MENDERESLİ NEHİRLERDEKİ MORFODİNAMİK SÜREÇLERİN İHA ÖLÇÜMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Orkan ÖZCAN¹, Semih Sami AKAY²

¹ Öğr. Gör. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul, ozcanork@itu.edu.tr ² Öğr. Gör., İstanbul Arel Üniversitesi, Emlak ve Emlak Yönetimi Programı, 34295, Küçükçekmece, İstanbul, semihsamiaakay@arel.edu.tr

ÖZET

İnsansız Hava Araçları (İHA), veri üretim işlemlerinde iş gücü ve zaman açısından yüksek konumsal ve zamansal çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesinde klasik fotogrametri metoduna göre düşük maliyeti ile farklı disiplinlerin veri üretim aşamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Havzalarda ve nehir yataklarında meydana gelen erozyon, çöküntü, toprak kayması, toprak taşınımı gibi ilgili jeomorfolojik çalışmalarla birlikte kaya kütlesi hareketleri ve yüzey deformasyonlarının belirlenmesinde, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu yeryüzü modellerinin oluşturulması ve yoğun nokta bulutu üretimi için İHA'lar kullanılmaktadır. Menderesli nehirlerdeki hacimsel değişimler, bölgenin morfodinamik süreçlerinin tanımlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, İHA ile Büyük Menderes Havzası'nda farklı zamanlarda gerçekleştirilen uçuş operasyonlarında bütünlüklü dijital kamera ile elde edilen görüntülerden üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) ve nokta bulutu verileri ile seçilen farklı menderes yapılarının hacimlerinin çeşitli hacim karşılaştırma yöntemleri ile hacimsel değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmada, yer kontrol noktaları RTK-GPS ile elde edilerek doğruluk değerlendirmesi için kullanılmıştır. Çalışmada kapsamında, Structure from Motion (SfM) ile üretilen nokta bulutu ve SYM verileri ile menderes yapılarının hacimsel değişimleri karşılaştırılmıştır. Menderes yapılarının dönemsel olarak hacimsel farklılıklarının yanı sıra aynı menderes yapıları için hacim kıyaslama metodları sonucu çıkan farklılıklar irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Büyük Menderes Nehri, hacimsel analiz, İnsansız hava aracı (İHA), sayısal yüzey model (SYM), nokta bulutu

ABSTRACT

EVALUATION OF MORPHODYNAMIC PROCESSES IN MEANDERING RIVERS WITH UAV MEASUREMENTS

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) have begun to be used as alternatives with the advantages of low cost, time, high spatial and temporal resolution images in data production. UAVs are used for the production of high-resolution three-dimensional surface models and dense point clouds in the process of determining erosion, subsidence, landslide, soil transport and surface deformation in the riverbeds. The volumetric changes in the meandering rivers are of great importance for the identification of the morphodynamic processes of the region. In this study, it was aimed to reveal the volumetric changes of different meandering structures, which were carried out with various comparison methods, by using UAV-derived Digital Surface Models (DSMs) and point cloud data generated from the images obtained by the integrated camera in the flight operations performed at different times in the Büyük Menderes Basin. In the study, the ground control points were acquired by RTK-GPS for accuracy assessment. The volumetric changes of the meandering structures calculated from the point clouds and DSMs produced by Structure from Motion (SfM) were compared. Consequently, in addition to the periodic volumetric differences of the meander structures, the differences in volumetric comparison methods for the same meander structures have been evaluated.

Keywords: Büyük Menderes River, volumetric analysis, unmanned aerial vehicle (UAV), digital surface model (DSM), point cloud

1. GİRİŞ

Nehirlerin sahip olduğu yüksek debiler, taşkın yatağı veya düşük kanal akışındaki değişiklikler nehirlerin kanal morfolojisini değiştirmektedir. Mevsimsel olarak incelendiğinde, kış ve bahar aylarında yağışların etkisi ile nehirlerde meydana gelen taşkınlar önemli jeomorfolojik değişimlere neden olurken, yaz aylarında nehirlerdeki düşük akımlar erozyon ve yüzeysel birikmeyi arttırmaktadır. Nehirlerdeki sediment bütçesindeki değişim ile nehirlerin denize taşıdığı kum ve toprak miktarlarında azalma söz konusu olduğundan nehir ağzında ve kıyı şeridinde erozyon görülebilmektedir (Kabdaşlı, 2010, Özcan vd., 2012; Maharana vd., 2018). İHA'lar ile elde edilmiş verilerin işlenmesi sonucu elde edilen nokta bulutu, sayısal yüzey modelleri ve ortofoto verileri ile nokta konumları, yüzey alan ve hacim hesaplamaları yüksek doğrulukla yapılabilmektedir (Turner vd. 2012; Westoby vd., 2012; Lucieer vd., 2014).

Menderes yapılarındaki erozyon ve birikim analizleri için kullanılan yersel ve uzaktan algılama yöntemlerine ek olarak, düşük maliyeti ve hızlı veri temini ile kamera ve LİDAR vb. sistemlerin entegre edildiği İHA'ların kullanıldığı görülmektedir. Menderes yapıları ile nehir kanalındaki dönemsel değişimler, farklı zamanlarda elde edilen İHA verileri ile incelenebilmektedir. Nehirlerde erozyona uğramış ya da birikme olan menderes yapılarının belirlenmesi,

Çalışma Alanı	Ay	Nokta No	X (m)	Y (m)	Z (m)
Menderes 2	Ocak	1	567718.3422 ± 0.013	4180875.5551 ± 0.013	60.265 ± 0.013
		2	567621.4930 ± 0.015	4180871.4308 ± 0.015	60.179 ± 0.015
		3	567559.1455 ± 0.016	4180848.7277 ± 0.016	60.534 ± 0.016
		4	567503.8160 ± 0.017	4180829.4112 ± 0.017	61.142 ± 0.017
		5	567392.9387 ± 0.017	4180925.3663 ± 0.017	60.853 ± 0.017
	Haziran	1	567666.6039 ± 0.017	4180875.1301 ± 0.017	60.173 ± 0.017
		2	567622.7879 ± 0.021	4180873.6607 ± 0.021	60.239 ± 0.021
		3	567580.6354 ± 0.019	4180858.8902 ± 0.019	60.444 ± 0.019
		4	567476.7250 ± 0.022	4180845.8330 ± 0.022	61.976 ± 0.022
		5	567400.5698 ± 0.020	4180918.4417 ± 0.020	60.848 ± 0.020
Menderes 3	Ocak	1	558488.2405 ± 0.019	4184583.9944 ± 0.019	54.345 ± 0.019
		2	558465.7102 ± 0.022	4184781.3358 ± 0.022	53.896 ± 0.022
		3	558370.1692 ± 0.019	4184847.2309 ± 0.019	54.952 ± 0.019
		4	558068.7026 ± 0.017	4184779.6335 ± 0.017	54.658 ± 0.017
		5	557980.2962 ± 0.019	4184707.9983 ± 0.019	54.611 ± 0.019
	Haziran	1	558467.6215 ± 0.058	4184781.8111 ± 0.058	54.094 ± 0.058
		2	558487.2208 ± 0.069	4184580.0716 ± 0.069	54.333 ± 0.069
		3	558364.8682 ± 0.022	4184848.1876 ± 0.022	54.856 ± 0.022
		4	558008.8788 ± 0.046	4184715.2944 ± 0.046	55.010 ± 0.046
		5	558083.6254 ± 0.030	4184798.2320 ± 0.030	54.674 ± 0.030

Şekil 2. YKN'lerin menderes yapılarına ait nokta bulutu verilerinde gösterimleri; a) Menderes 1, b) Menderes 2, c) Menderes 3.

Son yıllarda özellikle ticari yazılımların gelişimiyle İHA'lerden elde edilen görüntülerden yüksek çözünürlüklü SYM, nokta bulutu ve ortofoto verilerin üretilmesini sağlayan Structure-from-Motion (SfM) metodu, veri üretimi işlemi açısından devrimsel nitelikte, düşük maliyetli ve diğer ölçüm metodlarına göre zaman avantajı sağlayan bir fotogrametrik tekniktir. SfM metodu, her bir fotoğrafın kamera parametrelerini, konumlarını düzenleyerek ve görüntülerdeki objelerin eşleştirilmesini sağlayarak üç boyutlu veri üretilmesini sağlayan görüntü temelli modelleme tekniğidir. SfM metodunun en temel özelliği, fotogrametrik ölçüm işlemlerini temel alarak farklı konumlarda çekilmiş, belirli örtüşme oranına sahip fotoğraf serilerindeki objelerin eşleştirilmesi ile objelerin üç boyutlu modellenmesini sağlamaktadır (Snively, 2007).

Çalışma kapsamında dönemsel olarak üretilen verilerin hacimsel değişimlerinin kıyaslanması amacıyla SYM verileri ile "DEM of Difference (DoD)" metodu, nokta bulutu verileri ile "CloudCompare 2.5D Volume" metodu kullanılmıştır. DoD metodu, jeomorfolojik değişimleri izlemek için yaygın olarak kullanılmakla birlikte iki farklı SYM verisi ile piksel bazlı olarak topografik yüzeyler arasında hacimsel değişimleri hesaplayan bir yöntemdir. DoD ile jeomorfolojik değişimin büyüklüğü ve mekânsal desenleri analiz etmekle birlikte çalışmada sediment miktarlarında meydana gelen değişimleri belirlemek için kullanılmıştır (Wheaton vd., 2009, Williams, 2012, Lague vd., 2013, Marteau, 2016). DoD (1), iki farklı zamana ait SYM verilerinin farkının alınmasıyla üretilen ve yükseklikte meydana gelen değişimi gösteren bir SYM verisidir. SYM₁ verisi ilk üretilen SYM verisini, SYM₂ verisi ise ilk ölçümden sonra üretilen SYM verisini temsil etmektedir (Williams, 2012).

$$DoD = SYM_2 - SYM_1 \quad (1)$$

2.5D Volume metodu, iki nokta bulutu verisi arasında hacimde meydana gelen değişimin hesaplanmasını sağlamaktadır. Nokta bulutu verilerinin raster ya da grid oluşturulmasıyla ölçüm hesaplarını gerçekleştirir. Hacim farkını hesaplamak amacıyla, iki farklı veride oluşturulan gridlerin yükseklik farkları hesaplanarak grid bazlı hacim farkları çıkartılarak veriler arası hacim değişimi hesaplanmaktadır (URL 1). Grid bazlı hacim farkı (2), oluşturulan her bir grid için grid kenarları ile aynı gride ait yükseklik farkının çarpımı ile hesaplanmaktadır.

$$dV = \text{grid kenar} \times \text{grid kenarı} \times \text{grid yükseklik farkı} \quad (2)$$

Çalışmaya ait veri üretim ve analiz süreçlerine ait iş adımlarını gösteren iş akış diyagramı Şekil 3'teki gibidir.

Şekil 3. İş akış diyagramı.

Büyük Menderes Nehri üzerinde belirlenmiş menderes yapılarında, ocak ve haziran aylarında İHA ile elde edilen görüntüler ile menderes yapılarında meydana gelen morfolojik değişimleri incelemek amacıyla her menderes yapısı için nokta bulutu ve SYM verileri üretilerek bölgesel kıyaslamalar gerçekleştirilmiştir. Menderes yapılarındaki değişimlerin incelenmesi amacıyla üretilen SYM ve nokta bulutu verileri ile değişim analizi gerçekleştirilen bölgeler Şekil 4'te gösterilmiştir. Menderes bölgeleri, üretilen veriler üzerinden görsel yorumlama ile incelendiğinde haziran ayında sediment birikimlerinin olduğu görülmüştür. Üretilen SYM ve nokta bulutu verilerinin özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Şekil 4. Menderes alanlarında, çalışma yapılan bölgelerin gösterimi.

Çizelge 2. Menderes yapıları alansal değişimleri.

Çalışma Alanı	Veri Türü		
	SYM (Mekânsal Çözünürlük)	Nokta Bulutu (Nokta Sayısı)	
		Ocak	Haziran
Menderes 1	5 cm	3,743,554	4,468,215
Menderes 2	4 cm	5,854,647	6,807,069
Menderes 3	4 cm	8,991,554	11,190,850

Menderes yapılarına ait mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla alansal ve hacimsel analizler gerçekleştirilmiştir. Mendereslere ait verilerin alansal değişimleri incelemek amacıyla her menderes için ocak ve haziran aylarına ait hava fotoğraflarından ortomozaik üretilmiştir. Menderes yapılarındaki nehir alanları, ortomozaik üzerinde yapılan analizler yardımıyla çıkartılarak menderes yapılarındaki sediment miktarları belirlenmiştir. Alansal analizler doğrultusunda haziran ayında, menderes yapılarında sediment miktarlarında artış yani birikim olduğu gözlemlenmiştir. Menderes yapılarına ait alansal değişim Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Menderes yapıları alansal değişimleri.

Çalışma Alanı		Aylar		Alansal Değişim
		Ocak	Haziran	
Menderes 1	Bölge 1	19090.50 m ²	19966.70 m ²	876.20 m ²
	Bölge 2	7257.72 m ²	8410.55 m ²	1152.83 m ²
Menderes 2	Bölge 1	17425.70 m ²	19022.90 m ²	1597.20 m ²
	Bölge 2	23839.10 m ²	26703.70 m ²	2864.60 m ²
Menderes 3	Bölge 1	5977.63 m ²	6466.16 m ²	488.53 m ²
	Bölge 2			

Menderes yapılarında hacimsel değişimlerin incelenmesi ve iki farklı veri grubunun karşılaştırılması amacıyla ocak ve haziran aylarına ait SYM ile nokta bulutu verilerindeki değişimler incelenmiştir. SYM ve nokta bulutu verileri ortomozaik yardımıyla elde edilmiş nehir dışı alanları içerecek şekilde üretilmiştir. SYM verileri ile hacimsel değişimin belirlenmesi amacıyla DoD metodu, nokta bulutu verileri ile hacimsel değişimin belirlenmesi amacıyla ise CloudCompare yazılımı, Volume 2.5D metodu kullanılmıştır. Menderes yapılarındaki hacimsel veriler dikkate alındığında, menderes yapılarında haziran aylarında sediment miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4'te veri türüne bağlı olarak menderes yapılarında ocak ve haziran ayları arasındaki hacimsel değişimler gösterilmiştir.

Çizelge 4. Menderes yapıları hacimsel değişimleri.

Çalışma Alanı		Hacimsel Değişim		Veri Türü Arasındaki Fark
		SYM	Nokta Bulutu	
Menderes 1	Bölge 1	79693.921 m ³	76745.355 m ³	2948.566 m ³
	Bölge 2	57477.911 m ³	55499.609 m ³	1978.302 m ³
Menderes 2	Bölge 1	121297.236 m ³	119776.672 m ³	1520.564 m ³
	Bölge 2	164508.896 m ³	163759.945 m ³	748.951 m ³
Menderes 3	Bölge 1	26603.813 m ³	25788.910 m ³	814.903 m ³
	Bölge 2			

Menderes yapılarında, nehir kıyısında meydana gelen değişimlerin görsel olarak analiz edilmesi amacıyla bütün menderes bölgelerinin kıyı bölgelerinde, batı yönünden doğu yönüne doğru örnek kıyı profilleri çizilerek, meydana gelen taşınım ve birikim miktarları grafikler ile gösterilmiştir. Menderes yapılarında meydana gelen değişimler; Menderes 1 çalışma alanı için kıyı çizgisinde oluşturulan Profil 1 Şekil 5'te ve Profil 2 Şekil 6'da, Menderes 2 çalışma alanı için kıyı çizgisinde oluşturulan Profil 1 ve Profil 2 Şekil 7'de ve Menderes 3 çalışma alanı için kıyı çizgisinde oluşturulan Profil 1 Şekil 8'de ve Profil 2 Şekil 9'da gösterilmiştir.

Şekil 5. Menderes 1 bölgesinde, Profil 1 için kıyı değişim grafiği gösterimi.

Şekil 6. Menderes 1 bölgesinde, Profil 2 için kıyı değişim grafiği gösterimi.

Şekil 7. Menderes 2 bölgesinde, Profil 1 ve Profil 2 için kıyı değişim grafiği gösterimi.

Şekil 8. Menderes 3 bölgesinde, Profil 1 için kıyı değişim grafiği gösterimi.

Şekil 9. Menderes 3 bölgesinde, Profil 2 için kıyı değişim grafiği gösterimi.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, öncelikle Büyük Menderes Havzası'nın seçilen menderes alanlarındaki periyodik sediment değişikliklerini belirlemek için kış ve yaz mevsimindeki değişiklikler araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, iki farklı veri modeli arasında hacimsel verilerin analizinin gerçekleştirilmesi amacıyla menderes yapılarının ocak ve haziran aylarına ait üç boyutlu nokta bulutu verileri ve üç boyutlu sayısal yüzey modelleri ile alansal sediment miktarındaki değişimin incelenmesi amacıyla ortomozaik üretilmiştir. Çalışma sonucunda, İHA ile veri üretiminin menderes yapılarında sediment birikme ve kayıp miktarlarının alansal ve hacimsel olarak belirlenmesinde uygun bir ölçüm metodu olabileceği görülmüştür. Hacimsel analizler incelendiğinde, SYM ve nokta bulutu verileri arasındaki meydana gelen farkın yüzeyde bulunan objelerden kaynaklandığı görülmektedir. Nokta bulutu verisinde bulunan objelerin filtrelenerek sadece yüzeye ait nokta bulutu verisi ile yüzeye ait veri olan SAM verisinin kıyaslanması iki farklı veri arasındaki farkın azalabileceği yorumunu getirmektedir.

Sonuç olarak, menderes yapılarında gerçekleştirdiğimiz çalışmamız doğrultusunda gelecekteki pek çok projede geleneksel fotogrametri metodu yerine düşük maliyetli ve hızlı çözüm olarak İHA'ların kullanılacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, İHA'lara monte edilebilen çeşitli dijital kameralar ve sensörlerin, menderes çevresindeki tarım alanlarında bitkilerin sağlığı ve verimliliği üzerindeki tortu etkisini de inceleyebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Castillo, C., Pérez, R., James, M.R., Quinton, J.N., Taguas, E.V., Gómez, J.A., 2012, Comparing the Accuracy of Several Field Methods for Measuring Gully Erosion, *Soil Science Society of America Journal*, 76, 1319.

Flener C., Vaaja M., Jaakkola A., Krooks A., Kaartinen H., Kukko A., Kasvi E., Hyypä H., Hyypä J. and Alho P.,2013, Seamless Mapping of River Channels at High Resolution Using Mobile LIDAR and UAVPhotography, *Remote Sensing*, ISSN 2072-4292, 2013.

James, M.R., Robson, S., 2012, Straightforward Reconstruction of 3D Surfaces and Topography with a Camera: Accuracy and Geoscience Application, *Journal of Geophysical Research*, 117, F03017.

Kabdaşlı, S., 2010, Karasu Sahili Erozyon Probleminin İncelenmesi - Ön Değerlendirme Raporu, *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Su ve Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi*.

Lague D., Brodu N., Leroux J., 2013, Accurate 3D Comparison of Complex Topography with Terrestrial Laser Scanner : Application to the Rangitikei Canyon (N-Z), *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, 10-26.

Lucieer, A., de Jong, S.M., Turner, D., 2014, Mapping Landslide Displacements Using Structure from Motion (SfM) and Image Correlation of Multi-Temporal UAV Photography, *Progress in Physical Geography*, 38, 97–116.

Maharana C., Srivastava D., Tripathi J.K., 2018, Geochemistry of Sediments of the Peninsular Rivers of the Ganga Basin and Its Implication to Weathering, Sedimentary Processes and Provenance, *Chemical Geology*, 492, 1-20.

Marteau B., Vericat D., Gibbins C., Batalla J.R., Green, D.R., 2016, Application of Structure-from-Motion Photogrammetry to River Restoration, *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 503-515.

Ozcan, O., Musaoglu, N., Seker, D.Z., 2012, Environmental Impact Analysis of Quarrying Activities Established on and Near River Bed by Using Remotely Sensed Data, *Fresenius Environmental Bulletin*, 21, 11,3147 - 3153.

Snavey N., Seitz S. M., Szeliski R., 2007, Modeling the World from Internet Photo Collections, *International Journal of Computer Vision*, 80 (2), pp 189–210.

Turner, D., Lucieer, A., Watson, C., 2012, An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds, *Remote Sensing*, 4, 1392–1410.

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M., 2012, Structurefrom-Motion Photogrammetry: a low-Cost, Effective Tool for Geoscience Applications”, *Geomorphology*, 179, 300–314.

Wheaton, J.M., Brasington, J., Darby, S.E., Sear, D.A., 2009, Accounting for Uncertainty in DEMs from Repeat Topographic Surveys: Improved Sediment Budgets, *Earth Surface Processes and Landforms*, 35, 136–156.

Williams, R.D., 2012, DEMs of Difference, *British Society for Geomorphology, Geomorphological Techniques*, Chap. 2, Sec. 3.2.

URL 1: https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=2.5D_Volume#Grid_generation