

AFET YÖNETİMİNDE ALGILAYICI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

Can Demirkesen¹, Sevgi Zübeyde Gürbüz¹, Ufuk Sakarya¹, Hüsne Seda Deveci¹, Seda Tankız¹, Feray Öztoprak¹, Özgün Yılmaz¹, İlkay Atıl¹, Mehmet Ali Arabacı¹, Nihan Akbaba², Özge Mişe², Mustafa Teke¹

1. TÜBİTAK UZAY Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, ODTÜ Yerleşkesi, 06531, Ankara
2. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara
{can.demirkesen, sevgi.gurbuz, ufuk.sakarya, seda.deveci, seda.tankiz, feray.oztoprak, ozgun.yilmaz, ilkay.atil, mehmet.arabaci, mustafa.teke}@tubitak.gov.tr
{nihan.akbaba, ozge.mise}@afad.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada afet yönetiminde uzaktan algılama ve algılayıcı teknolojilerinin farklı afetlerdeki etkin kullanımı aktarılmaktadır. İncelenen teknolojiler aktif ve pasif algılayıcılar başlıkları altında toplanarak her algılayıcı için kullanımının uygun olacağı afet türü dâhilindeki kullanım imkânları aktarılmıştır. İleri teknoloji algılayıcıların afet öncesi, afet anı ve sonrasında etkin bir şekilde kullanımı sayesinde afet, etkisini azaltma, tespit etme ve müdahale etme gibi afet yönetimi adımlarında önemli faydalar sağlanması mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: afet yönetimi, algılayıcı teknolojileri.

ABSTRACT

USAGE OF SENSOR TECHNOLOGIES IN DISASTER MANAGEMENT

In this paper, effective usage of remote sensor technologies for disaster management is discussed for different kinds of disasters. Discussed sensor technologies are grouped into two as active and passive sensors and appropriate usage for each sensor is presented. It is possible to benefit from such high technology sensors at before, during and after disaster periods for effective disaster management activities such as damage prevention, reduction, identification and recovery.

Keywords: disaster management, sensor technologies

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama ve algılayıcı teknolojileri afet yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Hangi afette hangi teknolojinin etkin rol oynayacağı açık bir sorudur. Afet öncesinde hazırlıklı olma, zarar azaltımı, afet anında müdahale, afet sonrasında hasar tespiti ve iyileştirme gibi afet yönetiminin her aşamasında mevcut tüm teknolojilerin etkin kullanımı hayati öneme sahiptir (Percivall, Alameh, Caumont, Moe, & Evans, 2013). T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) afet yönetiminde uzay ve havacılık teknolojilerinin araştırılması ve 14 farklı afet türüne ilişkin literatürün incelenmesi amacıyla yakın zamanda İZGE projesini gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma da İZGE projesinin çıktılarında biridir. Takip eden bölümlerde algılayıcılar, aktif ve pasif algılayıcı başlıkları altında toplanarak uygun kullanımları aktarılmıştır.

2. AKTİF ALGILAYICILARIN KULLANIMI

Aktif algılayıcılar görüntüledikleri sahneyi gün ışığına ihtiyaç duymadan kendileri aydınlatır. Aktif algılayıcılara örnek olarak SAR ve LiDAR verilebilir

A. Sentetik Açıklıklı Radar

Sentetik açıklıklı radar (SAR), askeri ve sivil uygulamaları olan, günışığından bağımsız, hava koşullarından az etkilenen bir algılayıcıdır. Hareketli bir platform üzerine yerleştirilen SAR algılayıcısı, mikrodalga vurumlar yayar ve geri yansımayı toplar. SAR görüntüleme, yansıyan sinyalden hedefin görüntüsü oluşturulur. Görüntüleme yönü platformun hız vektörüne diktir. SAR görüntüsünün iki boyutundan biri menzildir. Menzil radardan hedefe gönderilen vurumun ne kadar zamanda geri yansıdığı ölçülerek bulunur. Diğer boyut azimut diye adlandırılır. Menzil uçuş rotasına dik yöndeki, azimut açısı ise uçuş rotası yönündeki mesafe olarak tanımlanır (Sabins, 1997). SAR'ın kullanıldığı afet türlerinin başında deprem ve tsunami gelmektedir. COSMO-SkyMed, ERS-1, JERS-1 ve RADARSAT gibi SAR görüntüleme uydularının verileri deprem araştırmalarının çoğu aşamasında kullanılmaktadır (Dell'Acqua, Lisini, & Gamba, 2009). Sel baskını (Büchle, et al., 2006), su taşkını (El-Sayed) ve toprak kaymasında (Akbar & Ha, 2011) da SAR görüntülerinden faydalanılmaktadır. Bu teknolojinin bu tip afetlerde kullanılmasının başlıca sebebi değişiklik tespiti ve analizini kolaylaştırmasıdır. Afet öncesi ve sonrası SAR görüntüleri karşılaştırıldığında yıkılan veya zarar gören yapılarındaki farklılıklar kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Ayrıca, deprem tahmini çalışmalarında SAR görüntüleri yer kabuğundaki deformasyonların incelenmesinde kullanılmaktadır (Catani, Farina, Moretti, Nico, & Strozzi, 2005). Bu deformasyonlar çizgisellik ve yükseklik değişimleri olmak üzere iki ana başlıkta sınıflandırılır.

TerraSAR-X, Radarsat-2 ve ALOS PALSAR gibi SAR uyduları eşzamanlı çeşitli polarizasyon verileri sağlamaktadır. SAR polarizasyon bilgisi değerli sonuçlar sağlayarak optik gözlemlerle bütün oluşturmaktadır (Park, Yamaguchi, Singh, & Kobayashi, 2012).

SAR girişim ölçümü ile birden fazla SAR görüntüsü kullanarak yüzeyin yükseklik haritası çıkarılır (Sabins, 1997). Bu teknik kullanılarak yüzeyde meydana gelen değişimler santimetre mertebesinde ölçülebilir. SAR girişim ölçümü, depremler nedeniyle oluşan yer deformasyonlarının haritalanmasında en iyi yöntemlerden birisi olarak değerlendirilebilir (Catani, Farina, Moretti, Nico, & Strozzi, 2005) (Gens & Van Genderen, 1996). Aynı zamanda afet öncesi ve sonrası ya da sürecin herhangi bir aşamasında oluşan deformasyonun faz farklarını hesaplamada da kullanılır (Christophe, Chia, Yin, & Kwoh, 2010).

SAR görüntülerinin etkin olarak kullanıldığı bir başka alan ise endüstriyel kazaların afet yönetimidir. Özellikle kömür madenlerinde meydana gelen kazalar sonrasında yüzeyde oluşan çöküntüler ve bozulmaların tespiti için yine SAR görüntülerinin kullanımı önerilmektedir (Ottl, Roth, Voigt, & Mehl, 2002).

Petrol sızıntıları çevreye ciddi şekilde zarar verebilecek kazalardandır. Bu alanda en çok tercih edilen uzaktan algılamanın SAR görüntüleri olduğu ve petrol sızıntılarını ayırt etmekte iyi sonuçlar alındığı görülmüştür (Brekke & Solberg, 2005).

B. LiDAR (Light Detection And Ranging)

LiDAR lazer vurumlarının yansımalarından mesafe ölçme esası ile çalışır (Sabins, 1997). LiDAR hassas Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) çıkarılması gereken tüm afetlerde kullanılabilir. Faylanmanın yüzey izlerinin haritalanmasında dikeyde ve yatayda sağladığı yüksek çözünürlük daha önceden keşfedilememiş fayların bulunmasında önemlidir. Özellikle aktif fayları tespit etmede başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Hunter, Howle, Rose, & Bawden, 2011).

Yüksek çözünürlüklü hava-platformlu (airborne) LiDAR görüntüleri faya bağlı jeomorfoloji çalışmalarında fay hatlarını gözlemlene ve analiz etmede oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Bu sensörün yoğun bitki örtüsünden etkilenmemesi ve yüzey şekilleri nedeniyle ulaşılması zor olan bölgelerden veri toplayabilmesi büyük kolaylık sağlamaktadır. LiDAR ile elde edilecek hassas sayısal yükseklik modeli ile deprem öncesindeki fay hareketlerinin daha yüksek doğruluk oranı ile ölçülebilmesi mümkündür. Deprem afeti sonrası yerleşim bölgelerinde hızlı hasar tespiti için insan yapısı nesnelere bulunabilir. Hasar görmüş yapıların tapu kadaströ bilgileri de mevcut ise yükseklik analizinden hasar seviyesi bulunabilir. Hasar seviyesi binalardaki ölçüm yapılabilen alandaki kırık ve çatlakların analiz edilmesi ile bilinebilir. Özellikle gece saatlerinde gerçekleşen afetler için LiDAR'dan etkili bir şekilde faydalanılarak hızlı SYM oluşturulabilir.

Toprak kaymasıyla ilgili çalışmalarda radar (SAR, InSAR) ve LiDAR gibi farklı kaynaklardan elde edilen verilerin kullanıldığı görülmüştür (Hong, Adler, & Huffman, 2007). Yakın zamanda yapılan çalışmalar LiDAR tabanlı SYM'nin hiperspektral görüntüleme ile beraber kullanımının (veri kaynaştırma) otomatik analiz performanslarını artırdığını göstermiştir (Demirkese, Teke, & Sakarya, 2013).

LiDAR verisi topoğrafya ile ilgili çok detaylı ve doğru bilgi sağlaması sayesinde özellikle sel baskını ve su taşkını benzetimlerinde önemli rol oynamaktadır. Sel ile ilgili çalışmalarda, İngiltere'deki Tewkesbury yakınlarında 2007 yılında gerçekleşen selin TerraSAR-X görüntüleri kullanılmıştır. Doğrulama amacıyla Alman Havacılık ve Uzay Merkezi (DLR) SAR benzetimcisi (SETES) ile suyun ağaçlardan ya da binalar nedeniyle görülemediği yerler için LiDAR verisi kullanılmıştır (Mason, et al., 2010).

C. İyonosonda

İyonosonda İyonosferi incelemek için kullanılan özel bir radardır. İyonosonda yüksek frekanslı (HF) verici (1,6 – 12 MHz), HF alıcı, kullanılan frekans aralığında çalışan bir anten ve sayısal kontrol ve veri analizi bileşenlerinden oluşmaktadır. İyonosondanın çalışma prensibi özetle şu şekildedir: Verici belirlenen frekans aralığının tamamını süpürerek kısa vurumlar gönderir. Gönderilen vurumlar İyonosferin farklı katmanlarından yansıyarak geri döner. Bu katmanlar 100 ila 400 km yüksekliklerdedir. Geri dönen yansımalar kontrol sistemi tarafından analiz edilir. Sonucun gösterildiği eğrilere İyonogram adı verilir.

Yapılan çalışmalarda büyüklüğü 6,0'ı geçen tüm depremlerin İyonosferde ölçülebilir değişimlere sebep olduğu saptanmıştır (Pulinets & Boyarchuk, 2004). Bu incelemelerde, gerçekleşen büyük depremler öncesinde ya da sırasında İyonosferdeki toplam elektron içeriğinde (TEİ), İyonosonda cihazlarının ölçümlerinde ve uydulardan ölçülen elektron yoğunluğu ve sıcaklığında değişimler tespit edilmiştir. Bu sebeple deprem tahmini çalışmaları kapsamında yapılan faaliyetlerden biri de İyonosferdeki değişimlerin izlenmesidir. İyonosonda İyonosferdeki değişimlerin tespiti takibinde kullanılan önemli bir teknolojidir.

3. PASİF ALGILAYICILARIN KULLANIMI

Pasif algılayıcı mimarilerinde hedeften gelen enerjinin kaynağı görüntüleyiciden farklı bir kaynaktır (örn. Güneş). Elektro-optik görüntüleyiciler pasif algılayıcılara örnek gösterilebilir. Bu tip görüntüleyiciler hedeften yansıyan ya da hedefin ürettiği ışığı ölçerler. Görüntüleme uydularının çoğunda pasif algılayıcılar kullanılmaktadır.

Pankromatik ve multispektral algılayıcılar tüm afet türlerinde kullanılabilir. Pankromatik ve multispektral algılayıcılardan gelen veriler pan keskinleştirme işlemi ile birleştirilerek yüksek mekânsal çözünürlüklü renkli görüntü elde edilmektedir. Bu görüntülerde çekilen sahnenin geometrik detayları insan gözüyle rahatlıkla görülebilmektedir. İnsan algısına uygunluğu bakımından bir operatörün gözle incelemesi için yüksek çözünürlüklü elektro-optik görüntüler önemli rol oynamaktadır.

A. Hiperpsktral Görüntüleme

Hiperspektral görüntüleme (HSG) günümüzde uzaktan algılama alanında en çok çalışılan ve hızla gelişen tekniklerden biridir. HSG genellikle görünür banttan yakın-kızılötesine kadar olan spektrumu kapsayan, dalga boyu olarak birbirine yakın ardaşık yüzlerce bant içermektedir.

HS, multispektral algılayıcılardan farklı olarak, görüntülenen hedefin kimyasal özellikleri hakkında bilgi verir (Sabins, 1997). HS görüntüdeki her bir piksel bir spektrum ile temsil edilir. Spektrum temel olarak ışığın farklı dalga boylarındaki yansıma/ışınma değerlerinden oluşan bir dizidir. Kimyasal özelliklerin hedeften gelen radyasyonun ölçülmesi ile anlaşılmasında, kullanılan dalga boyları önemli bir rol oynamaktadır.

HSG’de birçok bant olması fiziksel nedenlerden dolayı uzamsal çözünürlükten ödün vermeyi gerektirmektedir. Uydu platformlarında kullanılan modern HS kameraların uzamsal çözünürlüğü 30 m civarındadır. Düşük uzamsal çözünürlüğün bir neticesi olarak bir pikselde birçok malzeme (su, toprak, bitki, vs.) bulunabilmektedir. Bu da piksel tabanlı detaylı analizleri güçleştirmektedir.

Hiperspektral görüntüleme sel afetinde su bölgelerinin yüzey alanını tespit etmede veya ırmak ve göllerin derinlikleri hakkında bilgi toplamak için kullanılabilir. Orman kaynaklarının bilinmesi ve zarar gören bölgelerde hangi tür bitki olduğunun belirlenmesinde kullanılabilir (Hao, HengJia, & BoChun, 2011). Diğer yandan, kuraklığa sebep olan bitki ve zararlı böceklerin tespitinde (Teke, Deveci, Haliloğlu, Gürbüz, & Sakarya, 2013) veya petrol ve kimyasal madde sızıntılarında toprak ve su bölgelerinin zarar tespitinde kullanılabilir (Zhou & Wang, 2012).

Orman yangınları ile ilgili yapılan araştırmalara incelendiğinde, hiperspektral görüntülerin dar bantlı, çok kanallı olması ve görüntü ve spektrum bilgilerini birleştirme gibi avantajları olması nedeniyle orman yangını izleme, zararlı izleme ve orman kaynaklarındaki değişimin araştırılması gibi geniş kullanım alanlarının olduğunu görülmüştür. Orman afetlerinin izlenmesinde hiperspektral uzaktan algılamanın başarısı, orman ağaç türlerinin ayırt edilebilmesi ve farklı orman gelişme durumları ve ormanın çeşitli fiziksel parametrelerinin değerlendirilmesine bağlıdır (Rebhi & Belghoraf, 2011).

B. Termal Bant

Termal bant olarak adlandırılan dalga boyları 3 mikrometreden 1 santimetreye kadar olan spektral aralıktır. Bu bant aralığında hedeften gelen yansımanın yanı sıra hedefin yaydığı radyasyon da ölçülür (Sabins, 1997). Termal görüntüleme teknolojisinde hedefin sıcaklığı hedeften gelen radyasyonun ‘blackbody’ (BB) adı verilen bir referans ile karşılaştırılması ile bulunur. BB gerçekte var olmayan, ideal bir kavramdır. Tüm dalga boylarındaki radyasyonu soğurduğu ve yine tüm dalga boylarında ışınma yaptığı varsayılır. BB hiçbir dalga boyundaki ışığı yansıtmaz, önce soğurur ve sonra ışınma yapar. Tüm modern termal kameraların BB gibi davranan kalibrasyon parçaları vardır. Biri sıcak ve biri soğuk olmak üzere iki adet olan BB’ler algılayıcıda ölçülen radyasyon değerinin kalibrasyonunda kullanılır. Böylece hedefin sıcaklığı termal kamera ile doğru şekilde ölçülebilir.

AVHRR, EOS, MODIS, ASTER, GOES, METEOSAT gibi uyduların termal bantları mevcuttur. Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), gibi termal kızılötesi uydu sensörleri 0,5 – 1 °C hassasiyetinde sıcaklık ölçümü yapabilmektedirler (Ouzounov, et al., 2007).

Deprem tahmini ve uyarı sistemleri için termal anomalilerin tespiti önemli rol oynamaktadır (Choudhury, Dasgupta, Saraf, & Panda, 2006). Geçmiş sıcaklık verilerinin yeni alınan sıcaklık verileriyle karşılaştırılması sonucu anomaliler tespit edilebilir. Genellikle, MODIS, NOAAVHRR, ASTER ve Landsat TM/ETM gibi uyduların termal bantları kullanılarak anomaliler tespit edilebilmektedir (Zuji, Zuoxun, Jie, Ai'nai, & Xie, 2009). Birçok deprem incelenmiş ve birkaç gün öncesinde termal anomali tespit edilmiştir (2001 Bhuj, Gujarat 5-6 gün, 2012 Varzeghan, İran depremi 2-7 gün, 2004 Sumatra depremi 5 gün, 2008 Sichuan Wenchuan depremi 7 gün). Termal sensörlerin deprem faaliyetlerinin görüldüğü alanlarda verdikleri yüzey sıcaklık bilgisinden depremlerle ilgili bilgi sağlanabilir. Termal anomaliler genellikle uzun fay hatlarında ve bu fay hatlarının kesiştiği bölgelerde gözlenmektedir (Akhoondzadeh, 2013).

Kömür madenlerinde ısı artışı sonrası meydana gelebilecek kazaların önüne geçilmesi için termal bantlı uydular ile sıcaklığın izlenmesi ve kaza olduktan sonra müdahale için yine termal bant kullanılarak bilgi edinildiği çalışmalar bulunmaktadır (Mishra, Bahuguna, & Singh, 2011).

Nükleer kazaların çevreye etkisi diğer kazalara göre oldukça fazla olmakta ve etkisi yıllarca devam etmektedir. Nükleer santrallerin çalışmaktayken veya bir kaza sonrasında soğutma havuzları veya atıklarını boşalttıkları denizleri

sıcaklık değişimi yönünden inceleyen pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda farklı uydu ve sensörlerin termal bantlarının kullanıldığı görülmüştür (Dai, Guo, Lin, Wei, & Ye, 2012) (Richter, Lehmann, Haydn, & Volk, 1986).

C. Meteoroloji Uydularında Kullanılan Algılayıcılar

Meteoroloji uydularının en önemli faydalarından biri, yer gözlem istasyonları kurulamadığı için verilerin toplanamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar, kutup bölgeleri gibi çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilebilmesidir.

Bulutluluk, ozon miktarı ve derişimi, buzul alanlarının, atmosferik sıcaklık ve nem profillerinin, yağış miktarının tespiti, kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi pasif algılama ile okyanus dalga boyu, dalga yüksekliği, deniz yüzeyi rüzgâr hızı ve yönünün tespiti aktif algılama ile yapılmaktadır (Sabins, 1997).

4. SONUÇ

Bu çalışmada aktarılan algılayıcı teknolojilerinin hangi afetlerde kullanıldığından bahsedilmiştir. Elektro-optik sensörlerin gün ışığına bağımlı olması bu tip sensörlerin yalnızca çok iyi aydınlanma şartlarında iyi görüntü alabilmesine neden olmaktadır. SAR ve elektro-optik sensörler karşılaştırıldığında çekim şartlarının esnekliği bakımından SAR daha avantajlı görünürken, görüntülerin görsel olarak yorumlama kolaylığı bakımından elektro-optik verisinin daha avantajlı olduğu söylenebilir. Multispektral optik ve SAR görüntülerinin diğer teknolojilere göre literatürde daha fazla çalışılması bu verilerin nispeten daha kolay temin edilebilmesi ile açıklanmaktadır. Bu iki görüntüleme biçiminin beraber kullanılması durumunda analizlerin daha güvenilir ve başarılı olacağı düşünülmektedir.

Güncel sayısal yükseklik modeline (SYM) ihtiyaç duyulan tüm afetler için LiDAR teknolojisi tavsiye edilmektedir. LiDAR teknolojisi ile hava platformundan hızlı bir biçimde SYM üretilebilmektedir. Toprak kayması, sel ve depremde afet öncesi ve sonrası LiDAR kullanımı artarken, hiperspektral görüntülemenin de bu afetlerde kullanım alanı bulduğu dikkat çekmektedir. Termal görüntüleme orman yangınları, endüstriyel kazalar ve terör olaylarında önem kazanmıştır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akbar, T., & Ha, S. (2011). Landslide hazard zoning along Himalayan Kaghan Valley of Pakistann by integration of GPS, GIS, and remote sensing technology. *Landslides*, 8(4), 527-540. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-011-0260-1>
- Akhoondzadeh, M. (2013). An adaptive network-based fuzzy inference system for the detection of thermal and TEC anomalies around the time of the Varzeghan, Iran, Mw=6.4 earthquake of 11 August 2012. *Advances in Space Research*.
- Brekke, C., & Solberg, A. H. (2005). Oil spill detection by satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 95(1), 1-13. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425704003724> adresinden alınmıştır
- Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., . . . Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Science*, 6(4), 485-503.
- Catani, F., Farina, P., Moretti, S., Nico, G., & Strozzi, T. (2005). On the application of SAR interferometry to geomorphological studies: estimation of landform attributes and mass movements. *Geomorphology*, 66(1), 119-131.
- Choudhury, S., Dasgupta, S., Saraf, A. K., & Panda, S. (2006). Remote sensing observations of pre-earthquake thermal anomalies in Iran. *International Journal of Remote Sensing*, 27(20), 4381-4396.
- Christophe, E., Chia, A. S., Yin, T., & Kwok, L. K. (2010). 2009 earthquakes in Sumatra: The use of L-band interferometry in a SAR-hostile environment. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International*, (s. 1202-1205).
- Dai, X., Guo, Z., Lin, Y., Wei, C., & Ye, S. (2012). Application of satellite remote sensing data for monitoring thermal discharge pollution from Tianwan nuclear power plant in eastern China. *Image and Signal Processing (CISP), 2012 5th International Congress on*, (s. 1019-1023).
- Dell'Acqua, F., Lisini, G., & Gamba, P. (2009). Experiences in optical and SAR imagery analysis for damage assessment in the Wuhan, may 2008 earthquake. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009, 4*, s. IV-37-IV-40.
- Demirkesen, C., Teke, M., & Sakarya, U. (2013). A multi-modal landuse classification architecture based on hyperspectral-dem fusion. *5. APSCO Sempozyumu*. Ankara.
- El-Sayed, S. M. (tarih yok). *Flood Management using remote sensing*.
- Gens, R., & Van Genderen, J. (1996). Review Article SAR interferometry—issues, techniques, applications. *International Journal of Remote Sensing*, 17(10), 1803-1835.

- Hao, Z., HengJia, S., & BoChun, Y. (2011). Application of Hyper Spectral Remote Sensing for Urban Forestry Monitoring in Natural Disaster Zones. *Computer and Management (CAMAN), 2011 International Conference on*, (s. 1-4).
- Hong, Y., Adler, R., & Huffman, G. (2007). An Experimental Global Prediction System for Rainfall-Triggered Landslides Using Satellite Remote Sensing and Geospatial Datasets. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 45(6), 1671-1680.
- Hunter, L., Howle, J., Rose, R., & Bawden, G. (2011). LiDAR-assisted identification of an active fault near Truckee, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101(3), 1162-1181.
- Mason, D., Speck, R., Devereux, B., Schumann, G. J.-P., Neal, J., & Bates, P. (2010). Flood Detection in Urban Areas Using TerraSAR-X. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 48(2), 882-894.
- Mishra, R., Bahuguna, P., & Singh, V. (2011). Detection of coal mine fire in Jharia Coal Field using Landsat-7 ETM+ data. *International Journal of Coal Geology*, 86(1), 73-78. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516210002600> adresinden alınmıştır
- Ottl, H., Roth, A., Voigt, S., & Mehl, H. (2002). Spaceborne remote sensing for detection and impact assessment of coal fires in North China. *Acta Astronautica*, 51(1-9), 569-578. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576502000474> adresinden alınmıştır
- Ouzounov, D., Liu, D., Chunli, K., Cervone, G., Kafatos, M., & Taylor, P. (2007). Outgoing long wave radiation variability from IR satellite data prior to major earthquakes. *Tectonophysics*, 431(1), 211-220.
- Park, S.-E., Yamaguchi, Y., Singh, G., & Kobayashi, H. (2012). Polarimetric SAR remote sensing of earthquake/tsunami disaster. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International*, (s. 1170-1173).
- Percivall, G., Alameh, N., Caumont, H., Moe, K., & Evans, J. (2013). Improving Disaster Management Using Earth Observations—GEOSS and CEOS Activities. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1368 - 1375.
- Pulinets, S., & Boyarchuk, K. (2004). *Ionospheric precursors of earthquakes*. Springer.
- Rebhi, M., & Belghoraf, A. (2011). Towards DMC Microsatellites Use in Forest Fire Remote Sensing: Case of Alsat-1 Product-Based False Alarm Rate Assessment. *Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2011 5th International Conference on*, (s. 168-171).
- Richter, R., Lehmann, F., Haydn, R., & Volk, P. (1986). Analysis of LANDSAT TM images of Chernobyl. *International Journal of Remote Sensing*, 7(12), 1859-1867. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431168608948979> adresinden alınmıştır
- Sabins, F. (1997). *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. W. H. Freeman & Co.
- Teke, M., Deveci, H., Haliloğlu, O., Gürbüz, S., & Sakarya, U. (2013). A short survey of hyperspectral remote sensing. *International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2013)*. İstanbul.
- Zhou, K., & Wang, Y. (2012). Band Image Analysis from Oil Spill Hyperspectral Data. *Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2012 2nd International Conference on*, (s. 1-3).
- Zuji, Q., Zuoxun, Z., Jie, W., Ai'nai, M., & Xie, H. (2009). Study on Short-Term and Imminent Earthquake Prediction Using the Satellite Thermal Infrared Technique. *Cooperation and Promotion of Information Resources in Science and Technology, 2009. COINFO '09. Fourth International Conference on*, (s. 372-381).