

DEPREMDE HASAR GÖREN BİNALARIN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE TESPİTİ

A. KAYI, M. ERDOĞAN, A. YILMAZ

Harita Genel Komutanlığı, Dikimevi, 06260 Çankaya Ankara - (abdullah.kayi; mustafa.erdogan; altan.yilmaz)@hgk.msb.gov.tr

ANAHTAR KELİME: Van Depremi, Ortofoto, Sayısal Yüzey Modeli, Değişim Tespiti,

ÖZET:

Deprem, Van şehir merkezinde 23 Ekim 2011 tarihinde saat 13.41'de meydana gelmiştir. Deprem moment magnitüd değeri 7.0, derinliği ise 19 km olarak ölçülmüştür. Van şehir merkezi ve çevre köyler bu yıkıcı depremden etkilenmişlerdir. Birçok bina yıkılmış ve yaklaşık 600 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 252 kişi enkazdan canlı olarak kurtarılmıştır. Yaklaşık 17.000 bina hasar görmüştür. Harita Genel Komutanlığınca 1296 km² lik afet bölgesinin 30 cm çözünürlüğündeki 152 adet hava fotoğrafı UltraCam-X sayısal hava kamerasıyla çekilmiştir. Bu çalışmada, Van depreminin öncesi ve hemen sonrasında ait 4 bantlı hava fotoğrafları yardımıyla yıkılmış binaların otomatik tespiti yapılmıştır. Bu maksatla, hasar tespiti için iki farklı yöntem uygulanmış; hasarlı binalar görüntü farkı ve sayısal yüzey modeli farkı alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Sayısal Yüzey Modeli farkları kullanılarak ve "Alan\Çevre" yaklaşımı ile yıkılmış binalar %91.42 oranında tespit edilmiştir.

KEY WORDS: Van Earthquake, Orthophoto, Digital Surface Model, Change Detection,

ABSTRACT:

An earthquake occurred at Van City on 23 October 2011 at 13:41 local time. The magnitude, moment magnitude and depth of earthquake were respectively MI:6.7, Mw:7.0 and 19.07 km. Van city center and its surrounding villages were affected from this destructive earthquake. Many buildings were ruined and approximately 600 people died, 252 people were saved alive from debris. 17.000 buildings were determined as collapsed and/or heavily damaged. GCM acquired 152 aerial images of the disaster area covering 1296 km² on 24 October 2012 by UltraCamX large format digital aerial camera, with 30 cm ground sample distance (GSD). In this study, ruined buildings were determined automatically by the aid of four bands pre and post aerial images. For this purpose, two different methods were carried out for damage assessment, damaged buildings were tried to be detected by using the differences between images and DSM separately. Damage buildings detection ratio was 91.42 % using DSM differences and with an "Area/Perimeter" approach.

1. GİRİŞ

Türkiye bulunduğu konum itibariyle aktif deprem kuşağında (Akdeniz-Alp-Himalaya) yer almaktadır. Bu kuşak Türkiye'yi Kuzey, Güney ve Batı olmak üzere 3 ana fay sistemi ve buna ek olarak yerel fay sistemleri tarafından kuşatmıştır. Deprem haritası verilerine göre ülke topraklarının %92'si, nüfusunun %95'i, sanayi tesislerimizin %98'i ve barajlarımızın %92'si aktif deprem kuşağında bulunmaktadır. Nüfusumuzun %21.5'i birinci derece ve %31.4'ü ikinci derece deprem bölgesinde yaşamaktadır. Bununla birlikte 2000-2012 yılları arasında irili ufaklı 68.837, 1900 yılından bugüne kadar Türkiye'de belli başlı 182 büyük deprem yaşanmıştır (TMMOB,2012).

23 Ekim 2011 tarihinde yerel saat 13.41'de Van şehir merkezinin yaklaşık 20 km. kuzeyinde 38.68° K – 43.47° D koordinatlarında Van depremi meydana gelmiştir. Deprem derinliği 19.07 km. ve yerel magnitüd değeri 6.7, moment magnitüd değeri ise 7.0 olarak belirlenmiştir (AFAD, 2011). Deprem ve artçı depremler yüzlerce binanın zarar görmesine ve birçok insanın enkaz altında kalmasına neden olmuştur. Şekil-1'de magnitüd değeri 3'den büyük olan depremler gösterilmiştir.

Coğrafi veriler başta deprem olmak üzere afet yönetiminde önemli bir yere sahiptir. Verinin niteliğine göre coğrafi verinin

kullanımı; afet öncesi, afet esnasında ve afet sonrası diye üçe ayrılır. Özellikle afet esnasına ait veri, afetin yıkıcı boyutlarını anlama, kurtarma ve ilkyardım gibi hayati öneme sahip faaliyetleri etkin olarak planlama ve yönetmede, afet sonrasında veri ise altyapı ve yeniden şehirleşme çalışmalarında kullanılmaktadır. (Kayı vd, 2014)



Şekil 1. Depremden sonra M>3 olan 1128 artçı depremin dağılımı 2 Kasım 2011 (EMSC, 2011)

Coğrafi verilerin afet sonrasında etkin kullanılmasına yönelik olarak literatürde uydu görüntülerinden, hava fotoğraflarından ve LIDAR nokta bulutundan yararlanarak yıkılmış binaların otomatik tespit edildiği görülmektedir.

Uydu görüntüleri kullanılarak afet bölgesindeki yıkılmış binaların otomatik olarak tespitinde;

G.BİTELLİ vd. tarafından “Kentsel bölgelerde görüntü değişim analizi; Deprem örneği” adlı çalışmada Landsat 7 (30 m), IRS (5m) ve Quickbird (0.7 cm) çözünürlüğündeki farklı uydu görüntüleri ve farklı eşleme algoritmalarına kullanılarak depremde hasar görmüş binalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda; piksel tabanlı sınıflandırma ile az hasarlı binaları tespit etmede başarılı olamadığı, ayrıca kullanılan görüntüler arasındaki kayıklıklar nedeniyle eşlemenin hatalı sonuç verdiği, görüntü tabanlı sınıflandırmanın daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir (2004).

Deprem sonrasına ait uydu görüntülerinden bulanık mantık yardımıyla hasarlı binaların tespiti adlı çalışmada; 2010 yılında meydana gelen 7.1 (Magnitud değeri) şiddetindeki Yushi depreminde hemen sonra bölgeye ait Quickbird uydu görüntülerinden yıkılmış binalar spektral, desen ve eğim farklarına göre tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonunda 46 yıkılmış binanın 42’si doğru şekilde tespit edilmiş ve % 91 doğruluk sağlanmıştır (Ye vd., 2014).

LIDAR nokta bulutu verisinden yararlı yıkılmış binaların otomatik olarak tespitinde; afet bölgesine ait önce ve sonraki veri setinden bina çatılarında meydana gelen yükseklik farkı ve yoğunluk verisi (intensity data) yardımıyla bina çatılarının doku ve eğim değişimlerinden yıkılmış binaların tespitine yönelik çalışmalar literatürde yer almıştır. (Miriam ve HANS-Peter, 2007), (Labiak vd., 2011) ve (Rehor, 2011).

Hava fotoğrafları yardımıyla yıkılmış binaların tespiti çalışmaları 2000 yıllarda stereo ve tek hava fotoğraflarından operatör yardımıyla başlanmış (Naoki ve Fumio, 2000) ve çeşitli segmentasyon ve analizlerle otomatik olarak tespit edilmesine doğru süreç gelişmiştir (Sümer ve Turker, 2004).

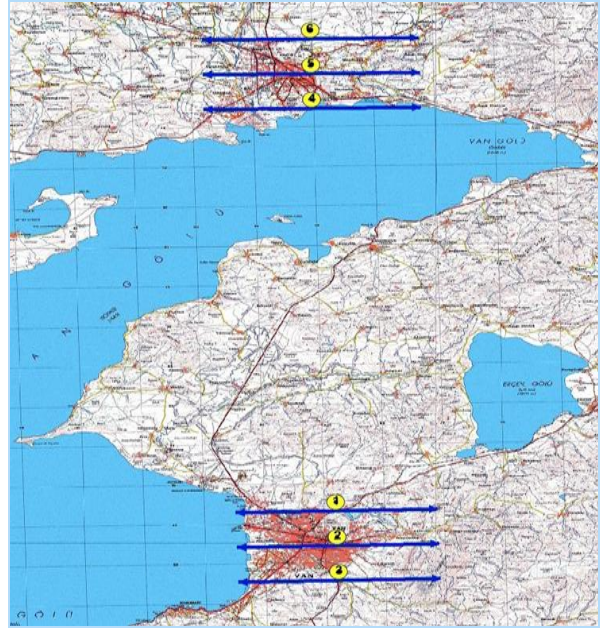
Bu çalışmada, Van depreminin öncesi ve hemen sonrasına ait dört bantlı hava fotoğrafları yardımıyla yıkılmış binaların otomatik tespiti yapılmıştır. İlk aşamada, hava fotoğraflarından yoğun eşleme tekniğiyle hassas sayısal yüzey modeli oluşturulmuştur. Hasar tespiti için iki farklı yöntem uygulanmıştır. Hasarlı binalar görüntü farkı ve sayısal yüzey modeli farkı alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu maksatla ikinci bölümde kullanılan hava fotoğraflarının teknik özellikleri, üçüncü bölümde hasarlı binaların tespiti için geliştirilen yöntem anlatılmış, son bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. VAN DEPREMİ ÖNCESİ VE SONRASINA AİT VERİLER

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van depreminde, deprem bölgesine ait deprem öncesine ait hava fotoğrafları 45 cm çözünürlüğünde 2010 yılında çekilmiştir. Deprem sonrasına ait hava fotoğrafları depremden bir gün sonra, 24 Ekim 2011 tarihinde Harita Genel Komutanlığı tarafından çekilmiştir. Şekil-2’de gösterildiği üzere 30 cm çözünürlüğünde 150 adet hava fotoğrafının çekimi toplam 6 uçuş kolonu olarak

planlanmıştır. Fotoğrafların bindirme oranı %60 ileri, % 30 yan şeklindedir. Ortofotolar doğrudan coğrafi konumlandırma tekniğiyle üretilmiş ve 24 Ekim 2011 saat 20.00’da, depremden 1.5 gün sonra başta AFAD olmak üzere ilgili kurum ve kuruluşlara sağlanmıştır (Şekil-3).



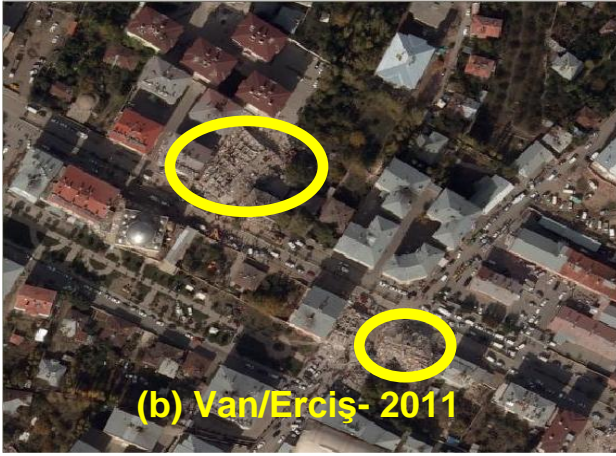
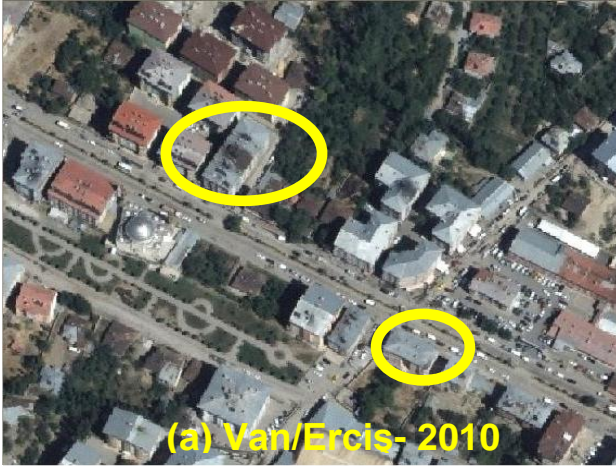
Şekil 2. Deprem Bölgesine ait uçuş planlaması

Üretilen ortofotolar depremin yıkıcı etkisini görmek açısından karar verici mercilere altlık olmuş, deprem sonrası iyileştirme, yardım ve lojistik faaliyetlerinin planlamasında aktif olarak kullanılmıştır. Özellikle yardım ve barınma çadırlarının yerinin seçiminde önemli katkı sağlamıştır (AFAD, 2011)



Şekil-3. Deprem sonrasına ait hava fotoğrafı (24 Ekim 2011)

Deprem öncesine ve sonrasına ait ortofotolar yardımıyla yıkılmış binalar görsel olarak tespit edilmiştir. Şekil-4’de yıkılmış binalar kolaylıkla görülmektedir. Bu sayede merkezi yönetim tarafından arama-kurtarma ekipleri doğru ve hızlı bir şekilde yönlendirilmiş, yardım yapılacak bölgeler doğru olarak tespit edilmiştir.



Şekil-4. Deprem öncesi (a) ve deprem sonrası (b) ortofotolar

Deprem sonrası geçici barınma alanlarının yönetim ve planlamasında da bu ortofotolar kullanılmıştır. Şekil-5'de depremin etkisinin hissedildiği köylerde kurulan çadırlar kırmızı daire içine alınmıştır.



Şekil-5. Tabanlı köyünde kurulan deprem çadırları.

Uygulamada; deprem öncesine ait 45 cm çözünürlüğündeki hava fotoğrafları ve bu fotoğraflardan Cost-Based Matching

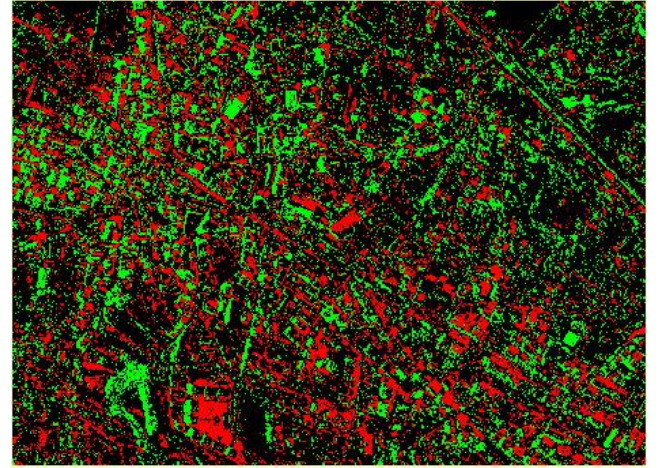
teknikleriyle üretilmiş sayısal yüzey modeli (SYM), deprem sonrasına ait 30 cm çözünürlüğünde hava fotoğrafları ile bu veriden yine aynı tekniklerle üretilmiş sayısal yüzey modeli kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli Inpho Match-T yazılımı kullanılarak 1 m grid aralıklı üretilmiştir.

3. YIKILMIŞ BİNALARIN OTOMATİK OLARAK TESPİTİ

Deprem bölgesine ait öncesi-sonrası ortofotolar ve stereo fotoğraf çiftlerinden yoğun eşleme teknikleriyle üretilmiş SYM kullanılarak yıkılmış binaların otomatik tespiti yapılmıştır. Öncelikle ortofotolar kullanılarak görüntü farkları alınmış, daha sonra SYM farklarından yıkılmış binalar tespit edilmeye çalışılmıştır.

3.1 Görüntü Farkı Alınarak Yıkılmış Binaların Otomatik Olarak Tespiti

Deprem öncesine ait 45 cm yer örnekleme aralığına sahip ortofoto ile deprem sonrasına ait 30 cm yer örnekleme aralığındaki ortofotoların görüntü farkı alınarak yıkılmış binaların otomatik olarak tespiti amaçlanmıştır. Bu kapsamda 30 cm çözünürlüğündeki ortofoto (deprem sonrası) deprem öncesindeki benzer olarak 45 cm çözünürlüğüne örneklenmiş ve deprem öncesi ortofoto ile radyometrik eşlemesi yapılmıştır. Radyometrik ve geometrik olarak eş duruma getirilmiş karşılaştırılması yapılacak iki ayrı veri setinden elde edilen görüntü farkları alınmıştır. Değişim tespitinde farklı gri değeri eşik değerleri kullanılmış, yapılan değerlendirme sonucu eşik değerinin 50 olarak kabul edilmesine karar verilmiştir. Elde edilen değişim görüntüsü Şekil-6'da gösterilmiştir.



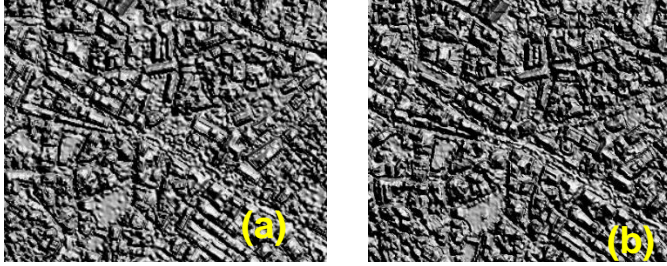
Şekil-6. Deprem öncesi ve sonrasına ait görüntü farkları

Şekil-6'dan da anlaşılacağı üzere başarılı bir değişim tespiti sağlanamamıştır. Bunun başlıca sebebi yüksek çözünürlüklü ortofotolarla sadece görüntülerin orta kısımları değil, kenar kısımları da kullanılmış ve bu nedenle özellikle bina yan yüzeyleri fark alındığında değişim olarak ortaya çıkmıştır. Yine mevsim farkı nedeniyle binaların gölgeleri de değişim olarak tespit edilmiştir.

3.2 SYM Farklarından Yararla Yıkılmış Binaların Otomatik Olarak Tespiti

Deprem sonrasına ait 30 cm yer örnekleme aralığındaki hava fotoğraflarından Inpho Match-T 6.0 yazılımı kullanılarak

yoğun eşleme tekniğiyle SYM üretilmiştir. Şekil-7'de Şehir merkezine ait örnek bir SYM verisi gösterilmiştir.



Şekil-7. Deprem öncesi (a) ve deprem sonrası (b) SYM

Depremın yıkıcı etkisinin görüldüğü Erciş ilçe merkezinde 1x1.5 km büyüklüğündeki bir alan test bölgesi olarak seçilmiştir. Deprem öncesine ait SYM ile deprem sonrasına ait SYM farkları alınmıştır. Bölgede deprem öncesi ve sonrası fotoğraf çekim tarihleri arasında yeni yapılaşma olabileceğinden çıkan farkların sadece negatif kısmı dikkate alınmıştır. Çıkan farklarda 9 metre eşik değeri kabul edilerek elde edilen fark SYM'si 0-9 m ve >9 m olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Şekil-9'da iki yükseklik modeli arasında elde edilen fark SYM'nin sınıflandırma sonucu gösterilmektedir.



Şekil-8. SYMö ve SYMs fark görüntüsü sınıflandırması

Şekil-8 incelendiğinde; deprem öncesine ait hava fotoğraflarının 45 cm yer örnekleme aralığında olması, oluşturulan SYMö'nin yoğun eşleme tekniğiyle üretilmemiş olması, iki görüntü her ne kadar birbirleriyle geometrik olarak uyumlu olsa bile Yüzey Modeli (YM) arasında kayıklıklar tam olarak giderilememiştir. Bu durum özellikle bina kenarları ve dar sokaklarda otomatik yıkılmış bina tespitini zorlaştırmaktadır.

Bu aşamada ortaya çıkan çapaklardan kurtulmak maksadıyla alan/çevre yaklaşımı geliştirilmiştir. Binaların alanının en küçük 80 m² olduğu varsayımından, çevresinin 32 m olacağı çıkarılmış ve alan/çevre oranının 2.5 altında olan poligonların binaları simgelemeyeceği değerlendirilmiştir. Bu değer 7'nin üstünde olması durumunda bina değişimi dışında kazı dolgu çalışması yapılan bölgeyi temsil edeceği düşünülmüş ve belirtilen değer

üstü silinmiştir. Bu kapsamda poligonların alan ve çevreleri hesaplanmış, alan/çevre oranının altında ve üstünde kalan poligonlar silinmiştir. İlk başta İki SYM farkından 3238 adet poligon çıkmasına rağmen alan/çevre hesabı ile bu fark 70'e düşmüştür. Bunların 64'ü yıkılmış binayı, 6'sı bina yan yüzeylerini göstermektedir (Şekil-9).



Şekil-9. SYMö ve SYMs fark görüntüsü

İki ayrı fark görüntü, ortofoto üzerinden kontrol edilmiş ve bina yan yüzeylerini yıkılmış bina olarak modelleyen ilk değerlendirmeye göre ikinci değerlendirmede bunların düzeldiği gözlenmiştir. Bu ise kurulan alan/çevre eşlemesinin başarılı bir şekilde çalıştığının göstergesidir (Şekil-10)



Şekil-10. Ortofoto Üzerinden Alan/Çevre Eşlemesinin Kontrolü

Yapılan değerlendirmenin doğruluğunu araştırmak maksadıyla, stereo modeller üzerinden operatör yardımıyla yıkılmış binalar tespit edilmiştir. 69 adet yıkılmış binadan YM farkı ile 3'ü az hasarlı olan 6 adet yıkılmış bina tespit edilememiş, yıkılmış 64 bina tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, stereo modelde ve ortofoto üzerinde tespit edilemeyen yıkılmış bir bina, SYM farkıyla otomatik olarak tespit edilmiştir. Şekil 11'de gösterilen iki binadan soldaki ve üzerinde 61 numaralı nokta bulunan bina hem stereo model üzerinden operatör tarafından hem de SYM farkı alınarak tespit edilmiş, fakat hemen yanında, çatısı zemini üzerine (yana yatmadan) yıkılan bina stereo model üzerinden tespit edilememesine rağmen SYM farkıyla tespit edilmiştir. (Şekil-11).



Şekil-11. Stereo Fotoğraflardan Tespit edilen (a) ve Tespit Edilemeyen Bina (b)- Her İki Bina YM Farkları Alınarak Otomatik Olarak Tespit Edilmiştir.

SONUÇ

Deprem öncesine ait ortofotolar ile deprem sonrasına ait ortofotoların görüntü farklarından yararlı yıkılmış binalar tespit edilmeye çalışılmış, fakat yüksek çözünürlüklü ortofotolarda sadece görüntülerin orta kısımları değil, kenar kısımları da kullanıldığından özellikle bina yan yüzeyleri fark alındığında değişim olarak ortaya çıkmıştır. Yine mevsim farkı nedeniyle binaların gölgeleri de değişim olarak tespit edilmiştir. Bu durum, bu yöntemin hasarlı binaların tespitinde başarılı olarak tespitini önlemiştir.

SYM farkları alınarak yıkılmış binaların tespiti çalışmasında, kullanılan yükseklik modellerinin farklı çözünürlükte olması (1,5 m – 2 m) deprem öncesine ait verinin yoğun eşleme tekniğiyle üretilmemesi gibi sebeplerle ilk fark verisi üzerinde yıkılmış binalar dışında bina yan yüzeyleri, gölge alanları ve dar sokaklar da değişim meydana gelen yerler olarak algılanmıştır. Geliştirilen alan/çevre yaklaşımı sayesinde, 3238 adet poligonun 3166 adedi silinmiş ve 72 adet yıkılmış binayı temsil eden poligon elde edilmiştir. Alan/çevre oranının binalar için en az 2.5 olacağı, bunun altındaki değerlerin bina olamayacağı varsayımından hareketle limit altındaki değerler silinmiştir. Deprem sonrasına ait hava fotoğraflarından stereo modeller üzerinden 69 bina yıkılmış olarak tespit edilmiştir. Bu binalardan SYM farkı ile üç tanesi az hasarlı olan 6 bina bulunamamış, yıkılmış 64 bina tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, stereo modelde ve ortofoto üzerinde tespit edilemeyen çatısı bozulmamış ve gövdesi üzerine yıkılmış bir bina, SYM farkıyla tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan hava fotoğrafları standart bindirme oranları (%60 ileri, %30 yan) ile çekilmiştir. Daha yüksek bindirme oranları ile fotoğraf alınması elde edilecek sonuçların doğruluğunu da artıracaktır. Ancak özellikle yan bindirme oranının artırılması uçuş süresini artıracığından ve afet sonrası

süreçte zamanın önemi nedeniyle sadece ileri bindirme oranlarının artırılması dahi doğrulukta belirgin artış sağlayacaktır.

Elde edilen sonuçlar SYM farkı yönteminin deprem sonrası hasarlı ve yıkılmış binaların tespitinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu amaçla doğal afetler öncesi yerleşim yerlerinin yüzey modellerinin üretilerek ve deprem sonrası ise yüksek ileri bindirme ile tekrar uçuş yapılarak ve SYM üretilerek hasar tespitinin yüksek doğrulukla ve hızla tespit edilebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Bitelli, G., Camassi, R., Gusella, L., Mogal, A., 2004, Image Change Detection on Urban Area: The Earthquake Case.

EMSC, 2011, EMSC, URL:<http://www.emsc-sem.org/Earthquake/202/Earthquake-M7-2-Eastern-Turkey>

Kayı, A., Erdoğan, M., Yılmaz, A., 2014, The Role of National and International Geospatial Data Sources in The Management of Natural Disasters, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, 2014, Hyderabad, India.

Labiak, R. C., Van Aardt, J. A., Bespalov, D., Eychner, D., Wirth, E., & Bischof, H. P. (2011, May). Automated method for detection and quantification of building damage and debris using post-disaster LiDAR data. In SPIE Defense, Security, and Sensing (pp. 80370F-80370F). International Society for Optics and Photonics.

Rehor, M., & Bähr, H. P. (2007). Detection and analysis of building damage caused by earthquakes using laser scanning data. In Proc. of the International Symposium on Strong Vrancea Earthquakes and Risk Mitigation.

Rehor, M. (2007). Classification of building damage based on laser scanning data. The Photogrammetric Journal of Finland, 20(2), 54-63.

Ogawa, N., & Yamazaki, F. (2000, January). Photo-interpretation of building damage due to earthquakes using aerial photographs. In Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering (No. 1906).

Sumer, E., & Turker, M. (2004). Building damage detection from post-earthquake aerial images using watershed segmentation in Golcuk, Turkey. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing ISPRS, 642-647.

TMMOB, Türkiye'de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası'nın Önerileri, 2012.

Van Earthquake Report, 2011. <http://afad.gov.tr>

Ye, X., Qin, Q., Liu, M., Wang, J., & Wang, J. (2014, July). Building damage detection from post-quake remote sensing image based on fuzzy reasoning. In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International (pp. 529-532). IEEE.