

İnsansız Hava Aracı (Drone) ile Erozyon Alanlarının Tespiti: Trakya Yarımadası Örneği

Identification of Erosion Sites With an Unmanned Aerial Vehicle (Drone): The Case of Thrace Peninsula

Hüseyin SARI

Öz

Bu çalışma, Trakya Yarımadası'nda tespit edilen erozyon bölgelerinin alan ve hacimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak hesaplanması amacı ile gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama ile yapılan ölçümler hem zaman kazanımı hem de fazla işgücünün önüne geçmektedir. Ayrıca drone ile çekim yapılabilecek araziler için satın alınabilecek uydu görüntülerinden daha az maliyetli olmaktadır. Bu amaçla, bölgede doğal karakteristikleri farklılık gösteren 13 erozyon alanı incelenmiş ve insansız hava aracı (drone) ile görüntüler elde edilmiştir. Çalışmada İHA verilerinin kalibrasyonu amacıyla sınırları belli olan ve doğaya zarar vermeyen beyaz boya ile sınırları belirlenmiş ve çeşitli yüksekliklerden bu alanların tüm ölçümleri (uzunluklar, açılar vb.) yapılmıştır. Sınırları belirlenen alanlar daha sonra İHA görüntüleri alınarak CBS yazılımları ve grafik programı "Autodesk Inventor" ile çeşitli proseslerden geçirilerek hacim hesaplaması yapılmıştır. Görüntülerde farklılık olmaması için uygun hava koşulları beklenmiş ve birleştirilecek olan İHA görüntüleri benzer hava şartlarında elde edilmiştir. Farklı hava koşullarında alınan görüntülerin birleştirilmesinde ışık, gölge gibi faktörlerin hesaplamalarda herhangi bir sapmaya neden olmaması ve görsel olarak farklılık oluşturmaması için özen gösterilmiştir. Toplam 13 adet erozyon alanlarından görüntüler alınmış ve çalışmada koordinat sistemi olarak WGS 1984 (World Geodetic System 1984) kullanılmıştır.

Bu görüntüler birleştirilerek bu alanların ortomozaik görüntüleri oluşturulmuştur. Görüntülerdeki bölgelerin alan ve hacimlerinin yanı sıra kalibrasyonları da yapılmıştır. Yapılan çalışmada, kalibrasyon için küçük bir alanın kullanılması alansal hesaplamada doğruluk oranını %90'ın üzerine çıkarırken hacim ölçümlerinde ise bu oran uçuş yüksekliğine göre %60 – 78 arasında bulunmuştur.

Yaklaşık 100 m² alanda yapılan kalibrasyon çalışmasında 100 metre yükseklikten çekilen görüntüde 12 fotoğraf, 10 metre yükseklikten çekilen görüntüde ise 103 fotoğraf kullanılmıştır. Buna göre, yerden 10 metre yükseklikten çekilen görüntüde hacimsel doğruluk oranı %78,57 bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Trakya, Erozyon, CBS, İHA, Toprak

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hüseyin SARI, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ-Türkiye E-mail: hsari@nku.edu.tr  ORCID: 0000-0002-8903-5618

Atf/Citation: SARI H. İnsansız Hava Aracı (Drone) ile Erozyon Alanlarının Tespiti: Trakya Yarımadası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 70-79.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2022

Abstract

The present study was conducted to determine the areas and volumes of erosion zones in Thrace peninsula using geographical information systems (GIS). Measurements made with remote sensing both save time and prevent excess workforce. In addition, it is less costly than satellite images that can be purchased for areas where drones can be shot. For this purpose, 13 erosion sites with different environmental characteristics were examined and images were obtained with an unmanned aerial vehicle (UAV) in the study area. To calibrate the UAV data, the boundaries were determined using nature-friendly white paint. Then, all measurements (lengths, angles, etc.) of these areas were calculated from various altitudes. Volume of the determined areas then processed using GIS software and a graphic program named "Autodesk Inventor". All of the UAV tasks were taken under suitable weather condition in order to avoid any difference in the images. Further, the UAV images to be combined were obtained under similar weather conditions to ensure that factors such as light and shadow do not cause any deviation in the calculations and create visual differences. Images were taken from a total of 13 erosion areas and WGS 1984 (World Geodetic System 1984) was used as the coordinate system in the present study.

Orthomosaic images of these areas were created by combining the images. In addition to the areas and volumes of the regions in the images, calibration analyzes were also made. Using a small area for calibration in the study increased the accuracy of area measurement rate above 90%, while this rate was found between 60 - 78% in volume measurement depending on the flight altitude.

12 photos were used in the image taken from a height of 100 meters and 103 from a height of 10 meters in the calibration from approximately 100 m². Accordingly, the volumetric accuracy rate was found to be 78.57% in the image taken from a height of 10 meters from the ground.

Keywords: Thrace, Erosion, GIS, UAV, Soil

1. Giriş

Erozyon olayı ile toprakta bulunan organik madde ve taşınan üst toprak ile toprağın verimliliği azalmakta bunun yanı sıra taşınan materyal ile göletler veya barajlar bu materyaller ile dolarak normal kullanım sürelerinden daha erken zamanlarda dolmaktadır. Doğal kaynakların ve toprağın korunması bakımından erozyonla mücadele çok önem arz etmektedir. (Atalay, 1987; Balcı, 1996; Kantarcı, 2000). Türkiye'nin en önemli çevresel problemlerinden biride su erozyonudur (Özşahin 2016).

Erozyon miktarının doğru ölçümü, farklı senaryolarda aşındırıcı süreci daha iyi anlamak ve eğimli alanlarda toprak kaybını azaltmayı amaçlayan verimli kurtarma stratejilerini teşvik etmek için anahtar bir faktördür (Cerdan ve ark., 2010; Di Stefano ve ark. 2017).

Sahip olduğu doğal ortam özellikleri ile erozyon olaylarının en fazla görüldüğü ülkelerden birisi olan Türkiye'de arazilerin önemli bir kısmı hızlandırılmış erozyon olayı ile karşı karşıyadır. Trakya Yarımadası hızlandırılmış erozyonun en yaygın olarak görüldüğü alanların başında yer almaktadır (Özşahin, 2015).Yapılan çalışmaların birçoğunda erozyon modellemesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin mükemmel bir araç olduğu vurgulanmıştır (Shrestha 1997; Shrestha 2000; Wessels ve ark., 2001; Yang ve ark., 2003; Özşahin 2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri modellemeleri sadece insan etkisinin erozyon üzerine olan etkileri konusunda tahminde bulunmaz, bunun yanı sıra karışık sistemlerin ve farklı senaryoların bu sistemleri uygulayanlar tarafından rahatlıkla görüntülenmesini sağlamaktadır. Kullanılan bu modellerde iklim, toprak, eğitim, vejetasyon gibi birçok veri bir Coğrafi Bilgi Sistemleri içinde bozulmuş ve işlenebilir alanların tanımlanma ve haritalanması için veri olarak kullanılabilir (Jaroslav ve ark. 1996; Shigeo ve ark. 1998; Özyavuz 2011).

Dengiz ve ark. (2009) geleneksel yöntemlerin, verileri toplamak ve heterojen toprak erozyonunu ölçmek için yüksek işçilik maliyeti ve zaman gerektirdiğinden, bu ölçümlerin zor olabileceğini belirterek CBS ve Uzaktan algılama çalışmaları ile bu çalışmaların yapılmasının daha yararlı olacağını belirtmişlerdir.

Öncelikle vejetasyon ve arazi kullanımının, uzaktan algılama ile elde edilen veriler ortaya konularak yapılan örnek çalışmalar göstermiştir ki; uzaktan algılama teknikleri ile desteklenen Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin erozyon modellemesinde kullanılma oranını arttırmakta ve arazi çalışmalarında büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır (De Jong, 1994, Cyr ve ark., 1995). İran'da Batı Azerbaycan tarafından yapılan bir çalışmada arazi kullanımı ve eğimin dikliği, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak başarıyla tespit edilmiş ve farklı erozyon modellerinde test denenmiştir. Arazi çalışmalarıyla desteklenen çalışmada ulaşılamayan dağlık arazilerde uzaktan algılama ile elde edilmiş veriler vejetasyon farklılığının tespit edilmesinde büyük kolaylıklar sağlamıştır (Najmoddini, 2003). Zhang ve ark., (2021) Özellikle rüzgar erozyonu olan açık alanlarda yapılan arazi çalışmalarının yanı sıra drone tabanlı uzaktan algılamanın kullanılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır. Eugenia ve Piar (2017), Toprak kaybı süreçlerinin daha iyi anlaşılması, arazi kullanımı ve şehir planlamasında drone kullanımının faydalı olduğunu belirtmişlerdir. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Kampüsü içinde yapılan bir çalışmada kampüsteki oyuk erozyonu olan kısımların ölçümü İHA ile yapılmış ve toprak kayıpları yaklaşık olarak hesaplanmıştır (Gündoğan ve ark., 2017).

Yapılan bu çalışmada erozyon alanlarının farklı şekildeki hacimlere sahip olduğundan bu şekilsel bozukluklara rağmen yaklaşık olarak bu alanların hesaplanabileceği ve doğruluk oranlarının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Trakya arazisinin büyük bir kısmı gözlemlenerek belirgin bir şekilde meydana gelmiş olan erozyon bölgelerinin birkaçı örneklenmiştir. Trakya'da olan ve Trakya'nın büyük kısmını oluşturan Tekirdağ ve Kırklareli illeri tarım dışı arazilerinden toprak örnekleri alınmıştır. Bu örnekleme yapılırken toprak yapısının farklı olabileceği baz alınarak uzak bölgelerde noktalar tespit edilmiştir.

Bu çalışmada görüntü alma işleminde TR-IHA0H5909136 seri numaralı, DJI-PHANTOM 4 model İHA kullanılmıştır. Elde edilen görüntülerin işlenmesi için Intel® Core™ i7-4700HQ CPU @ 2.40 GHz işlemcili, 8 GB ram ve Windows 10 işletim sistemine ait bilgisayar ve ortofotoların işlenmesi yani ortomozaik görüntülerin

oluşturulması için Esri firmasına ait drone2map for ArcGIS programı kullanılmıştır. Oluşturulan ortomozaik görüntülerin hacim, alan hesapları ve haritalanması için ESRI firmasının ArcMap 10.6.1 yazılımı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra Drone'un kullanımı için Pix4D ve Ctrl+DJI programlarından faydalanılmış, grafik programı Autodesk Inventor ile de kalibrasyon alanının hacmi hesaplanmıştır.

2.2. Metod

Erozyon alanlarının belirlenmesi için trakya içindeki araziler gezilerek denk gelen yerler belirlenmiş ayrıca doğa yürüyüşü yapan gruplardan da destek alınmıştır. Kırklareli ve Tekirdağ illerinde bulunan 25 noktadan sadece 13 tanesi bu ölçümlere uygun olmuştur. (Şekil 1). Kullanılmayan diğer alanlarda ağaç örtüsü veya arazinin durumu ölçümün sağlıklı yapılmasına engel olmuştur.

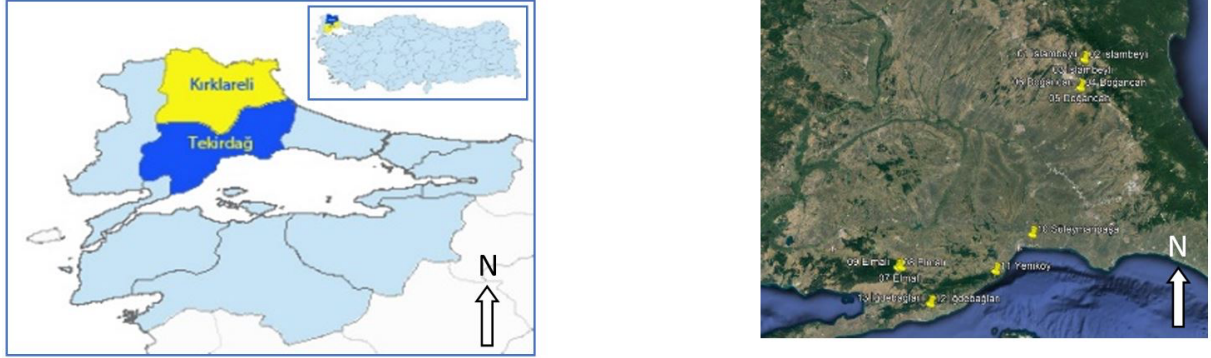


Figure 1. Study area and sampling points
Şekil 1. Çalışma alanı ve örnek alınan noktalar

2.2.1. Kalibrasyon alanının belirlenmesi

Bu çalışmada İHA verilerinin kalibrasyonu amacıyla sınırları belli olan ve açık uçları ise doğaya zarar vermeyen beyaz boya ile sınırları belirlenmiş ve çeşitli yüksekliklerden bu alanın tüm ölçümleri (uzunluklar, açılar) yapılmıştır. Kalibre için seçilen alanın ölçüm fotoğrafları Şekil 2 de gösterilmiştir.



Figure 2: Marking the calibration area and images from the sample areas
Şekil 2. Kalibrasyon alanının işaretlenmesi ve örnek alanlarından görüntüler

Daha önceki aşamada birleştirilen “D2M” uzantılı dosyalar Esri firmasına ait ArcGIS 10.6.1 yazılımının ArcMAP programı kullanılarak orthomozaik ve DTM (Digital Terrain Model) dosyaları açılmıştır. Alan ve hacim hesaplanabilmesi için işlemler aşağıdaki sıra ile gerçekleştirilmiştir.

Android telefon uygulamalarından Pix4D Capture ve Ctrl + DJI programları telefona kurulup cihazın kalibrasyonları yapılarak, Pix4D programında görüntülenecek arazinin yeri çekim tipi ve çekimin yapılacağı yükseklik işaretlenerek (Şekil 3) program başlatıldı. Her bir erozyon alanı için aynı işlemler tekrarlandı ve her alan için çekilen ortofotograflar drone'daki hafıza kartına otomatik olarak kaydedildi.

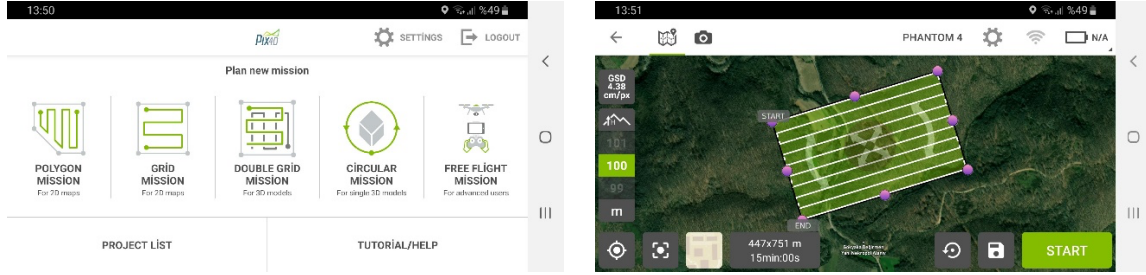


Figure 3: Marking the area to be viewed in PIX4D Capture program.

Şekil 3. Görüntülenecek alanın PIX4D Capture programında işaretlenmesi.

Bu 13 noktada drone uçuş yüksekliğinin kalkış noktalarından minimum 30 maksimum 100 m olmasının uygun olacağı kanısına varılmıştır. Mevcut erozyon alanlarının tespitinden sonra arazi üzerinde İnsansız Hava Aracı (Drone) ile görüntü alma işlemine başlanmıştır. Özel yazılımlar ile alınan görüntüler drone üzerinde bulunan hafıza kartına yüklenmiştir. İHA ile alınan görüntülere örnek Şekil 4 'te verilmiştir.

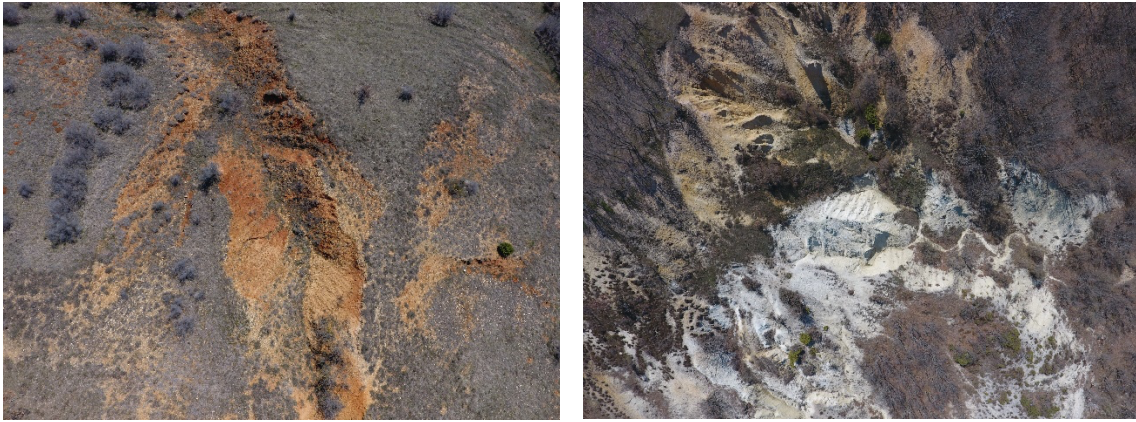


Figure 4 Examples of images taken by drone.

Şekil 4. Drone tarafından çekilen görüntülere örnekler.

Görüntüler üzerinde farklılık olmaması için, uygun hava koşulları, birbirini tamamlayacak olan görüntüler için ise benzer hava şartlarının oluşması beklenmiştir. Farklı hava koşullarında alınan görüntülerin eşleştirilmesinde ışık, gölge gibi faktörlerin, hesaplamalarda herhangi bir sapmaya neden olmasa da, görsel olarak farklılık oluşturmasının önüne geçilmesi için özen gösterilmiştir. Toplam 13 adet örnekte incelenen erozyon alanlarından görüntüler alınmış ve bu çalışmada koordinat sistemi olarak WGS 1984 (World Geodetic System 1984) kullanılmıştır.

Çalışma alanındaki 13 adet erozyon alanından alınan 4377 adet görüntü her bir erozyon alanı için ayrı ayrı klasörleştirilmiş ve Esri firmasına ait Drone2Map for ArcGIS yazılımının 1.2.161 sürümü kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirmenin ilk aşaması olarak koordinat sistemi seçilmiş ve birleştirilmek istenilen görüntüler yazılım ekranından import edilmiştir (Şekil 5).

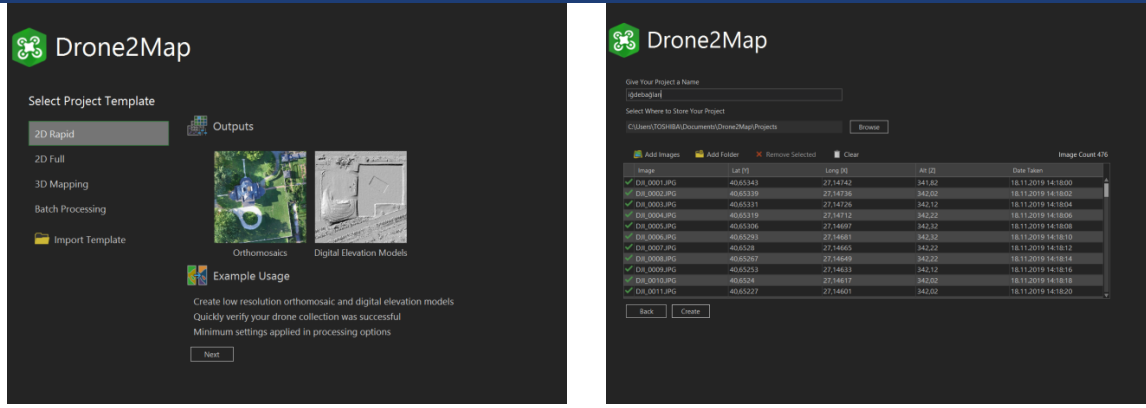


Figure 5: Uploading images to Drone2Map software

Şekil 5. Drone2Map yazılımına görüntülerin yüklenmesi

Bir sonraki aşamada harita üzerinde İHA güzergahı ve resim alınan noktaların gösterildiği ekran üzerinden start butonu ile birleştirme işlemini gerçekleştiriyoruz (Şekil 6).

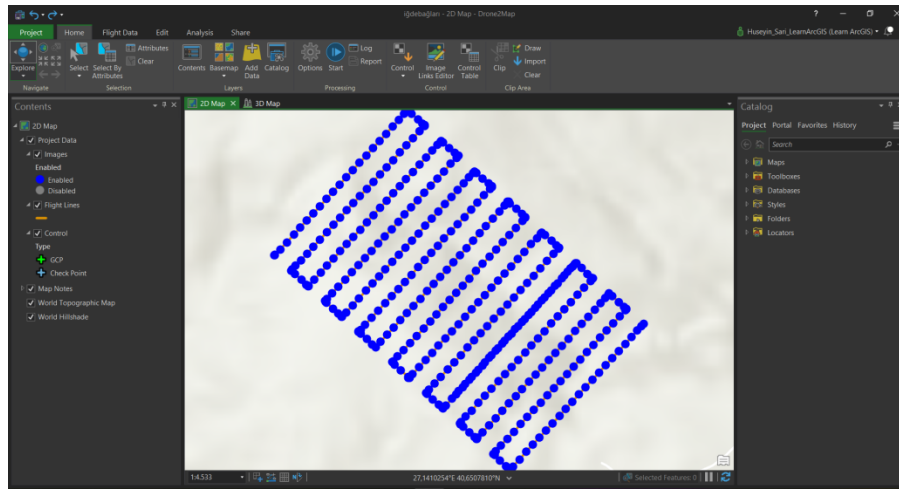


Figure 6. Combining photos in the Drone2Map program

Şekil 6. Drone2Map programında fotoğrafların birleştirilmesi

Intel® Core™ i7-4700HQ CPU @ 2.40 GHz işlemcili, 8 GB ram ve Windows 10 işletim sistemine ait masaüstü bilgisayar kullanılmış ve ESRI firmasına ait ArcGIS 10.6.1 yazılımı ve Drone2Map 1.2.161 eklentisi kullanılmıştır. Birleştirme işlemi tamamlandığında “D2M” uzantılı dosya, birleştirme öncesi gösterilen klasörde toplanmaktadır.

Boy ve Saraloğlu 2016 yılındaki çalışmasında İHA üzerindeki GNSS verilerinin doğruluğuna bağlı olarak değişmekle beraber YKN kullanılmadan, yatayda ve düşeyde 10 cm ve altında hassasiyete sahip sayısal haritalar elde edilebileceği ve buradan alan ve hacim hesaplamalarının gerçekleştirebileceğini tespit etmiştir. Yapılan çalışmalarda bu hassasiyette en belirleyici hususun İHA sistemi üzerindeki GNSS alıcısının tutarlılığı olduğu gözlenmiştir.

2.2.2. Sınırları Çizme

Her bir erozyon için orthomozaik görüntüler üzerinden erozyon alanları sınırları poligon işaretleme modeli baz alınarak yeni shapefile dosyası oluşturulmuştur. Bu shape file kullanılarak ArcMap yazılımındaki editör seçeneğinden erozyon alanları sınırları özenli bir şekilde belirlenmiştir (Şekil 7).

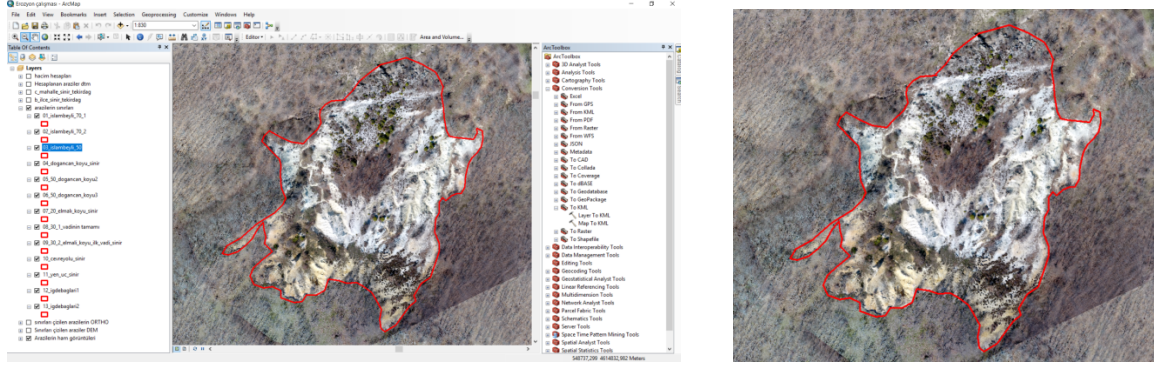


Figure 7 Determining the boundaries of the images in the ArcMap program

Şekil 7. ArcMap programında görüntülerin sınırlarının belirlenmesi

2.2.3. Kesme işlemi

Sınırları belirlenen alan ArcMap yazılımında Clip (Data Management) işlevi kullanılarak kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Alan ve hacim hesaplaması için gereken DTM dosyalarının da kesilmesi gerektiğinden, Drone2Map programında birleştirme sonrası oluşan DTM dosyaları da aynı işlemle kesilerek sadece erozyon bölgesinin haritası ve DTM dosyası alınmıştır (Şekil 8). Kesme işlemi gösterilmiş alan DTM dosyaları için ArcMap yazılımda yer alan “Calculate Area and Volume” işlevinden “Calculate Statistics” butonu ile sınırları çizilmiş olan bölge için hacim ve alan hesabı gerçekleştirilmiştir (Şekil 9).



Figure 8 Cut DTM file

Şekil 8. Kesme işlemi gerçekleştirilmiş DTM dosyası

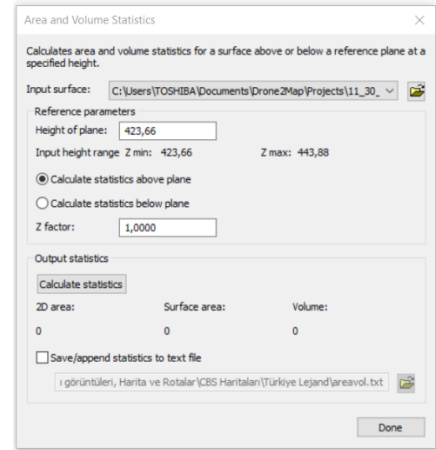


Figure 9 Calculations

Şekil 9. Hesaplamalar

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Sınırları belirlenen alanın daha sonra İHA görüntüleri alınarak ve ilgili proseslerden geçirerek CBS yazılımları ve grafik programı “Autodesk Inventor” ile hacmi hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Sarı ve Özcan (2018) yaptıkları çalışmada kalibrasyon için dikdörtgen prizması benzeri bir alan kullanmış ve hacim olarak doğruluk oranını %80’in üstünde bulmuştur. Fakat bu çalışmada üçgen prizma benzeri bir alan kullanılmıştır, bu yüzden aynı doğruluk dereceleri elde edilememiştir.

Çalışma alanında yapılan ölçümler hesaplandığında bu erozyon alanlarındaki kayıplar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Kalibrasyon için çeşitli yüksekliklerden çekilen görüntülerin alan ve hacim değerleri

Table 1. Area and volume values of images taken from various heights for calibration

Arazi Adı	En düşük rakım (metre)	En Yüksek Rakım (metre)	Yüzey Alanı (m ²)	Doğruluk Oranı (Alan)	Hacim (m ³)	Doğruluk Oranı (Hacim)
Yeniköy 10 metre	211.43	214.96	99.28	97.92	142.01	78.57
Yeniköy 20 metre	212.44	215.12	96.37	95.05	134.71	74.53
Yeniköy 30 metre	211.39	213.87	94.79	93.50	126.24	69.85
Yeniköy 100 metre	216.13	217.82	91.62	90.36	109.48	60.57
Kalibre için ölçümü yapılan arazinin gerçek hacmi:				180.74 m ³		
Kalibre için ölçümü yapılan arazinin gerçek alanı:				101.39 m ²		

Tablo 2. CBS Yazılımı ile hesaplanan erozyon alanları değerleri

Table 2 Erosion areas values calculated with GIS Software

Örnek Noktaları	En düşük Rakım (metre)	En Yüksek Rakım (metre)	2D Alan m ²	Yüzey Alan m ²	Volume m ³	Kayıp (ton)
01	254.87	284.16	7.510,12	8.046,07	94.577,49	250.630,35
02	257.15	291.13	3.375,30	3.487,44	46.765,80	123.929,37
03	260.79	295.59	8.953,64	9.424,01	147.088,90	389.785,59
04	179.20	191.18	413.74	424.90	1.888,16	5.003,62
05	175.07	185.14	404.18	423.88	1.862,60	4.935,89
06	176.26	185.84	331.20	339.40	1.504,15	3.986,00
07	380.93	400.82	1.532,47	1.590,65	14.856,85	39.370,65
08	428.88	448.16	1.930,23	1.968,63	14.654,69	38.834,93
09	424.23	442.52	3.599,83	3.651,72	32.315,43	85.635,89
10	41.16	58.43	6.241,26	6.410,67	58.630,32	155.370,35
11	189.88	205.58	3.614,61	3.651,41	23.830,03	63.149,58
12	113.79	159.33	6.172,18	6.908,20	116.553,41	308.866,54
13	191.36	225.67	1.672,65	1.835,78	25.107,60	66.535,14
Toplam			45.751,41	48.162,76	579.635,43	1.536.033,89

Trakya yarımadasında Kırklareli ve Tekirdağ illerinde tespit edilen ve İHA ile ölçüm imkanı olan 13 noktada yapılan çalışmada ölçülebilen erozyon alanlarının toplamı 48.162,76 m²'dir. Belirlenmiş alandaki erozyon alanlarının %15.78 i AKK sınıflamasına göre III. Sınıf arazilerde olup yaklaşık olarak 7.598 m² alana tekabül etmektedir. Bu alanın geri kalan %84.22 si ise AKK'ye göre VII sınıf arazilerde bulunmaktadır. Bunun alanı ise 40.563 m²'dir.

Büyük Toprak Gurubu olarak incelendiğinde ise toplam alanın %61.67 si Kahverengi Orman Toprağı olup alan olarak 29.701 m² bulunmuştur. Kireçsiz Kahverengi Topraklar toplam alanın %15.75 i olup 7.598 m² ye denk gelmektedir. Bu alanların %22.55 i ise Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı olup 10.862 m² bulunmuştur.

Ağırlık olarak incelendiğinde ise toplamda 1.536.033 ton toprak kaybı mevcuttur. Bunun 947.256 tonu Kahverengi Orman Toprakları, 242.346 tonu Kireçsiz Kahverengi Topraklar, 346.430 tonu ise Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarında yer almaktadır.

Toprak tekstürleri incelendiğinde toplam erozyon alanının %23.95 i Tınlı topraklar olup 11.533 m² ye denk gelmektedir. Toplam alanın %32.88 i Killi topraklar olup alanı 15.834 m², toplam alanın %2.7 si kil olup 1.188 m², toplam alanın %14.97 si Kumlu tın olup alanı 7.211 m² ve son olarak ta toplam alanın %25.74 ü Kumlu Killi tın olup 12.395 m² bulunmuştur. Toprakların K (Erodibilite) faktörlerine bakıldığında ise tüm toprakların K faktör sınıfı 3. Derece olan "Orta Derece Aşınabilir" sınıfına girmektedir.

Bölgesel ölçekte erozyon alanlarının varlığı, arazi gözlemleri, görsel yorumlama ve uzaktan algılama kullanılarak değerlendirilebilir. Uzaktan algılamada uydu görüntüleri veya drone ile yapılan çekimlerde erozyonun anlık durumu veya yıllar içindeki değişimleri rahatlıkla gözlemlenebilir. Yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntülerinin artan teknoloji seviyesi ile daha net ölçümler yapılabilmektedir. Uzaktan algılama ile yapılan ölçümler hem zaman kazanımı hemde fazla işgücünün önüne geçmektedir. İHA ile çekilen görüntüler alanların büyüklüğüne, şekilsel olarak değişimlerine ve çekim yüksekliklerine bağlı olarak değişiklik gösterse de yaklaşık olarak kayıpları hesap etmek ve yıllara bağlı olarak değişimlerini gözlemlemek açısından büyük kolaylıklar sağlayabilecektir.

4. Sonuç

Bölgesel ölçekte erozyon alanlarının varlığı, arazi gözlemleri, görsel yorumlama ve uzaktan algılama kullanılarak değerlendirilebilir. Uzaktan algılamada uydu görüntüleri veya drone ile yapılan çekimlerde erozyonun anlık durumu veya yıllar içindeki değişimleri rahatlıkla gözlemlenebilir. Yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntülerinin artan teknoloji seviyesi ile daha net ölçümler yapılabilmektedir. Uzaktan algılama ile yapılan ölçümler hem zaman kazanımı hem de fazla işgücünün önüne geçmektedir. Ayrıca drone ile çekim yapılabilecek araziler için satın alınabilecek uydu görüntülerinden daha az maliyetli olmaktadır.

Yapılan çalışmada kalibrasyon için küçük bir alanın kullanılması alan olarak doğruluk oranını uçuş yüksekliğine bağlı olarak %90'ın üzerine çıkarırken hacim ölçümlerinde bu oran uçuş yüksekliğine göre %60 – 78 arasında bulunmuştur. Fakat bu çalışmada kalibrasyon için keskin kenarları olmayan üçgen prizma benzeri bir alan kullanılması bu doğruluk oranını düşürmüştür. Bu doğruluk oranına bakıldığında yaklaşık 100 m² alanda yapılan kalibrasyon çalışmasında 100 metre yükseklikten çekilen görüntüde 12 fotoğraf, 10 metre yükseklikten çekilen görüntüde ise 103 fotoğraf kullanılmıştır. Bu alanda 10 metre yükseklikte çekilen görüntüde hacimsel doğruluk oranı %78,57 bulunmuştur. Kalibrasyon alanlarının küçüklüğü nedeni ile hata payları yüzde olarak bulunmuş olmakla birlikte bu alanlar ne kadar büyük olursa doğruluk miktarı da yüzde olarak daha yüksek çıkacaktır. Buradan şu sonuca varabiliriz. Alan büyüdükçe doğruluk oranı arttığı gibi çekim yüksekliği de azaldığında bu doğruluk oranı artmaktadır. Bu yüzden zaman ve imkanlar yeterli ise ve görüntülenecek alanlar küçükse, çekim alanlarının hacimsel doğruluk oranının yararına çekim yüksekliği düşük tutulmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından NKUBAP.03.YLGA.18.163 Nolu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynakça

- Atalay, İ. (1987). Anakayanın Toprak Verimiyle Erozyon Arasındaki İlişkiler, Seminer Notu, OGM - Enerji Ormanı Tesis Ve Erozyon Kontrolü Semineri, Ankara.
- Balcı, AN. (1996). Toprak Koruması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 39(47), 439.
- Cerdan, O, Govers G, Le Bissonnais Y, Van Oost K, Poesen J, Saby N, Gobin A, Vacca A, Quinton J, Auerswald K, Klik A, Kwaa, F, Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M., Dostal, T., (2010). Rates And Spatial Variations of Soil Erosion İn Europe: A Study Based on Erosion Plot Data. *Geomorphology* 122, 167–177.
- Cyr L., Bonn F., Pesant A. (1995). Vegetation Indices Derived From Remote Sensing For An Estimation Of Soil Protection Against Soil Erosion. *Ecological Modelling*, 79:277-285.
- De Jong, S.M. (1994). Derivation Of Vegetative Variables From Landsat TM For Modelling Soil Erosion. *Earth Surface Processes And Landforms*, 19:165-178.
- Dengiz O, Yakupoglu T, Baskan O, (2009). Soil erosion assessment using geographical information system (GIS) and remote sensing (RS) study from Ankara-Guvenc Basin, Turkey. *Journal of Environmental Biology* 30(3) 339-344
- Di Stefano C, Ferro, V. (2017). Testing Sediment Connectivity At The Experimental SPA2 Basin, Sicily (Italy). *Land Degrad. Dev.* 28, 1992–2000.
- Eugenia P., Pilar G., (2017). Monitoring Soil Erosion by Raster Images: From Aerial Photographs to Drone Taken Pictures. *European Journal of Geography* Volume 8, Number 1:116- 128, February 2017
- Gündoğana R., Almab V., Dindaroğluc T., Günal H., Yakupoğlu T., Susamf T., Saltalıb K., (2017). Monİtorİng and Estimation of Soil Losses from Ephemeral Gully Erosion in Mediterranean Region Using Low Altitude Unmanned Aerial Vehicles. 4th International GeoAdvances Workshop. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W6
- Jaroslav M H, R S Marcel, J.B. Grešáka, S.B. Geografický. (1996). Modelling Spatial And Temporal Changes Of Soil Water Erosion. *Geografický Casopis*, 48:255-269.
- Kantarıcı M D, (2000). Toprak İlmi. İstanbul: Çantay Basımevi.
- Najmoddını N. (2003). Assessment Of Erosion And Sediment Yield Processes Using Remote Sensing And GIS: A Case Study İn Rose Chai Sub-Catchment Of Orumieh Basin, W. Azarbaijan, Iran. Msc. Thesis İn Watershed And Environmental Management. International Institute For Geo-İnformation Science And Earth Observation. Int. Inst. Aerospace Surv. Earth Sci. (ITC), Enschede, The Netherlands. 55 P.
- Özşahin E. (2013). “Türkiye’de Yaşanmış (1970-2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme”. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı, S.: 1-8, 25-27 Eylül 2013, MKÜ-Hatay.
- Özşahin E, (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Analizi: Ganos Dağı Örneği (Tekirdağ) Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 7, No: 1, 2015 (47-63)
- Özşahin E, (2016). Alakır Çayı Havzasında (Antalya) Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı ve Etkili Faktörler. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2016, 13 (02)
- Özyavuz M. (2011). Tekirdağ Kent Merkezinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama İle İncelenmesi *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2016, 13 (02)
- Sari H, Özcan O, (2018). Soil Properties of the Quarry Areas in Suleymanpasa-Tekirdağ. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*. 2018, 33(1): 75-83
- Shıgeo O, S G S M Nobuyuki U, Satoshi M, Nasır, S. Muhammad. (1998). Estimation Of Soil Erosion Using USLE And Landsat TM İn Pakistan. *National Institute Of Agro-Environment Sciences*. 53 P.
- Shrestha D P. (1997). Assessment Of Soil Erosion İn The Nepalese Himalaya: A Case Study İn Likhu Khola Valley, Middle Mountain Region. *Land Husbandry*, 2:59-80.
- Shrestha D P. (2000). Aspects Of Erosion And Sedimentation İn The Nepalese Himalaya: Highland-Lowland Relations. Phd Thesis, Ghent Univ., Ghent. 145 P.
- Wessels, K.J., Berg, H.M.V.D. Pretorius, D.J. (2001). Spatial Natural Resource Monitoring İn Mpumalanga Province Of South Africa, In: S. Samran, (Editor), *Response To Land Degradation*. Science Publishers, Inc, Enfield. S. 237-246
- Yang, D., S. Kanae, T. Oki, T. Koike, T. Musiak. (2003). Global Potential Soil Erosion With Reference To Land Use And Climate Change. *Hydrological Processes*, 17(14):2913-2928.
- Zhang, J.; Guo,W.; Zhou, B.; Okin, G.S. (2021). Drone-Based Remote Sensing for Research on Wind Erosion in Drylands: Possible Applications. *Remote Sens*. 2021, 13, 283. <https://doi.org/10.3390/rs13020283>