

# Uydu Görüntülerinden Deprem Sonrası Hasar Tespiti

Pınar Santemiz<sup>1</sup>

Neşe Alyüz<sup>2</sup>

Fatih Alagoz<sup>3</sup>

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

e-posta: pinar.santemiz@boun.edu.tr

<sup>2</sup> e-posta: nese.alyuz@boun.edu.tr

<sup>3</sup> e-posta: alagoz@boun.edu.tr

## Özetçe

After the Turkey-Marmara earthquake that occurred in 1999, it was realized that this region had a great risk because of its closeness to the North-Anatolian fault line. Going on research showed that another severe earthquake is expected in the following thirty years. These research results brought into agenda not only the precautions that should be considered but also the importance of the rescue management. In rescue management, the damage assessment is a major issue in determining the optimal way in the usage of the rescue sources. This paper proposes a method of damage assessment based on satellite images taken before and after a disaster. This study also includes the synthetical construction of post-earthquake images.

## 1. Giriş

Earthquake motion is caused by the quick release of stored potential energy and its conversion into kinetic energy of motion. More than 150,000 tremors strong enough to be felt by humans occur each year worldwide [1]. Most earthquakes are produced along faults, tectonic plate boundary zones, or along the mid-oceanic ridges.

The Marmara earthquake occurred during a time of unprecedented technological development. Post-disaster information that once took months to generate were developed within a matter of days in this incident. Furthermore, the ability to comprehensively understand the meaning of these obtained data was significantly enhanced because of the use of sophisticated database management programs and geographical relational algorithms. In the most general sense, it was possible to literally map the effects of the earthquake in "real time"[2].

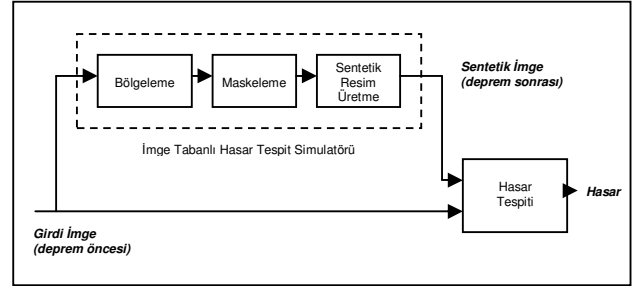
When a natural disaster such as a big earthquake happens, the range and severity of the damaged areas should be grasped to organize the rescue operation. It is important to capture the distribution of the damage immediately after an earthquake or any other disaster[3].The satellite images are useful to grasp the damaged areas rapidly and widely.

In this study, the satellite images are used to determine the damaged areas. In the occurrence of an earthquake, pre- and post-earthquake images will be used for the determination of the damage. For this study, an image-based damage construction simulator was also developed to obtain hypothetical post-earthquake satellite images. The amount of damage can be obtained by computing the difference between the two images.

This paper is organized in 5 main sections. After the introduction, an overview of the system implemented is given in Section 2. This section also emphasizes the assumptions that are made for simulation purposes. The two main parts of the system are detailed in Section 3 and Section 4, respectively. Section 6 concludes the paper.

## 2. Sisteme Genel Bakış

Sistem, Şekil 1'de belirtildiği gibi iki ana kısımdan oluşmaktadır. Sistemin esas kısmı, hasar tespiti bloğudur. Ancak bu ünitenin çalışmasını gösterebilmek için, deprem sonrası görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin ilk kısmı sanal olarak deprem sonrasına ilişkin görüntü üretmektedir. Sisteme ait blokların detayları ileriki bölümlerde anlatılmaktadır.



Şekil 1: Projenin akış diyagramı.

Burada belirtilmelidir ki, hasar miktarı ve can kaybı, depremin saati, büyüklüğü ve süresi, merkezden olan uzaklık ya da o bölgedeki nüfus yoğunluğu gibi pekçok faktöre dayanmaktadır[4]. Bu çalışmada tüm faktörler dikkate alınmamış ve birtakım varsayımlar yapılmıştır. Yapılan en önemli varsayımlar aşağıdaki listelenmiştir:

- Bu projede kabul edilen en önemli varsayım, havanın açık ve bulutsuz olmasıdır. Hasar tespiti optik gözlem uydularından alınan görüntülerden yapıldığı için, farklı hava koşullarında ya da gece vakti elde edilen görüntüler ölçüm yapmaya elverişli olmayacaktır.
- Yapılan simülasyonda, verilen bir alan bölgelere ayrılmış ve herbir bölge için kaçınıcı derece deprem bölgesi olduğu rastgele belirlenmiştir. Bu varsayıma ait detaylı bilgi, bu raporun "Bölgeleme" bölümünde verilmektedir.

- Simülasyonda hasarlı arazi görüntüsü oluşturulurken, binalar tek tek incelenmemiş, bir mahalledeki binalar topluca ele alınmıştır. Binaların depreme olan dayanıklılıkları az, çok ve orta olarak belirlenirken, bir mahalledeki tüm binaların aynı özellikte olduğu varsayılmıştır.
- Zemin tipi göz önüne alınmamıştır. Bunun yerine mahalle bazlı binaların depreme olan dayanıklılıkları kullanılmıştır.
- Hasar tespiti yapılırken kullanılan deprem öncesi ve sonrası durumu gösteren görüntüler için uydu pozisyonunda değişiklik olmadığı farzedilmiştir. Depremden hemen önce alınmış olan bir resimle deprem sonrasında elde edilen bir resim arasında pozisyon farkı olmayacağından bu varsayımın sorun teşkil etmemesi beklenmektedir.
- Deprem hasar tespiti yapılırken, deprem öncesi ve sonrası imgeler arası piksel bazlı karşılaştırma yapılmaktadır. Hasarın çok olduğu noktalarda farkın büyük olacağı varsayılmaktadır. Yapılan simülasyonda da bu varsayımdan yararlanılmış ve çok hasarlı bölgeler için imge daha büyük bozuma uğratılmıştır.
- Depremün odak uzaklığı göz önüne alınmamış, alanların kaçınıcı derece deprem bölgesi olduğu belirlenirken sadece deprem dış merkezinin yerine önem verilmiştir.
- Deprem dış merkezi rastgele seçilmiştir. Bu nedenle alanlara atanan kaçınıcı derece deprem bölgesi oldukları bilgisi de rastgeledir.

### 3. İmge Tabanlı Hasar Tespit Simülatörü

Bu projenin asıl hedefi deprem sonrası uydu tarafından çekilen resimleri değerlendirerek, hasarlı bölgeleri tespit etmek ve yapılan tespitleri harita üzerinde göstermektir. Hasar tespit algoritmasının test edilebilmesi ve yazılan programın görselliğinin gösterilebilmesi için olası bir depremde oluşabilecek hasarlı görüntülerin simüle edilmesi gerekmektedir. "Deprem Simülatörü", sanal bir deprem yaratıp, varolan uydu resimlerinden varsayımsal deprem sonrası uydu resimleri elde edilmesini sağlamaktadır.

Hasarlı görüntü oluşturan simülasyon birkaç adımdan oluşmaktadır. İlk olarak simülasyon için seçilen bölgeye ait uydu görüntüsü bölgelere ayrılacaktır. Daha sonra ayrılan her bir bölge için hasar oluşacak alanların seçimi için maskeleme yapılacak, bu maskeleme ile belirlenen alanlarda görüntü hasar dokusuyla kaplanacak ve hasarlı görüntü oluşturulmuş olacaktır. Kısaca özetlenen simülasyona ait ayrıntılar aşağıda ilgili bölümlerde kapsamlı olarak anlatılmaktadır.

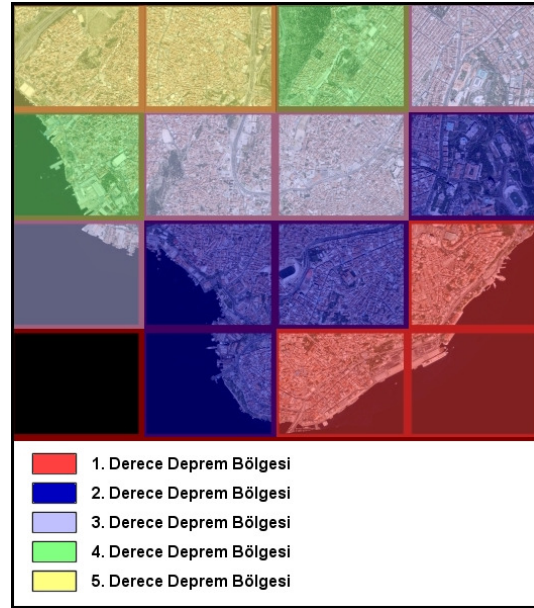
#### 3.1. Bölgeleme

Gerçekte depremin nerede olacağı önceden bilinemez, ancak ilgili bölgenin fay hattına olan uzaklığı bilgisi bize olası bir depremin nerede gerçekleşebileceğini tahmin edebilme olanağı

sağlar. Ayrıca bir bölgenin kaç dereceli deprem bölgesinde yer aldığı bilinirse, bu bölgedeki binaların belli bir ivme değerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı varsayılabilir.

Deprem sonrası hasarlı görüntü oluşturma simülasyonu için ilk olarak, Beyoğlu için alınmış uydu görüntüsü 16 bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeleme işlemi ile elde edilen her bir bölgede daha detaylı maskeleme ve hasarlı görüntü oluşturma yapılacaktır.

Bu çalışmada gerçek deprem bölgelerine ait bilgiler kullanılmamıştır, çünkü değişik derecede deprem bölgelerini içerecek kadar büyük bir harita kullanılmamaktadır. Ancak simülasyonun kullanım alanını geliştirmek amaçlandığı için, bölgeleme işlemi sonucunda elde edilen her bir bölge için, 1-5 arasında rastgele bir derece belirlenmiştir. Daha sonra simülasyonda deprem merkezi seçilirken ve depremin etkileri bölgelere iletilirken, bu dereceler göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 2'de bölgelerin kaçınıcı derece deprem hasar bölgelerini temsil ettiği belirtilmiştir.



Şekil 2: Seçilen bölgelerin deprem bölge dereceleri. Burada belirtilen deprem bölge dereceleri, gerçek verilerle dayanmayıp sadece simülatörü çalıştırmak amacıyla tamamen rastgele olarak seçilmiştir.

#### 3.2. Maskeleme

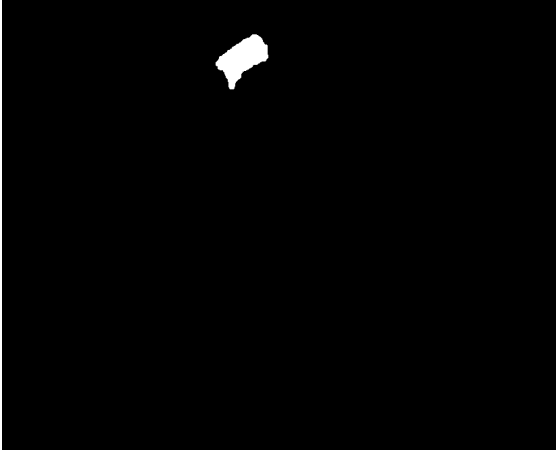
Depremin etkisi yalnızca bölgenin ya da mahallelerin deprem merkezine uzaklıkları ile değil, yapıların malzeme ve dizaynı ile de ilgilidir. Her ne kadar gerçekte binalar tek tek incelendiğinde birbirlerinden oldukça farklılık gösterse de, bir mahalledeki binaların ortak özellikler gösterdiği varsayılabilir. Bilindiği üzere yapılar genel olarak üç tipe ayrılmaktadır [5]:

- A Tipi: Az dayanıklı yapılar
- B Tipi: Orta derecede dayanıklı yapılar
- C Tipi: Çok dayanıklı yapılar

Deprem sonrası hasarlı görüntü oluşturma simülasyonu için bölgelemeden sonra her bir bölge için maskeleme yapılmaktadır. Maskelemede amaç, bir bölge için farklı alanlar belirlemektir. Bu alanlar, bölgelerdeki mahallelere karşılık gelmektedir, bu nedenle her bir bölge için mahalle büyüklüğünde alanlar işaretlenerek, bölge başına 25-30 adet olmak üzere farklı maskeler elde edilmiştir. Bir maskede, seçilen alan beyaz, geri kalan ile siyahla gösterilmektedir. Şekil 3'te bir bölge için bir maske örneği verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3: (a) Örnek bir bölge ve (b) o bölgeye ait maskelerden bir örnek.

Daha sonra seçilen mahalleler rastgele bir şekilde üç eşit gruba ayrılırlar ve böylece her bir bölgede A, B ve C tipi eşit sayıda ve rastgele dağılmış mahalleler belirlenmiş olur. Şekil 4'te bir bölge için maskelerin A, B ve C tipi olarak gruplandırılması görülmektedir.



Şekil 4: Örnek bir bölge için maskelerin A, B ve C tipi olarak gruplandırılması.

Her deprem gücüne göre binaların ne oranda hasar göreceği formüle edilmiştir. Tablo 1'de bu oranlar görülmektedir. Buna göre her bölgede tiplerine göre mahallelerden kaçta kaçının depremden az, orta ya da çok etkileneceği belirlenir ve yine her tip için istenen oranda alan seçilene kadar rastgele maskeler belirlenir. Az, orta ve çok hasara maruz kalacak maskelerin indisleri belirlendikten sonra, bu maskeler sentetik resim üretme algoritmasında kullanılmak üzere birleştirilir.

Tablo 1: Depremiñ gücü ile bina tiplerinin hasar oran ilişkisi.

Deprem Gücü (d)	Hasar Miktarı	Hasar Görecek Bina Sayısı (Bir bölgede tiplerine göre bina sayıları: A,B,C)
4 – 5.0 0 < d < 1.0	Az	$A(0.3 + 0.3 d)$
	Orta	$A(0.2 d)$
	Çok	0
5 – 5.5 0 < d < 0.5	Az	$B(0.3 + 0.1 d)$
	Orta	$A(0.1 + 0.1 d) + B(0.1 + 0.2 d)$
	Çok	$A(0.4 + 0.2 d)$
5.5 – 6.0 0.5 < d < 1.0	Az	$B(0.2 + 0.2 d)$
	Orta	$A(0.1 d) + B(0.3 + 0.2 d)$
	Çok	$A(0.5 + 0.4 d)$
6.0 – 6.5 0 < d < 0.5	Az	$C(0.3 + 0.1 d)$
	Orta	$B(0.3 + 0.1 d) + C(0.1 + 0.2 d)$
	Çok	$A(0.6 + 0.4 d) + B(0.3 + 0.3 d)$
6.5 – 7.0 0.5 < d < 1.0	Az	$C(0.2 + 0.1 d)$
	Orta	$B(0.1 + 0.1 d) + C(0.3 + 0.3 d)$
	Çok	$A(0.8 + 0.2 d) + B(0.5 + 0.3 d) + C(0.1 d)$
7.0 – 7.5 0 < d < 0.5	Az	0
	Orta	$C(0.1 + 0.1 d)$
	Çok	$A + B(0.8 + 0.2 d) + C(0.7 + 0.2 d)$
7.5 – 8.0 0.5 < d < 1.0	Az	0
	Orta	0
	Çok	$A + B(0.9 + 0.1 d) + C(0.8 + 0.2 d)$

### 3.3. Sentetik Resim Üretme

Deprem sonrası hasarlı görüntü oluşturma simülasyonu için son olarak bölgenin depremden sonraki görüntüsü sentetik olarak üretilmektedir. Bunun için Ashikhmin'in doku sentezleme algoritması [4] kullanılmıştır. Bu algoritmanın amacı, daha önceden belirlenmiş örnek bir dokuyu çoğaltarak, eldeki görüntüdeki belirli alanları bu örnek dokuya benzetecek şekilde değiştirmektir. Burada önemli olan, resimdeki belirlenmiş alanlar örnek dokulara benzetilirken, bu alanların resmin genel yapısı ile büyük farklar göstermemesidir. Bu nedenle bu algoritmada, değiştirme işlemi yapılırken komşu piksellerin renk bilgisi kullanılarak onlara uyumlu olacak şekilde değiştirme işlemi devam ettirilir.

Bu algoritmanın kullanılabilmesi için, öncelikle örnek bir doku resmi seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla deprem sonrası uydu görüntüleri taranmış, en gerçekçi sonucu veren uydu görüntüsü örnek doku olarak seçilmiştir. Şekil 5'te bu örnek doku görülmektedir. Maskeleye aşamasında elde edilen maskeler, bölgenin hangi alanlarının az, hangi alanlarının orta, hangi alanlarının çok hasarlı olacağı bilgisini içermektedir. Hasarlı olacağı bilinen alanlara algoritma istenen oranda uygulanarak bu bölgelerin az, orta ya da çok değişmesi

sağlanmıştır. Şekil 6'te bu simülasyon değerleri kullanılarak oluşturulmuş, 6.7 şiddetindeki olası bir deprem sonucunda oluşacak varsayımsal resim örneği görülmektedir.



Şekil 5: Doku olarak kullanılan deprem sonrası uydu fotoğrafı.

Doku sentezleme algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir:

- Orjinal piksel pozisyonlarının dizilimi, doku resmindeki rastgele geçerli pozisyonlara göre ilklendirilir.
- Çıkış resmindeki her bir piksel için, taranılan yönde şu işlemler yapılır:
  - Çıkış resminde sıradaki piksel  $p$ , olsun.

- Çıkış resminde,  $p$ 'nin belli büyüklükteki L-komşuluğu belirlenir.
- Bu komşuluktaki tüm pikseller, doku resmindeki orijinal pozisyonları kullanılarak pozisyonları kaydırılmış aday bir piksel oluşturur.
- Bir pozisyona birden fazla aday denk geldiğinde fazla adaylar ortadan kaldırılır.
- Aday piksellerin oluşturduğu dizin taranarak,  $p$ 'nin L-komşuluğuna en benzeyen komşuluğa sahip piksel bulunur.
- Çıkış resminde  $p$ 'nin değerini bulmak için, en benzeyen adayın doku resmindeki değeri kopyalanır ve  $p$ 'nin giriş resmindeki değeriyle istenilen oranda karıştırılır. Bu pozisyon bilgisi orijinal pozisyonlar dizininde tutulur.



(a)



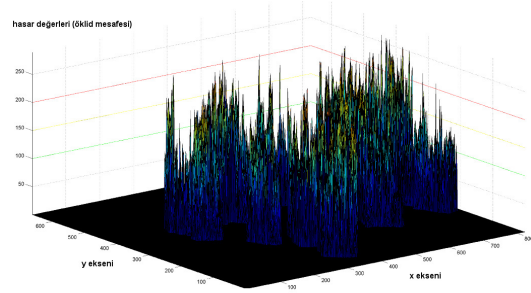
(b)

Şekil 6: (a) Örnek bir bölge, (b) Örnek bölgenin 6.7 şiddetinde bir deprem sonrasında oluşan varsayımsal görüntüsü.

#### 4. Hasar Tespiti

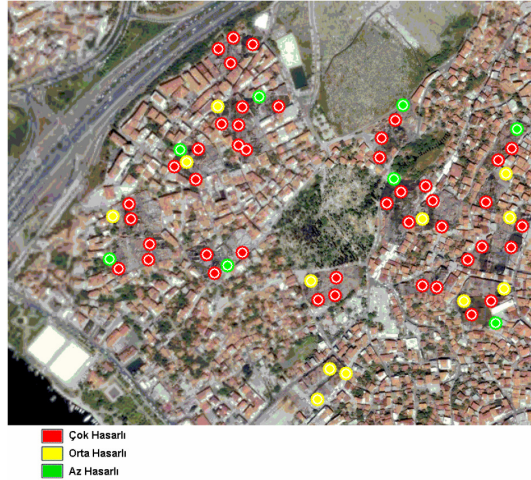
Uydu resimleri kullanılarak hasar tespiti yapmak, hasarın yoğun olduğu bölgelerin aciliyetlerine göre sıralanması ve bunun sonucunda acil durum planlamasının yapılabilmesi açısından çok önemlidir. Projenin bu bölümünde, simülasyon sonucunda elde edilen sentetik resim ile orijinal resim karşılaştırılarak hasar tespiti yapılmıştır.

İki resim arasındaki farkı ölçmek için, deprem öncesi ve sonrası imgeler arası piksel bazlı karşılaştırma yapılmaktadır. Orijinal resimle simülasyon sonucunda elde edilmiş resim piksel piksel karşılaştırılır ve her bir piksel için bir fark bulunur. Bu fark fonksiyonu için, öklid uzaklığı kullanılmıştır. Hasarın olmadığı yerlerde bu değer çok düşük çıkarken, hasarın artmasıyla birlikte bu değer de artmaktadır. Bu nedenle, belli bir eşik değeri kullanılarak, hasarın az, orta ya da çok olduğu alanlar belirlenmektedir. Farkı ifade eden grafik Şekil 7'da gösterilmiştir.



Şekil 7: İki resim arasındaki fark grafiği.

Simülasyon birkaç kez tekrarlandıktan sonra, en gerçekçi eşik değerleri belirlenmiştir. Buna göre, bu uzaklık değeri 200'ün üstündeyse bölge çok hasarlı, 150 – 200 arasındaysa orta hasarlı, 100 – 150 arasındaysa az hasarlı kabul edilmiştir. Şekil 8'de, simülasyonun 6.7 şiddetindeki olası bir depremi varsayarak oluşturduğu sentetik resim üzerinde hasar tespiti uygulaması gözükmektedir. Kırmızı alanlar çok hasarlı, sarı alanlar orta hasarlı, yeşil alanlar ise az hasarlıdır.



Şekil 8: Simülasyonun 6.7 şiddetindeki olası bir depremi varsayarak oluşturduğu sentetik resim üzerinde hasar tespiti.

#### 5. Sonuçlar

Türkiye'de son 58 yıl içerisinde depremlerin neden olduğu maddi ve manevi kayıplar, deprem sonrası hızla hasar tespiti yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dünyanın en aktif ve en önemli kırık hatları arasında yer alan Kuzey

Anadolu Fay Hattı üzerinde konumlanmış ülkemizde çoğunlukla tektonik depremler meydana gelmekte ve yılda ortalama bine yakın vatandaşımız hayatını kaybetmektedir. 17 Ağustos 1999'da meydana gelen çok şiddetli büyüklüğe sahip depremde 12000den çok kişi hayatını kaybetmiştir. Bu deprem sonrası oluşan manzara göstermiştir ki, zemin etüdü ve malzeme kontrolü yapılmadan şehirleşmenin olduğu ülkemizde, deprem sonrası hasar tespiti ve derecelendirmesi arama ve kurtarma çalışmalarında ekiplere yol gösterici nitelikte hasar tespiti yapan ve oluşan hasarları derecelendiren bir sistem olması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, hasar tespitinde deprem sonrası çalışır durumda olması ve çok geniş bir alan kapsayabilmesi gereklilikleri gözönünde bulundurularak uydu tarafından çekilen görüntüler kullanılmaktadır.

Meydana gelen bir depremde, oluşan hasarın büyüklüğünü ve depremden etkilenen insanların sayısını etkileyen pek çok etken gözönüne alınarak, yapılan simülasyonda bu etkenlerin önemi ve gerekli verilerin ulaşılabilirliği ve kullanılabilirliği gözönüne alınarak birtakım varsayımlar yapılmıştır. Varsayımlar doğrultusunda ilk olarak hasarlı deprem görüntülerinin oluşturulması için deprem simülatörü gerçekleştirilmiş ve varsayımsal deprem sonrası uydu resimleri elde edilmiştir. Geliştirilen deprem simülasyonunda ilk olarak uydudan elde edilen görüntü daha detaylı çalışmayı sağlayacak bölgelere ayrılmış ve her bölge için hasar oluşturulacak alanlar için maskeleye yapılmış ve ilgili alanlar hasar dokusuyla kaplanmıştır.

Deprem sonrası hasarın yoğun olduğu bölgelerin derecelendirilmesi ve acil durum planlaması için, elde edilen deprem öncesi ve varsayımsal deprem sonrası görüntüler kullanılarak hasar tespiti yapılmaktadır. Görüntüler arası piksel bazlı karşılaştırma yapıldıktan sonra eşiklemeyle az, orta ve çok hasarlı bölgelerin tespiti yapılabilmektedir.

## 6. Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Araştırma Projeleri kapsamında yapılmıştır. Ek olarak, DPT-Yeni Nesil Uydu Ağları ve Uygulamaları Araştırma Projesi (DPT2003K- 120250) kaynakları da kullanılmıştır.

Projede emeği geçen Bilgisayar Mühendisliği yüksek lisans öğrencisi Işık Barış Fidaner ve son sınıf öğrencisi Derya Çavdar'a gayretli çalışmalarından dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca Projem İstanbul ve İtfaiye Daire Başkanlığı (AKOM) personeline katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## 7. Kaynakça

- [1] "Fundamentals of physical geography." Mevcut: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10m.html>
- [2] R. T. Eguchi, C. K. Huyck, B. Houshmand, B. Mansouri, M. Shinozuka, F. Yamazaki, M. Matsuoka, and S. Igen, "The marmara, turkey earthquake: Using advanced technology to conduct earthquake reconnaissance," Research Progress and Accomplishments 1999-2000, MCEER-00-SP01, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, 1999-2000.

[3] F. Yamazaki, K. Kouchi, M. Kohiyama, N. Muraoka, and M. Matsuoka, "Earthquake damage detection using highresolution satellite images," Proceedings of IEEE IGARSS, vol. 4, pp. 2280-2283, September 2004.

[4] M. Ashikhmin, "Synthesizing natural textures," Proceedings of the 2001 Symposium on Interactive 3D graphics, pp. 217-226, 2001.

[5] "General directorate of disaster affairs, earthquake research department." [Online]. Available: <http://depem.gov.tr>