming API" olarak adlandırılan akıntı arabirimi bizim isteklerimize en çok hitap eden olduğu için bu bağlantıdan yararlandık. Bu arabirime belirli kelimeler verildiğinde, Twitter'da yayınlanan alakalı mikroblog

gönderilerine neredeyse gerçek zamanlı bir şekilde ulaşılabilir. Bu arabiriminden yararlanabilmek için basit bir betik geliştirdik. Twitter Streaming API arabirimi ile çalışan uygulamalara 15 dakikalık zaman diliminde en fazla 15 istek yapılabilme hakkı tanınıyor [20]. Bizim uygulamamız sadece başlatılırken 1 defa istek yaptığı, sonrasında hiç durdurulmadan çalışmaya devam ettiği için bu limit bizim için bir sorun oluşturmuyor. Ancak Twitter, Streaming API arabirimi üzerinden mevcut verilerin en fazla %1'ini iletebileceğini belirtiyor. %1'lik oranın aşılması durumunda Twitter bunu bir hata mesajıyla bildirerek kaç tane gönderiyi ıskaladığımız bilgisini de bizimle paylaşıyor. Bu sayede gönderilerin içeriğini kaçırmış olsak bile sayılarına erişebiliyoruz.

Biz Twitter için çalışan uygulamamızda "deprem" ve "sallandık" anahtar kelimelerini kullandık. Anahtar kelime listesi doğal afet olan deprem ile ilgili kelimeler eklenerek güçlendirilebilir. Ayrıca "ekonomide deprem" gibi yalancı pozitif oranını artıran içeriklerin engellenmesi için çeşitli çekim sonrası işlemler uygulanabilir. Bu işlemlere gereksiz kelime çıkarımı, kelime/karakter sayı sınırlamaları, içeriğin gönderildiği uygulama kısıtlamaları gibi eklemeler de yapılabilir. Biz uygulamamızda herhangi bir çekim sonrası işleme uygulamadık.

11 Aralık 2014 05.04	deprem oldu, geçmiş olsun.
11 Aralık 2014 05.05	Dalmışken yatağımdan sallanarak uyandım. #Deprem
11 Aralık 2014 05.06	Sallandık mı Eskişehirde deprem mi oldu ben mi rüya gördüm :d

Tablo 1: Deprem ile ilgili Twitter içeriği örnekleri

Ekşi Sözlük üzerinden veri elde etmek Twitter ile kıyaslandığında biraz daha uğraş gerektirmektedir. Bunun sebebi Ekşi Sözlük

gibi büyük bir sosyal ağın halka açık bir arabiriminin bulunmamasıdır. Biz Ekşi Sözlük'ten veri çekmek için kendi geliştirdiğimiz ve Kapsamlı Perl Arşiv Ağı'na (CPAN) yüklediğimiz WWW::Eksisozluk isimli modülden faydalandık [7]. Bu modül aracılığıyla Ekşi Sözlük'teki "popüler başlıklar" listesine eriştik. Bu listede son gün içinde Ekşi Sözlük kullanıcılarının en çok içerik eklediği konu başlıkları listelenmektedir. Bu listedeki konular içinde "deprem" kelimesini ve tarih bilgisini barındıranları eleedik.

Konu Başlığı	Filtre Durumu
11 aralık 2014 beşiktaş tottenham hotspur maçı	Deprem Tespiti Değil
11 aralık 2014 eskişehir depremi	Deprem Tespiti
deprem sonrası istanbul yaşamı	Deprem Tespiti Değil

Tablo 2: Ekşi Sözlük konu başlıklarının deprem tespit filtresine göre değerlendirilmesi

11 Aralık 2014 05.03	şimdi oldu. sağlam vurdu ve 5-10 saniye sürdü. merkezi eskişehir mi gerçi bilmiyorum.
11 Aralık 2014 05.04	şöyle bi titretti. hala elim ayağım titriyor.
11 Aralık 2014 05.05	kalp carpıntisiyle uyandırmıştır.
11 Aralık 2014 05.06	sağlam sallamıştır. hissettirdi.

Tablo 3: Deprem ile ilgili Ekşi Sözlük içeriği örnekleri

Resmi bir arabirim olmaması sebebiyle Ekşi Sözlük'e sağlanabilecek erişim limitleri ile ilgili de bir veri yayınlanmış değil. Ancak uygulamamızın sunucu tarafından bakıldığında agresif görünmemesi için biz kendimiz bazı limitler uygulamaya karar verdik. Ekşi Sözlük popüler konu listesine

yapacağımız erişimler için 15 dakikada 1 defa erişim kuralını uygulamaya çalıştık.

Geliştirmiş olduğumuz uygulamaları 3 farklı şekilde çalıştırdık. İlkinde sadece Twitter arabiriminden faydalandık. İkinci durumda sadece Ekşi Sözlük verisini kullanırken, son denememizde bu iki sosyal ağın verilerini birlikte kullanmayı denedik. Her 3 uygulamayı da 13 Aralık 2014 22.30 - 14 Aralık 2014 22.30 arasında 24 saat süreyle çalıştırdık.

3.1 Twitter Analizi

Twitter arabirimi üzerinden kaydettiğimiz gönderileri her 10 saniyede bir saydık. Böylece her 10 saniyelik zaman diliminde deprem ile alakalı olarak gönderilen içerik sayılarına eriştik. Bu bilgiyi incelerken saniyede 1 tweet barajını uyguladık. 10 saniyelik herhangi bir zaman diliminde 10'dan fazla gönderi yapılırsa, uygulamamız bu ve etrafındaki zaman dilimlerini kümeleyerek deprem tespiti olarak işaretledi.

Zaman Bilgisi ve Tweet Sayısı
14 Aralık 2014 16.17.00 66
14 Aralık 2014 16.17.10 65
14 Aralık 2014 16.17.20 19
14 Aralık 2014 16.17.30 2
14 Aralık 2014 16.17.40 0
14 Aralık 2014 16.17.50 0

Tablo 4: Twitter analizinin örnek çıktısı. Tablo üzerinde barajı geçen bir küme (deprem tespiti) görülüyor.

Twitter üzerinden yapılan tespitlerde yanlış pozitif tespitleri ile ilgili ciddi sorunlar ile karşılaştık. Deprem olduğu bilgisini içermediği halde deprem kelimesini içerdiği için uygulamamız tarafından yakalanan çok sayıda tweet gözümüze çarptı.

3.2 Ekşi Sözlük Analizi

Ekşi Sözlük üzerinden yapılan incelemede popüler konu başlıkları içerisinde deprem kelimesini ve tarih bilgisini içeren başlıklar arandı. Her 15 dakikada bir bu arama işlemi tekrarlandı. İlgili bir konu başlığının bulunması deprem tespiti anlamına gelecekti.

3.3 İki Ağın Birlikte Analizi

Birlikte kullanım fikri, Twitter üzerinde çok sayıda yanlış pozitif tespiti yapılmasını düzeltmek amacıyla geliştirildi. Bu yöntemin başka bir avantajı, Ekşi Sözlük sunucusundan yapılan isteklerin oldukça azaltılmış olmasıydı. Bu sayede Ekşi Sözlük sunucusu tarafından agresif olarak işaretlenme riskimizi düşürmüş olduk.

İki ağın birlikte kullanımı, Twitter uygulamasının tespitlerinin Ekşi Sözlük uygulamasını tetiklemesi prensibi üzerine inşa edildi. Twitter uygulaması deprem tespit eder etmez Ekşi Sözlük uygulamasını çağırarak, ve tespitini teyit edilmesini isteyecekti.

4. Sonuç

24 saat içerisinde yakaladığımız 2.153 tweet içerisinde barajı geçen 4 küme tespit edildi. Kandilli Rasathanesi'nin listesinden yaptığımız karşılaştırmalar sonucu her dört tespit de yanlış pozitif olduğu sonucuna ulaştık [14]. Ekşi Sözlük uygulaması ise 24 saat boyunca herhangi bir tespit gerçekleştirmedi. İki uygulamanın birlikte çalışması da herhangi bir deprem tespit edemedi. Bu sonuçlarda deney süresinin çok kısa olması, bu süre boyunca 3.0 magnitüden büyük sadece 1 deprem gerçekleşmesi gibi sebeplerin etkili olduğuna inanıyoruz. Çalışmamızı 1 ay veya 1 yıl gibi uzun sürelerle yayarak daha kesin sonuçlar almayı hedefliyoruz.

Yaptığımız kısa deneyin olumlu bir sonucu olarak, Ekşi Sözlük'ün Twitter'ı teyit etmek için kullanılmasının deprem tespitlerindeki doğruluk oranını artırdığını söyleyebiliriz. Ekşi Sözlük gibi büyük bir sosyal ağın önemli verilere sahip olduğunu böylece gözlemlemiş olup, bu değerli ağa bağlanan halka açık bir arabirim geliştirilmesinin gelecekte yapılacak araştırmalar için oldukça yararlı olacağı kanısındayız.

5. Kaynaklar

- [1] Alexa.com, "Top Sites in Turkey", **Online**, <http://www.alex.com/topsites/countries/TR>, Erişim 12 Ara. 2014.
- [2] Anıt H., "Emergency situation notification based on social networks for mobile devices", **MS Thesis**, Bogazici University.
- [3] Balamir M., "Türkiye yeni bir deprem stratejisi mi geliştiriyor?", **Mimarlık Dergisi**, no. 295, pp. 44-47, 2000.
- [4] Başoğlu M., Şalcıoğlu E., ve Livanou M., "Traumatic stress responses in earthquake survivors in Turkey", **Journal of Traumatic Stress**, vol. 15, pp. 269-276, Aug. 2002.
- [5] Bland S. H., Farinano E., Krogh V., Jossa F., Scottoni A., ve Trevisan M., "Long term relations between earthquake experiences and coronary heart disease risk factors", **American Journal of Epidemiology**, vol. 151, pp. 1086-1090, June 2000.
- [6] Catalog of Damaging Earthquakes, "Utsu Catalog", **Online**, http://isee.kenken.go.jp/cgi-bin/utsu/result_eng.cgi, Erişim 12 Ara. 2014.
- [7] Cpan.org, "WWW::Eksisozluk", **Online**, <http://search.cpan.org/dist/WWW-Eksisozluk/lib/WWW/Eksisozluk.pm>, Erişim 14 Ara. 2014.
- [8] Doan S., Vo B.-k. H., ve Collier N., "An analysis of Twitter messages in the 2011 Tohoku earthquake", **Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering**, vol. 91, pp. 58-66, 2012.
- [9] Earle P., Guy M., Buckmaster R., Ostrum C., Horvath S., ve Vaughan A., "OMG earthquake! Can Twitter improve earthquake response?", **Seismological Research Letters**, vol. 81, pp. 246-251, Mar. 2010.
- [10] Erdik M., Fahjan Y., Özel O., Alcik H., Mert A., ve Gül M., "Istanbul earthquake rapid response and the early warning system", **Bulletin of Earthquake Engineering**, pp. 157-163, 2003.
- [11] Erkan T. ve Değerliyurt M., "Türkiye'de afet yönetimi", **Doğu Coğrafya Dergisi**, vol. 14, no. 22, pp. 147-164, 2009.
- [12] Guy M., Earle P., Ostrum C., Gruchalla K., ve Horvath S., "Integration and dissemination of citizen reported and seismically derived earthquake information via social network technologies", **Lecture Notes in Computer Science**, vol. 6065, pp. 42-53, 2010.
- [13] Huang C.-m., Chan E., ve Hyder A. A., "Web 2.0 and internet social networking: a new tool for disaster management? Lessons from Taiwan", **BMC Medical Informatics and Decision Making**, vol. 10, p. 57, Jan. 2010.
- [14] Koeri.boun.edu.tr "Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Türkiye ve Yakın Çevresindeki Son Depremler", **Online**, <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst2.asp>, Erişim 14 Ara. 2014
- [15] Murai H., "東日本大震災後のTwitter利用傾向—震災関連ハッシュタグの計量的分析 (Twitter trends following the great east Japan earthquake: a quantitative analysis of earthquake-related hashtags)", **Joho Chishiki Gakkaishi**, vol. 22, no. 2, pp. 97-106, 2012.
- [16] Muralidharan S. ve Rasmussen L., "Hope for Haiti: An analysis of Facebook and Twitter usage during the earthquake relief efforts", **Public Relations Review**, vol. 37, pp. 175-177, 2011.
- [17] Neubig G., Matsubayashi Y., Hagiwara M., ve Murakami K., "Safety Information Mining - What can NLP do in a disaster", **Proceedings of International Joint Conference on Natural Language Processing**, pp. 965-973, 2011.
- [18] Robinson B., Power R., ve Cameron M., "A sensitive Twitter earthquake detector", **WWW '13: Proceedings of the 22th International Conference on World Wide Web**, pp. 999-1002, 2013.
- [19] Sakaki T., Okazaki M., ve Matsuo Y., "Earthquake shakes Twitter users: real-time event detection by social sensors", **WWW '10: Proceedings of the 19th International Conference on World Wide Web**, p. 851, 2010.
- [20] Twitter.com, "API Rate Limits", **Online**, <https://dev.twitter.com/rest/public/rate-limiting>, Erişim 14 Ara. 2014.
- [21] Zielinski A. ve Bügel U., "Multilingual Analysis of Twitter News in Support of Mass Emergency Events", **EGU General Assembly Conference Abstracts**, vol. 5, p. 8085, 2012.