

ADA DİJİTAL EKOSİSTEM AVATARI (IDEA) PROJESİ

Sultan Kocaman^{1,*}, Tao Guo², Armin Gruen³, Matthias Troyer²

¹ Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Ankara - (sultankocaman)@hacettepe.edu.tr

² ETH Zurich, Teorik Fizik Enstitüsü, 8093 Zürih İsviçre – (taguo, troyer)@phys.ethz.ch

³ ETH Zurich, Chair of Information Architecture, 8093 Zürih İsviçre - agruen@geod.baug.ethz.ch

Anahtar Sözcükler: Zamansal-Mekansal Modelleme, Veri Kaynaştırma, Moorea, Ada Dijital Ekosistem Avatari, Uydu Görüntüleri.

ÖZET:

Moorea Ada Dijital Ekosistem Avatari (IDEA) projesi 2013 yılında bir grup uluslararası araştırmacı tarafından Moorea Adası'nın sanal ortamda oluşturulması hedefiyle başlatılmıştır. Projenin amacı tüm ekosistemi modellemek, değişimi izlemek ve gelecekle ilgili güvenilir tahminler yapabilmektir. Moorea IDEA projesi gözlemler, deneyler, veri ve teori arasındaki ilişkiyi kara ve denizdeki arazi modeli üzerinde birleştirmekte ve fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyal süreçlerin ada fenotipiyle etkileşimini incelemektedir. Adanın üç boyutlu fiziksel modelini oluşturabilmek için, farklı zamanlarda farklı sensörlerden elde edilen ve farklı doğruluk ve çözünürlüklere sahip veriler kaynaştırılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (Pleiades, Worldview-2, Quickbird), kara ve deniz üzerinde alınan LiDAR verileri, mevcut sayısal arazi modelleri, arşivlerden alınan taranmış hava fotoğrafları, sualtı sonar ölçümleri, sualtı fotogrametrik ölçümler, İHA görüntüleri proje kapsamında işlenen verilere örnektir. Bu bildiri, kullanılan verilerin işlenmesi ve kaynaştırılması sırasında karşılaşılan sorunları özetlemektedir.

ABSTRACT:

The Moorea Island Digital Ecosystem Avatar (IDEA) project has been initiated in 2013 by a group of international researchers to build a virtual representation of the Moorea Island. The main aim of the project is to model an entire ecosystem, observe the changes through it and be able to predict future changes reliably. The Moorea IDEA project incorporates observations, experiments, data, and theory across a coupled 3-D marine-terrestrial landscape to model where physical, chemical, biological, and social processes interact to shape the island's phenotype. In order to generate the 3D physical model of the Island, multi-sensor data with varying accuracies, timestamps and spatial resolutions need to be fused. High resolution optical satellite images (Pleiades, Worldview-2, Quickbird), LIDAR data over land and water, existing DTMs, aerial film photography extracted and scanned from archives, underwater sonar measurements for modelling the bathymetry, underwater photogrammetry for monitoring the coral growth, UAV flights for accurate building reconstruction and recording of archaeological sites are among the data being processed in the project. This paper describes the project in detail and addresses the processing methods and the problems encountered during the processing of multi-sensor and multi-resolution spatial data.

Keywords: Spatiotemporal Modeling, Data Fusion, Moorea, Island Digital Ecosystem Avatar, Satellite Imagery.

1. GİRİŞ

Moorea IDEA (Island Digital Ecosystem Avatars) Projesi, çeşitli uluslararası araştırma kuruluşları (UC Berkeley, CNRS-EPHE, ETH Zürih, Oxford University, UC Santa Barbara ve MCR LTER) tarafından başlatılmış ve farklı kuruluşlarca fonlanan uluslararası geniş kapsamlı ve uzun süreli bir projedir. Projenin temel amacı, ekosistemimizdeki değişimleri, Pasifik Okyanusu'nda bulunan Moorea Adası üzerinden izlemektir. Ada tümüyle (yeraltı, yerüstü, bitki örtüsü, iklim, vb.) dijital olarak modellenilecek ve geçmişteki veriler, yeni verilerle kaynaştırılarak, değişimler analiz edilecektir.

Moorea IDEA (mooreaidea.org) şu anda 20'den fazla üniversite ve araştırma kuruluşundan katılan 80'den fazla araştırmacı tarafından yürütülmekte, ve ilgilenen araştırmacı sayısı giderek artmaktadır. Moorea, dünyanın en çok araştırılmış adalarından biridir (Cressey, 2015; Davies vd., 2016). Projenin hedefi, elde edilen verileri sanal ortamda bir laboratuvara dönüştürmek ve beşeri faaliyetlerin etkileri hakkında hipotezler üretmek farklı senaryoları test etmek, ekosisteme etkisini incelemektir. Bu tür araştırmalar uzun zamandır ekoloji uzmanları tarafından yapılmakta olmakla birlikte, genellikle ekosistemin yalnızca bir bölümünü (ör. şehirler, arazi kullanımı, iklim, vb.) kapsayan az sayıda tür ve etkenle sınırlıdır. Moorea IDEA projesinin hedefi farklı disiplinlerin yaptığı çalışmalarını tek bir platformda birleştirmek ve tek bir model üzerinde etkileşimleri de izleyebilmektir. Benzer bir projenin Girit'de de yakın zamanda

başlatılmış olması (Crete IDEA, 2016), bu tür çalışmalara olan ilginin arttığını göstermektedir.

Bu eksenindeki geniş kapsamlı ve disiplinlerarası projeler, Birleşmiş Milletler (BM)'in 2030 Hedeflerinin (2016) gerçekleşmesi açısından da önem kazanmaktadır. Anılan Hedefler, bilim insanları, devletler ve toplum arasında sıkı bir işbirliğinin önemini vurgulamaktadır. Moorea IDEA projesi, BM'nin 2030 Hedeflerinin gerçekleşmesi için su ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliğinin izlenmesi, deniz yaşamının korunması, karasal ekosistemin korunması ve yenilenmesi, ve sürdürülebilir gelişme için güçlü ve huzurlu toplumların teşvik edilmesi gibi amaçlara hizmet edebilir.

Ada'nın model olarak seçilmesinin sebebi, insan etkisine uzak bir noktada Güney Pasifik Okyanusu'nda yer alması, 13 km x 15 km'lik bir alanda düşük bir nüfusu (on yedi bin kişi) barındırması, ve Ada'da 1970 yılından beri çeşitli konularda araştırma yapılarak veri toplanıyor olmasıdır. Sualtı, mercan kayalıkları ve deniz canlıları hakkında toplanan sayısız verinin yanında, Moorea Biocode Projesi (<http://mooreabiocode.org/>) Ada'da yaşayan ve boyutu bir milimetreden büyük olan tüm canlıların kodlamasını yapmaktadır. Proje tamamlandığında özellikle ekosistem modellemede önemli yenilikler getirecektir (Cressey, 2015).

Proje kapsamında oluşturulan çalışma grupları şunlardır:

* Sorumlu yazar

- Veri bilimi
- Haritalama ve görselleştirme
- Fiziksel modelleme
- Biyolojik modelleme
- Sosyal modelleme
- Entegrasyon

Bu makalenin amacı, proje hakkında bilgi vermek ve fiziksel modelleme kısmında karşılaşılan sorunları özetlemektir. İkinci Bölümde, projede yer almakta olan tüm veriler hakkında genel bilgi verilmektedir. Üçüncü Bölümde ise üç boyutlu modelleme çalışmaları anlatılmaktadır.

2. VERİLERİN SINIFLANDIRILMASI

Moorea IDEA Projesi kapsamında kullanılan modeller şu sınıflara ayrılmıştır:

- Hava ve iklim
- Fiziksel oşinografi
- Hidrolojik modelleme
- Kara ve deniz yüzeyi modelleme
- Ekolojik modelleme
- Sosyo- ekolojik modelleme
- Sosyal ön temas

Bu modellerin ayrıntıları ve çalışan araştırma ekipleri, proje web sayfasında bulunabilir (mooreaidea.org). Kullanılan veriler ise elde edildikleri proje ve araştırma gruplarına göre şu şekilde sınıflandırılmıştır:

- Biocode verileri: Moorea Biocode Projesi kapsamında toplanmaktadır (<http://www.mooreabiocode.org>).
- CRIOBE verileri: CRIOBE araştırma istasyonu tarafından uzun zamandır toplanan fiziksel ve biyolojik verilerdir (<http://observatoire.criobe.pf/CRIOBEData>).
- MCR ILTER verileri: Mercan kayalıkları ve lagün sisteminin verilerini içermektedir (mcr.lternet.edu).
- MIRADA: Mikrobik biyoçeşitlilik taraması verilerini içermektedir. (<http://amarallab.mbl.edu/mirada/mirada.html>)
- Arazi modeli: Bir sonraki Bölümde açıklanacağı üzere, 50 cm çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilmiştir.
- Batimetri: farklı derinlikler için, uydu görüntüleri, lazer tarama ve sonar ölçüm cihazları ile elde edilmiştir (<http://mcr.lternet.edu>).
- Sosyal veriler: bu verilerin bir kısmı Fransız Polinezyası İstatistik Enstitüsü tarafından sağlanmış, diğer bir kısmı ise INTENSE projesi kapsamında toplanmıştır (<https://sites.google.com/site/inthense>).
- Arkeolojik veriler (Kahn vd., 2015).

3. FİZİKSEL MODELLEME

Başlangıç aşaması olarak, özellikle iki nedenden dolayı Ada'nın kapsamlı ve doğru bir üç boyutlu (3B) fiziksel modeli oluşturulması çok önemlidir. İlk olarak, böyle bir model biyologlar, iklimbilimciler gibi bilim insanları ve mühendisler için bir veri bütünleştirme platformu görevi görebilir. İkinci olarak, ekosistemdeki değişiklikler, doğru konumsal-zamansal (spatiotemporal) bilgi kullanılarak en iyi şekilde izlenebilir. Doğru 3B fiziksel model oluşturmak için, farklı doğruluklara ve mekansal çözünürlüklere sahip, farklı zamanlarda ve çeşitli

sensörlerden alınmış veriler birleştirilmelidir. Şu ana kadar, yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntüleri (Pleiades, Worldview-2, Quickbird), arazi ve su üzerinde alınan LiDAR verileri, mevcut sayısal arazi modelleri, arşivlerden çıkarılarak taranan hava fotoğrafları, batimetri modellemesi için su altı sonar ölçümleri, modelleme ve izleme için sualtında mercan resifleri fotoğrafları, bina modellerinin oluşturulması ve arkeolojik alanların kaydedilmesi için İHA uçuşları projede işlenen veriler arasında yer almaktadır. Üretilen verilerin teknolojisi, geometrisi, hassasiyeti, ve formatı birbirinden oldukça farklıdır ve bu verilerin kaynaştırılmasında çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Tekrarlayan çabaların önüne geçmek, tüm bu farklılıkları gösteren verileri doğru ve verimli bir şekilde birleştirmek, veri kaynaştırmanın (data fusion) araştırma alanına girer.

3B modelleme çalışmalarında, fotogrametride ve uzaktan algılamada kullanılan sensör ve platform sayısı ve çeşitliliği, her geçen gün artmaktadır. Yeryüzünden ortalama 700 km uzaklıktaki yörüngelerde veri toplayan yer gözlem uyduları, özellikle geniş alanlarda ve kolay ulaşılamayan bölgelerde hızlı bir şekilde veriye erişmemizi sağlamaktadır. Geleneksel hava fotogrametrisinde kullanılan film kameraların yerini artık CCD/CMOS tabanlı geniş formatlı (large-format) sayısal kameralar almıştır. Uçaklara takılarak kullanılan bu kameralar oldukça pahalıdır ve geniş alanların yüksek doğrulukla haritalarının üretilmesi için başarıyla kullanılmaktadır. Aynı platformda veri alabilen LiDAR verileri ise özellikle yüksek düşey doğruluğa sahip nokta bulutları üretebilen aktif bir sensördür. Optik kameralardan oldukça farklı veri üretme teknolojisine sahiptir ve optik görüntülerden farklı işleme yöntemlerine ihtiyaç duyar.

İnsansız hava araçları (İHA), geniş formatlı kameraların kullanılabilirdiği uçaklar ile karşılaştırıldığında, çok daha düşük maliyetle ve yüksek hızda veri toplanmasına imkan verir. Ancak İHA'ların taşıma kapasiteleri, uçuş yükseklikleri, mesafeleri ve süreleri kısıtlıdır ve ancak küçük alanların haritalaması için kullanılabilir. İHA ile görüntü alımı, pahalı olan uydu ve geniş formatlı hava kameraları ile karşılaştırıldığında çok daha ucuzdur. Ancak kullanılan düşük maliyetli kameraların optik sistemleri de diğerleri kadar kaliteli değildir, genellikle geometrik kalibrasyonu yapılmamıştır ve yüksek oranda distorsiyonlar içerir. Proje kapsamında, İHA üzerine takılan bir video kamera ile Adanın belli bölgelerinin videoları çekilmiştir. Bu verilerden 3 boyutlu model oluşturmada ne derece yararlanılabileceği halen incelenmektedir.

Diğer yandan batimetri verileri de uydu görüntüleri, sonar ve LiDAR sensörlerinden elde edilmektedir ve sayısal arazi modelleri ile entegrasyonu, özellikle veri toplama yöntemlerinin farklılıklarından dolayı zorluklar içermektedir.

Fiziksel modellemenin ilk aşamasında amaç, Ada'daki tüm konumsal verileri tek bir veri setine dönüştürmektir. Proje kapsamında şu ana kadar gerçekleştirilen çalışmalar, 3 ana gruba ayrılmaktadır:

- Pleiades uydu görüntülerinin analizi, stereo olarak işlenmesi ve sayısal yüzey modeli üretilmesi
- Sayısal yüzey modelinden sayısal arazi modeli üretimi
- Sualtı fotogrametrik çalışmaları (Guo, 2016)

İlk kısımda, Moorea Adası ve yakınında bulunan Tetiaroa Adası üzerinde çekilen Pleiades üçlü (triplet) görüntüler radyometrik olarak analiz edilmiş ve fotogrametrik yöntemlerle işlenmiştir. Her üçlü görüntü setinde 4 multispektral (kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi) ve bir pankromatik kanal görüntüsü yer almaktadır. Çekilen görüntüler Şekil 1’de gösterilmiştir. Pleiades sensörünün temel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Radyometrik analizler sonucunda, görüntüler üzerinde bazı bozulmalar olduğu görülmüştür (Şekil 2). Bozulmalar, özellikle multispektral görüntüler üzerinde belirgindir. Bu bozulmaların nedeninin örnekleme frekansının MTF frekansından düşük olmasından kaynaklanan alias sorunu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 1. Moorea (üstte) ve Tetiaroa (altta) üzerinde alınan Pleiades multispektral görüntüleri.

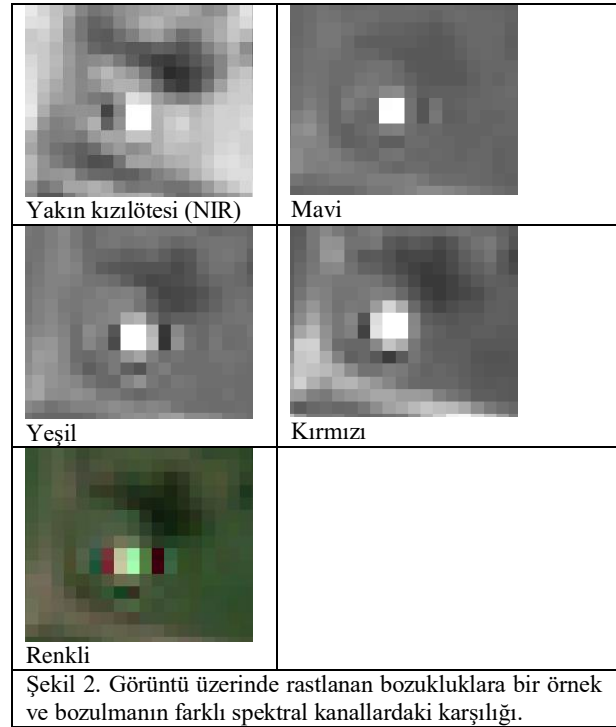
Pleiades ham görüntüleri farklı çipler için ayrı ayrı teslim edildiğinden, öncelikle bu görüntüler birleştirilmiştir. Görüntülerin yöneltmesi ve sayısal arazi modeli oluşturulması işlemleri, ERDAS Imagine (Hexagon Geospatial, 2016) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla uydu görüntüleriyle birlikte sağlanan RPC (oransal polinom katsayıları) kullanılmış ve 16 kontrol noktası ile dengelenerek yaklaşık bir piksel boyutunda konumsal doğruluk sağlanmıştır. Kontrol noktaları Fransız Polinezyası Üniversitesi tarafından sağlanmıştır. Yöneltme ve konumsal doğruluk iyileştirme işlemleri hem Moorea hem de Tetiaroa için yapılmıştır.

Pankromatik görüntüler Wallis (1976) filtresi kullanılarak işlenmiş, kontrast artırımı sağlanarak sayısal yüzey modeli (SYM) oluşturulmasında kullanılmıştır. Üretilen sayısal yüzey

modeli 60 cm grid aralığındadır. Özellikle sarp bölgelerde yüksek oranda hatalı nokta olduğu stereoskopik görüntüleme ile belirlenmiş ve manuel düzeltmelere başlanmıştır. Ayrıca Ada’nın güneyindeki dağların zirvesinde yer alan bulut, o bölgede SYM üretimine engel olmuştur. Bu yüzden o bölgeye mevut eş yükseklik eğrilerinden enterpolasyon yapılarak yükseklik bilgisi içeren noktalar eklenmiştir.

Tablo 1. Pleiades Sensör Özellikleri (Airbus Defence and Space, 2016).

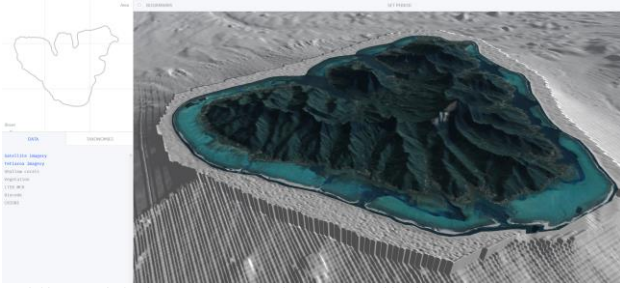
Konumsal çözünürlük	50-cm pankromatik 2-metre multispektral
Spektral Bantlar	Pan: 480-830 nm Mavi: 430-550 nm Yeşil: 490-610 nm Kırmızı: 600-720 nm Yakın kızılötesi: 750-950 nm
Görüntülerin konumsal doğruluğu	Kontrol noktaları kullanılarak: 1m Kontrol noktası kullanılmadan: 3m (CE90)
Kapsama genişliği	20 km
Tekrar çekim aralığı	Günlük



Diğer yandan, görselleştirme amaçlı pan-keskinleştirilmiş ortofotolar oluşturulmuştur. EPHE Paris tarafından sağlanan batimetri verisi, üretilen SYM ile planimetrik konum bilgisine dayalı olarak basit birleştirilmiştir. Stereo görüntüler üzerinden manuel olarak çizilen kıyı çizgileri, iki veri seti arasında sınır olarak kullanılmıştır. LiDAR verilerinin işlenmesi ve SYM’ne hassas bir şekilde entegrasyonu halen üzerinde çalışılması gerek bir konudur. Üretilen modelin 3 boyutlu görselleştirilmiş halinden bir kesit Şekil 3’te verilmiştir.

İkinci kısımda bahsi geçen sayısal yüzey modelinden sayısal arazi modeli (SAM) üretimi çalışmaları küçük bir alan için gerçekleştirilmiştir. SYM’den otomatik olarak SAM üretilmesi

çalışmalarında referans veri olarak kullanmak üzere manuel olarak 5m aralıklı sayısal arazi modeli halen üretilmektedir.

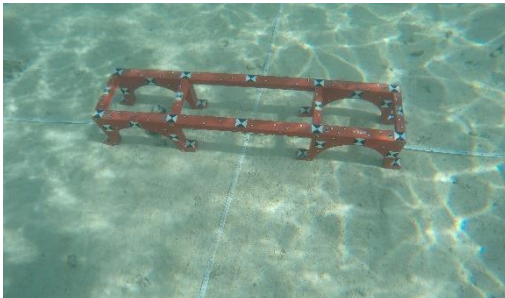


Şekil 3. Pleiades görüntülerinden üretilmiş 3 boyutlu Moorea modelinden bir kesit (mooreaidea.org).

Üçüncü kısımda ise, sualtı fotogrametrisi yöntemiyle Ada'daki mercan resiflerinin ölçümü ve değişimlerinin belirlenmesi için test çalışmalarına başlanmıştır (Guo vd., 2016) ve devam edilmektedir. Fotogrametrik yöntemlerin ve optik kameraların sualtı fotogrametrisinde kullanımı nispeten yeni bir araştırma alanıdır. Sualtıta ışığın farklı bantlarının farklı kırılma indislerine sahip olması, ayrıca yansımadan kaynaklı renk değişimleri ve görüntü eşleştirme sorunları, 3 boyutlu modellemeye zorluklar getirmektedir. Haziran-Temmuz ayında yapılan saha çalışmalarında, ETH Zürich tarafından tasarlanan 5 kameralı bir sualtı sistemi kullanılmış (Şekil 4), ve Modena Üniversitesi tarafından hazırlanan bir sualtı kalibrasyon çerçevesi kullanılarak (Şekil 5) kameraların kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon sonucunda özellikle farklı bantların farklı kırılmasından kaynaklanan sorunlar görülmüş, ve her bir bantın (Kırmızı, Mavi, Yeşil) ayrı ayrı kalibre edilmesine karar verilmiştir. Bir sonraki aşamada kalibre edilen görüntüler kullanılarak test alanındaki mercan resifleri modellenecektir (Şekil 6).



Şekil 4. 5 adet GoPro kamerasından oluşan sualtı kamera sistemi.



Şekil 5. Sualtı kalibrasyon çerçevesi.



Şekil 6. GoPro sistemiyle çekilmiş mercan resifleri test alanı stereo fotoğrafları örneği..

4. SONUÇ

Bu makalede Ada Dijital Ekosistem Avatari (IDEA) projesi kısaca özetlenmiş, projenin ortakları, hedefleri ve fiziksel modellemede karşılaşılan temel sorunlar tanımlanmıştır. Proje, veri birleştirme, test senaryoları oluşturup sonuçları gözleme ve ekosistem değişimini izleme amaçlarını gözetmektedir. Veri kaynaştırma (data fusion) tekniklerinin geliştirilmesi, bulunulan aşamada özellikle fiziksel modelleme çalışmalarının temellerini oluşturmaktadır ve bu konudaki çalışmalara devam edilecektir.

İzleme çalışmalarında Göktürk-2 görüntülerinin de işlenerek kullanılması planlanmaktadır. Ayrıca proje kapsamında toplanan büyük verinin saklanması, yönetimi ve görselleştirilmesi üzerinde çalışılması gereken konulardandır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye'de Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından FUA-2016-9989 kodlu proje ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Airbus Defence and Space, 2016. *Pleiades Imagery*. Accessed 29 July 2016. http://www.intelligence-airbusds.com/files/pmedia/public/r61_9_geo_011_pleiades_en_low.pdf

Cressey, D. 2015. "Tropical paradise inspires virtual ecology lab." *Nature* 517: 255–256. doi:10.1038/517255a

Crete IDEA Workshop, 2016. Accessed 26 July 2016. <http://www.icre8.eu/sites/default/files/CRETE%20IDEA1%20WORKSHOP%2012-13October2015.pdf>

Davies, N., D. Field, D. Gavaghan, S.J. Holbrook, S. Planes, and M. Troyer. 2016. *Simulating social-ecological systems: the Island Digital Ecosystem Avatars (IDEA) consortium*. *GigaScience* 5:14. doi 10.1186/s13742-016-0118-5

Guo, T., A. Capra, M. Troyer, A. Gruen, A. J. Brooks, J. L. Hench, R. J. Schmitt, S. J. Holbrook, and M. Dubbini, 2016. *Accuracy Assessment of Underwater Photogrammetric Three Dimensional Modelling For Coral Reefs*. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLI-B5: 821-828. doi:10.5194/isprsarchives-XLI-B5-821-2016

Hexagon Geospatial, 2016. . *Erdas Imagine*. Accessed 29 July 2016 <http://www.hexagongeospatial.com/products/producer-suite/erdas-imagine>

Kahn J.G. vd., 2015. *Mid- to late Holocene landscape change and anthropogenic transformations on Mo'orea, Society Islands: A multi-proxy approach*. *The Holocene* c. 25 ss. 333-347.

Moorea IDEA, 2016. *Moorea Island Digital Ecosystem Avatar*. www.mooreaidea.org. [Erişim: 7 Nisan 2017]

United Nations, 2015. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Accessed 26 July 2016. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

Wallis, R., 1976. *An approach to the space variant restoration and enhancement of images*. Proc. of Symp. on Current Mathematical Problems in Image Science, Naval Postgraduate School, Monterey CA, USA, November.