

İnsansız hava aracı ile orman yolu kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi: Bolu-Taşlıyayla örneği

Determination of forest road cut and fill volumes by using unmanned aerial vehicle: A case study in the Bolu-Taşlıyayla

Yılmaz TÜRK¹
Harun CANYURT¹
Remzi EKER²
Abdurrahim AYDIN¹

¹ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi,
Düzce

² İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman
Fakültesi, İzmir

Sorumlu yazar (*Corresponding author*)

Yılmaz TÜRK
yilmazturk@duzce.edu.tr

Geliş tarihi (*Received*)

26.03.2022

Kabul Tarihi (*Accepted*)

18.08.2022

Sorumlu editör (*Corresponding editor*)

İbrahim TURNA
turna@ktu.edu.tr

Atıf (*To cite this article*): Türk, Y. , Canyurt, H. , Eker, R. & Aydın, A. (2022). İnsansız hava aracı ile orman yolu kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi: Bolu-Taşlıyayla örneği. Ormanlık Araştırma Dergisi , Karok 2021 , 97-104 . DOI: 10.17568/ogmoad.1093695

Öz

Ormanlıkta üretim aktivitelerinin planlanmasında ve orman yollarının tasarlanmasında, konumsal verilere dayalı karar destek sistemleri bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, ormanlık alanların yüksek çözünürlükte ve doğrulukta sayısal yükseklik modellerinin (SYM) üretilmesinde İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılmaktadır. İHA ile iş yükü azaltılmakta, zaman kazanımı ve daha hassas veriler elde edilmektedir. Orman yolu yaklaşık maliyet ve hakediş cetvellerinin hazırlanmasında iş yükü fazla olmaktadır. Ayrıca yol yapımı bittikten sonra yüklenici firmaya ödenecek ücret hakediş (olur) cetvellerinde bulunan kesin maliyete göre belirlenmektedir. Bu çalışmanın amacı İHA teknolojisi ile hakediş orman yolu kazı ile dolgu hacimleri belirlenmiş ve zemin klasları da incelenmiştir. Seben Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Taşlıyayla Orman İşletme Şefliği 001 kodlu orman yolunun 100 metrelik kısmı çalışmaya konu edilmiştir. Çalışmaya konu yolun yapımından önce ve sonra İHA (drone) ile uçuşlar otonom olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, hakediş 384,23 m³ kazı ile 188,30 m³ dolgu hacmi ve 893,84 m² kazı alanı ile 447,85 m² dolgu alanı bulunmuştur. Ayrıca alanda toprak ve küskülük zemin klasları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İHA, sayısal yükseklik modeli, orman yolları, kazı ve dolgu hacimleri

Abstract

In the planning of production activities in forestry and in the design of forest roads, decision support systems based on spatial data are widely used in some countries. In recent years, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) have been used in the production of high resolution and accuracy digital elevation model (DEM) of forest areas. The workload is high in the preparation of the forest road tender cost and progress payment schedules. In addition, the fee to be paid to the contractor company after the road construction is completed is paid according to the final cost in the progress payment schedule. The aim of this study is to determine the progress payment forest road cut, fill volumes and land classes with UAV technology. Within the scope of the study, the 100-meter section of the 001-coded Type B forest road of Taşlıyayla Forest Management Chief, which is located within the borders of Seben Forestry Directorate, was selected. Before and after the construction of the road, which is the subject of the study, flights with UAV (drone) were carried out autonomously. As a result of the study, 384.23 m³ cut and 188.30 m³ fill volume, cut 893.84 m² and fill area 447.85 m² were found. In addition, soil and loose soil land classes were determined in the area.

Key Words: UAVs, digital elevation model, forest roads, cut and fill volumes



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Ülkemizde orman yolu planlanması ve yapım çalışmaları Orman Genel Müdürlüğü'nce (OGM) "292 Sayılı Orman yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı Tebliğindeki" (OGM, 2008) esaslara göre yürütülmektedir. Orman Bölge Müdürlüklerinde (OBM) orman yolları yapım işlemi, Makine İkmal Şube Müdürlüğü'nce görevlendirilen teknik personel ve talepte bulunan Orman İşletme Şefi ile oluşturulan bir keşif ekibi tarafından başlatılır. Son yıllarda orman yolu etüt ve aplikasyon işleri özel ormancılık şirketlerine ihale yoluyla yaptırılmaktadır. Yolun aplikasyon işlemi ile birlikte, yolun eğimi, genişliği ile yamaç eğimleri dikkate alınarak OGM, İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Etüt Proje Şube Müdürlüğü'nce hazırlanan "Orman Yolları Yapım İşleri Teknik Şartnamesi" gereğince Metraj Cetveli düzenlenir (OGM, 2008). Metraj cetveli yanında teknik ekibin deneyimlerine de dayanan zemin etüdü yapılır ve yol boyunca kayıt edilir. Zemin etüdü yol boyunca yapılacak kazı işlerinde toprak, küskülük ve kayalık oranlarının belirlenmesi işlemidir. Zemin etüdü çalışmaları, motorlu araçların güvenli seyrininin sağlanmasında ve yolun uzun ömürlü olması bakımından önemlidir. Ayrıca yaklaşık maliyet ihale bedelinin belirlenmesinde de kullanılan zemin klasları tespit edilmektedir.

Metraj cetvelinin hazırlanmasından sonra toplam kazı miktarı ile bu miktarın zemin cinslerine göre dağılımını gösteren İcmal Cetveli hazırlanarak 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu kapsamında Açık İhale Usulü ile İhale Edilen Yapım İşlerine göre ihaleye çıkılarak yol yapım işi gerçekleştirilmekte ve sonrasında kontrol çalışmaları (hakediş) ile son bulmaktadır.

Metraj cetvelinin hazırlanması sırasında her profil noktasındaki yamaç eğimi ve yol genişliği dikkate alınmaktadır. Bu durum yolun yapımı sırasında oluşacak gerçek kazı hacminin belirgin bir şekilde farklılık göstermesine neden olmaktadır. Orman yolu hakediş (olur) cetvellerinin hazırlanmasında iş yükü fazladır. Ayrıca yol yapımı bittikten sonra yüklenici şirkete ödenecek ücret hakediş cetvelinde bulunan kesin maliyete göre ödenmektedir.

Kazı ve dolgu hafriyat işleri, orman yolu inşaat maliyetinin ekonomik olarak en büyük iş kalemini oluşturmaktadır. Bu nedenle kazı ve dolgu hacimlerinin doğru tahmin edilmesi önemlidir (Contreas ve ark., 2012). Ayrıca orman yolu inşaatında kazı işleri, maliyeti artıran en önemli iş kalemidir (Gümüş ve ark., 2003). Bir orman yolu inşaatında zemin klaslarının ve kazı miktarının belirlenmesi yolun maliyetinin belirlenmesi ve yüklenici şirkete

ödemenin doğru hesaplanması bakımından esastır (Acar ve Karabacak, 2012).

Orman yolu yapımı ile ilgili ihale sonuçlarının incelendiği çeşitli çalışmalarda yaklaşık maliyet değerleri ile hakediş değerleri arasındaki farklılık zemin klaslarının tespitinde, yol uzunluğunda ve toplam kazı miktarında olduğu belirtilmiştir (Karabacak, 2010; Erbaş, 2010; Türk ve Gümüş, 2017).

Bazı ormancılık çalışmalarında konumsal verilere dayalı ve bilgisayar destekli karar destek sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yeni sistemlerin başarı ile kullanılabilmesi için ormanlık alanların topografik özellikleri, SYM'lerin yardımı ile bilgisayar ortamında gerçeğe en yakın biçimde temsil edilmesi gerekmektedir.

Günümüzde ulaşılan teknolojik gelişmelerle yol projelerinin hazırlanması ve uygulanması son derece kolay bir işlem haline gelmiştir. Orman yollarının planlanması aşamasında İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak elde edilen SYM'den yararlanılarak AutoCAD Civil 3D Yazılımı ve NetCAD harita çizim programının NETPRO modülü gibi yazılımlardan yararlanılabilir.

İHA sistemleri ile yüksek çözünürlükte ve doğrulukta SYM'ler üretilmektedir. İHA platformlarının kullanımının yaygınlaşmasında yeni nesil görüntü işleme tekniklerinin etkisi oldukça fazladır. Fotogrametrinin dönüşü olarak nitelendirilen Structure-from-motion (SfM) algoritmasının dijital ortamda artan kullanımı ise İHA ve sistemlerinin geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir (Gülci ve ark., 2021). SfM mantığı ile çalışan birçok ticari veya açık kaynak kodlu yazılım ile yüksek çözünürlükte SYM ve ortofotolar kolaylıkla oluşturulmaktadır (Shervais, 2015; Wallace, 2016).

Dünyada orman yolları ile ilgili olarak İnsansız Hava Aracının (İHA) kullanıldığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Buğday (2018), İHA sistemlerinin orman yolları yapım çalışmalarında kullanılabilir kabiliyetini incelemiş, çalışmada bir orman yolunun kazı ve dolgu hacimlerini bulmuştur.

Türk ve ark. (2018), orman yollarında inşaat faaliyetlerinin çevresel etkilerinin belirlenmesinde İHA kullanım olanağını değerlendirmişlerdir. Çalışmada optik sensörlerin, yoğun meşcerelerde yol yapımı nedeniyle dolgu alanı ve inşaat etki alanının haritalanmasında sınırlı yeteneklere sahip olduğu belirlenmiştir. İHA tabanlı yol yüzey deformasyonlarının izlenmesine ilişkin son dönem çalışmalar ise Turk ve ark. (2019a) ve Turk ve ark., (2019b) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda yol üst yapısında meydana gelen erozyon ve

birikme miktarları belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, İHA teknolojisi ile orman yolu hakediş (olur) kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi ile zemin klaslarının tespit edilmesidir.

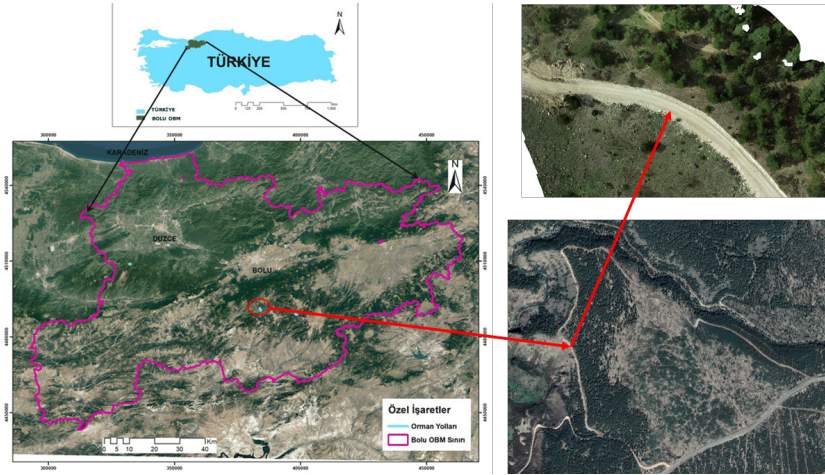
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Bolu Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Seben Orman İşletme Müdürlüğü'ne (OİM) bağlı Taşlıyayla Orman İşletme Şefliğindeki (OİŞ) 2019 Ağustos ayında inşaatı biten 001 kodlu orman yolunun rastgele 100 metrelik kısmı seçilmiştir (Şekil 1). Taşlıyayla OİŞ'nin toplam alanı 10309,7 ha olup genel alanın 7201,5 ha'ı ormanlık alan ve 3108,2 ha'ı ormansız alandır (OGM, 2018). Şeflikte kullanımda olan toplam orman yol uzunluğu 41+690 km'dir.

Çalışmada ilk uçuş yol inşaatından önce DJI Mavic Pro modeli ve ikinci uçuş yol inşaatından sonra DJI Phantom 4 RTK sistemi olmak üzere iki platform kullanılmıştır. İkinci uçuşta DJI Phantom 4 RTK sisteminin tercih edilmesi, iş yükünün daha az ve daha hassas veri elde etmek içindir (Şekil 2).

DJI Mavic Pro model, entegre 12 mega-piksel çözünürlüklü kameraya sahip kullanıma hazır İHA-1 kategorisindedir. DJI Phantom 4 RTK İHA üzerinde 1 inçlik 20 megapiksel çözünürlüğünde CMOS sensör bulunmaktadır. İHA sistemi üzerinde yüksek konum doğruluğu sağlayan çok frekanslı bir RTK/PPK veri alımına izin veren küresel navigasyon uydusu sistemi (global navigation satellite system, GNSS) alıcısına sahiptir. Ayrıca çalışmada yer kontrol noktalarının (YKN) ölçümünde CHCN X91 GNSS alıcısı kullanılmış ve cihazla yatayda ve düşeyde 1-2 cm hata ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresi
Figure 1. Study area and surroundings



Şekil 2. İHA Sistemleri ve CHCN X91 GNSS uydusu alıcısı: a) DJI Phantom, b) DJI Mavic Pro, c) CHCN X91 GNSS uydusu alıcısı, d) DJI Mavic Pro uzaktan kumandası

Figure 2. UAV Systems and CHCN X91 GNSS satellite receiver: a) DJI Phantom, b) DJI Mavic Pro, c) CHCN X91 GNSS satellite receiver, d) DJI Mavic Pro remote control

2.2. Yöntem

2.2.1. İHA ile sayısal görüntülerin alınması

İHA ile görüntü alımına ait işlemlerin temel adımları; arazi öncesi hazırlık ve uçuş planlarının hazırlanması, arazi çalışması ile uçuşun gerçekleştirilmesi ve uçuş sonrası işlemlerdir (Eker ve ark. 2018). Arazi öncesi hazırlık safhasında, alana hareket etmeden önce hava koşulları ve ilgili alanın topografyası gibi bazı gerekli ön bilgilerin elde edilmelidir. İHA ile uçuşun gerçekleştirilmesindeki optimum hava koşulları rüzgâr ve yağışın olmadığı bulutlu bir gökyüzü olarak ifade edilmektedir (Lindner ve ark., 2016; Eker ve ark., 2018).

Çalışmada ilk uçuş yol inşaatından önce 17.04.2019 tarihinde ve ikinci uçuş yol inşaatından sonra 20.05.2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Birinci uçuş DJI Mavic Pro modeli ile tıraşlama yapılan yol geçkisinde kapsayan alan üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uçuş sabit 1,5 cm yersel çözünürlüklü olarak görüntü alımına imkân verecek şekilde adaptif olarak ve UgCS 2.18.98 uçuş planlama yazılımı kullanılarak planlanmıştır. Bu kapsamda %75 ön ve yan bindirmeli olarak, 80 m AGL (above ground level /yer seviyesinin üstünde) yer seviyesinden yükseklikte uçuş planı oluşturulmuştur.

İkinci uçuş diğer İHA platformu olarak DJI Phantom 4 RTK sistemi ile yol inşaatı bittikten sonra uçuş gerçekleştirilmiş olup, uçuş planlama işlemi DJI Phantom 4 RTK sisteminin kumandasından DJI GS RTK uygulaması ile oluşturulmuştur. Bu kapsamda öncelikle Global Mapper yazılımında sahanın SYM verisi (SRTM DEM 30 m çözünürlüklü) ve uçuş yapılan alanın sınırlarını kapsayan bir vektör veri (KML formatında) SD kart ile kumandaya aktarılmıştır. Daha sonra bu veriler kullanılarak alanın büyüklüğü ve İHA'nın batarya kapasitesine bağlı olarak süre dikkate alınarak %75 ön ve yan bindirme oranları ile topografya adaptif uçuş ve 100 m AGL (above ground level) yer seviyesinden yükseklikte yapılacak şekilde planlama gerçekleştirilmiştir.

Arazide her iki İHA platformu uçuşunun gerçekleştirilmesinden önce yol platformu üzerine İHA ile alınacak görüntülerde belirgin olarak görülecek şekilde YKN aplike edilmiştir. Yol platformu üzerine kırmızı sprey boya ile aplike edilen her bir YKN'nin TUREF TM33 koordinat sisteminde X, Y ve Z koordinatları, CHCN X91 GNSS alıcısı ile yatayda ve düşeyde 1-2 cm hata ile ölçülmüştür. YKN'lerin araziye uygulamasının tamamlanmasının ardından uçuşlar gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).

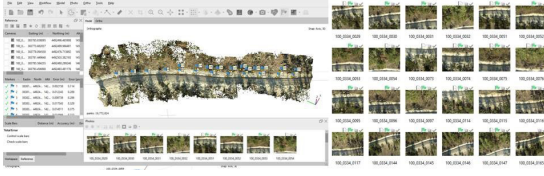


Şekil 3. Üst)YKN'nin alana işaretlenmesi, alt) Cors-GPS ile koordinatlarının alınması
Figure 3. Top) Marking the YKN to the area, bottom) getting its coordinates with Cors-GPS

2.2.2. İHA ile alınan sayısal görüntülerin işlenmesi

Uçuş sonrası ofis çalışmaları kapsamında ise İHA ile alınan görüntülerin işlenerek yüksek çözünürlükte ve doğrulukta nokta bulutu, SYM ve ortofoto görüntüsü üretilmesinde Agisoft Metashape Professional Version 1.5.2 yazılımı kullanılmıştır (Şekil 4).

Yazılım Windows 10 64-bit İşletim Sistemi üzerinde çalıştırılmıştır. Görüntü yöneltme işlemi doğruluk seviyesi orta (medium) olarak ayarlanmışken, diğer derinlik haritaları üretimi (depth maps), yoğun nokta bulutu (dense cloud) üretimi aşamalarında kalite ayarları yüksek (high) olarak seçilmiştir. RTK modda uçuşlar gerçekleştirilerek görüntü alımı yapıldığı için görüntü optimizasyonunda YKN tanımlanmamıştır. YKN'ler sadece modelin coğrafi referanslanması hatasının temin edilmesinde kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Görüntülerin fotogrametrik analizi sonucu üretilen çıktılar “.las” formatında yoğun nokta bulutu verisi, “.tiff” formatında SYM ve ortomozayiklerdir. Daha sonra analizlerde alansal tutarlılık sağlanması için “.shp” formatında çalışma alanını temsil eden bir vektör veri kullanılarak bütün SYM ve ortomozayikler aynı boyuta indirgenmiştir.

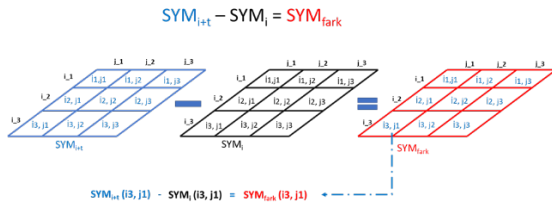


Şekil 4. Agisoft Photoscan Professional version 1.5.2 yazılımında verilerin işlenmesi
Figure 4. Data processing in Agisoft Photoscan Professional version 1.5.2

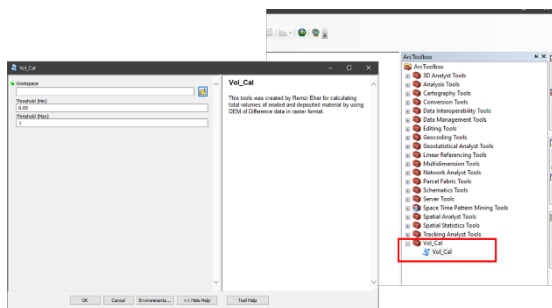
2.2.3. Kazı ve dolgu hacminin belirlenmesi

Çalışmada kazı ve dolgu hacminin belirlenmesi amacıyla SYM farkları yöntemi kullanılmıştır. SYM bu işlemde raster formatta üretilen SYM verilerini oluşturan her bir pikselin değeri (SYM de bu değer deniz seviyesinden olan yüksekliktir) zaman serisindeki diğer SYM'lerin örtüşen (üst üste binen) pikselin değerinden çıkarılması şeklinde uygulanmaktadır. SYM farkları ilk uçuş verisi baz alınarak ikinci uçuştan çıkarılmıştır (Şekil 5).

Üretilen Fark SYM verisinden çalışma alanı sınırları kesilip çıkarılmıştır. Daha sonra kazı ve dolgu hacim ve alanı belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Hacim ve alanın belirlenmesi için Python programlama dili ile ArcGIS yazılımı ArcMap modülü içerisinde bir araç kutusu şeklinde bir eklenti tasarlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Fark SYM verisi üretimi
Figure 5. Difference DEM data generation

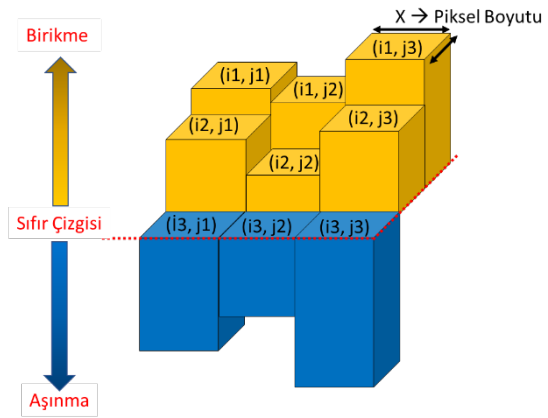


Şekil 6. ArcGIS ArcMap için tasarlanan araç kutusu
Figure 6. Toolbox designed for ArcGIS ArcMap

Algoritma fark verilerinden Şekil 7'de gösterildiği gibi pozitif fark değerlerine sahip bütün pikseller

üzerinden biriken hacim ve alanı, negatif değerleri bütün pikseller üzerinden aşınan hacim ve alanı hesaplamaktadır (Şekil 7). Algoritma hacim ve alan bilgisini çalışma alanı (workspace) olarak tanımlanan konumda metin dosyası (.txt uzantılı) olarak kayıt etmektedir (Şekil 8). Ayrıca ArcGIS yazılımı ile yolun kazı ve dolgu ayrı ayrı sınıflandırılarak alansal ve hacimsel haritalar oluşturulmuştur.

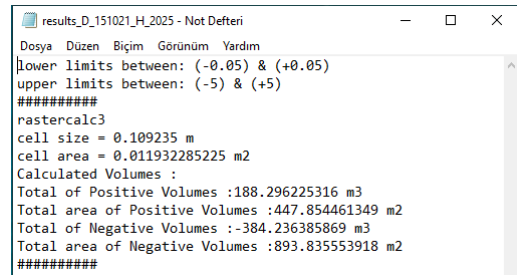
Zemin klaslarının belirmesinde yol inşa edildikten sonra yapılan ikinci uçuş ortofoto görüntüsünden yararlanılmıştır. Görüntüden farklı zemin sınıfının başladığı ve bittiği yerler ArcGIS yazılımında işaretleterek 100 m'lik uzunluğa oranlanmıştır.



$$\text{Eğer } Px_{i,j} > 0 \quad \text{Birikme Hacmi} = \sum_{i=1}^n (Px_{i,j}) \times (Px\text{Alan})$$

$$\text{Eğer } px_{i,j} < 0 \quad \text{Aşınma Hacmi} = \sum_{i=1}^n (Px_{i,j}) \times (Px\text{Alan})$$

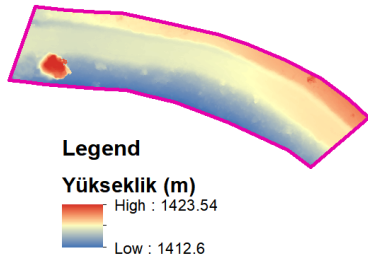
Şekil 7. Fark SYM verisinden kazı ve dolgu hacim ve alanlarının elde edilmesi (Sıfır Çizgisi: İki SYM arasındaki farkın sıfır olduğu yani herhangi bir aşınma veya birikmenin olmadığı anlamına gelmektedir)
Figure 7. Obtaining cut and filling volumes and areas from the difference DEM data (Zero Line: It means that the difference between the two DEMs is zero, that is, there is no wear or accumulation)



Şekil 8. Geliştirilen araç kutusu çıktısının metin dosyası örnek görüntüsü
Figure 8. Text file sample image of enhanced toolbox output

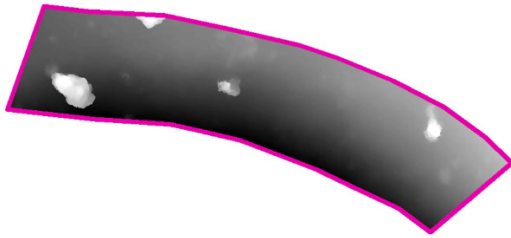
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmaya konu yolun ortalama platform genişliği 4 m ve ortalama boyuna eğimi % 5 bulunmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen görüntüler coğrafi olarak referanslanması yapılarak SfM algoritması ile nokta bulutu oluşturulmuş, daha sonra yola ait SYM (Şekil 9) ve ortofoto üretimi gerçekleştirilmiştir. Yolun SYM'lerinde en düşük arazi kotu 1413 m ve en yüksek arazi kotu ise 1424 m olarak hesaplanmıştır (Şekil 10).



Şekil 9. Çalışmaya konu yolun sayısal yükseklik modeli
Figure 9. The digital elevation model of the road subject to the study

Çalışma sonucunda 384,23 m³ kazı ve 188,30 m³ dolgu hakediş hacmi bulunmuştur (Şekil 11). Ayrıca alansal olarak kazı alanı 893,84 m² ve dolgu



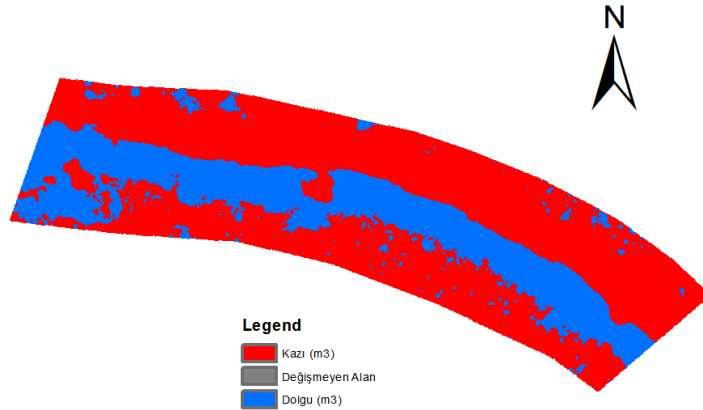
alanı 447,85 m² olarak hesaplanmıştır (Şekil 12).

İHA ile kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesine ilişkin sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır (Akgül ve ark., 2017; Anurogo ve ark., 2017; Buğday, 2018). Gülci (2018), İHA ile toprak yığıcı hacim ölçümlerini değerlendirmiş, çalışma sonucunda 38,56 m³ hacim miktarı bularak, Total Station ile farkının 1,94 m³ olduğunu belirtmiştir. Buğday (2018), İHA ile 300 m uzunluğundaki bir orman yolunda toplam 81804,4 m³ kazı ve 74,2 m³ dolgu hacmi bulmuştur. İHA'lar kullanılarak yapılan kazı ve dolgu hacmi hesaplamaları konusunda yapılan çalışmaların sonuçları ile araştırma bulgularımızın farklı olması, arazinin topografik özelliklerinin ve yol boyuna eğiminin farklı olmasından dolayıdır. Ayrıca bu çalışmalarda kullanılan İHA'lar, donanım, teknik özellikler ve maliyet açısından farklılık göstermektedir. Bu ve diğer çalışmalar orman ve milli park yollarında kazı ve dolgu hesaplamalarında İHA'ların önemli bir rol oynayabileceğini göstermiştir.

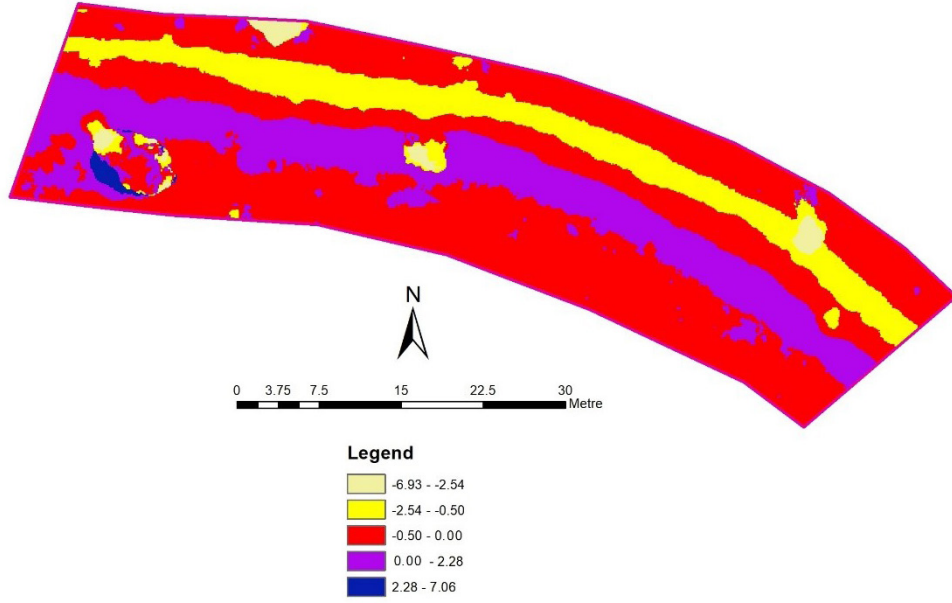
Hakediş (Olur) maliyetlerinin belirlenmesinde önemli olan zemin klasları da bu çalışma özelinde İHA verileri ile rahatlıkla belirlenebilmiştir. Buna göre çalışmaya konu yolun 100 m'lik kısmının yaklaşık %50'si toprak ve diğer %50'si küskülük zemin klaslarından oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 10. Çalışma alanına ait DEM verisi (solda) ve Ortofoto verisi (sağda)
Figure 10. DEM data (left) and Orthophoto data (right) of the study area



Şekil 11. Hacimsel kazı ve dolgu haritası
Figure 11. Volumetric cut (red) and fill (blue) map m³



Şekil 12. Alansal kazı ve dolgu sınıfları haritası
Figure 12. Areal cut and fill classes map



Şekil 13. Çalışma alanının ortofotodaki zemin klasları
Figure 13. Land classes to the study area in orthophoto

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, orman yolu yapım faaliyetlerinde kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesinde İHA kullanımı araştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre bu gibi çalışmalarda İHA kullanılabilirliği ortaya konulmuştur. Özellikle hakediş (olur) metraj ve maliyetleri belirlenirken önemli olan kazı hacmi ve zemin klasları İHA ile rahatlıkla tespit edilmiştir.

İHA ile kazı ve dolgu hacimlerinin sağlıklı şekilde belirlenebilmesi için uçuşların yol inşaatı alanındaki vejetasyon ortadan kaldırıldıktan (yol geçkisi tıraşlama kesimi) sonra gerçekleştirilmesi gereklidir. Aksi takdirde özellikle yoğun orman örtüsünün bulunduğu bölümler için arazi yüzeyine ait topografyanın fotogrametrik yöntemlerle modellenmesi zorlaşacak ve fark verisin elde edilmesinde veri kayıpları söz konusu olacaktır.

Yol geçkisinde tıraşlama kesimi yapılmamışsa yol inşaatından sonra yapılacak uçuşlar OİM'nin hakediş (olur) metraj ve maliyet hesaplamalarında kullanılan arazi ve yol özellikleri (yamaç eğimi, yol genişliği, kazı şevi yüksekliği, kazı şevi eğimi vb.) İHA verisinden kolaylıkla bulunabilmektedir. Ayrıca zemin klasları hariç yol inşaatından önce İHA ile alınan ortofoto ve SYM verilerinden yaklaşık maliyet kazı miktarı 292 sayılı tebliğde (OGM, 2008) belirtilen yöntemlerle belirlenebilmektedir. Burada bilinmesi gereken arazi yamaç eğimidir.

Geleneksel yöntemlerle elde edilen yol inşaatına ait hakediş miktarlarının belirlenmesinde, elde edilen değerler zaman alıcı ve ölçüm yapan personel sayısı en az 3 kişiden oluşmaktadır. Ancak İHA ile 1 kişiyle bile sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu nedenle İHA sistemleri bu çalışmalarda etkin bir şekilde kullanılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje numarası: 2021.02.02.1174).

Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

Kaynaklar

Acar, H. H., Karabacak, M., 2012. The investigation of approximate cost and progress payment for forest road bulding in Likes Region of Turkey. *Turkish Journal of Forestry*, 13(1), 21-27.

Akgül, M., Demir, M., Akay, A.E., 2017. Analyzing dynamic curve widening on forest roads. *Journal of Forestry Research, Springer*, 28(2):411-417.

Anurogo, W., Lubis, M.Z., Khoirunnisa, H., Hanafi, D.S.P.A., Rizki, F., Surya, G., Dewanti, N.A., 2017. A simple aerial photogrammetric mapping system overview and image acquisition using unmanned aerial vehicles (UAVs). *Geospatial Information*, 1(1):11-18.

Buğday, E., 2018. Capabilities of using UAVs in forest road construction activities. *European Journal of Forest Engineering*, 4 (2), 56-62.

Contraras, M., Aracena, P., Chung, W., 2012. Improving accuracy in earthwork volume estimation for proposed forest roads a high-resolution digital elevation model. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33(1).

Eker, R., Aydın, A., Hübl, J. 2018. Unmanned aerial vehicle (UAV)-based monitoring of a landslide: Gallenzerkogel landslide (Ybbs-Lower Austria) case study. *Environmental Monitoring And Assessment*, 190(1), 1-14.

Erbaş, F. D., 2010. Dağlık arazide inşa edilen orman yollarında yaklaşık maliyet ve hakediş değerlerinin irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz teknik Üniversitesi, Trabzon.

Gülci, S. 2018. Uçangöz yardımıyla kazı sonrası oluşan toprak yığını hacim ölçümünün değerlendirilmesi. International Academic Research Congress, October 30-November 03, 2018. Antalya Turkey, 1808-1812.

Gülci, S. , Yurtseven, H., Akgül, M. 2021. Düşük maliyetli insansız hava araçları için uçuş öncesi blok plan-

lamanın değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1),114-126.

Gumus, S., Acar, H. H., Tunay, M., Atesoglu, A., 2003. Calculation of cut and fill volumes by GIS in forest roads projecting, XII. World Forestry Congress. Proceeding, a Forest for People, Quebec City, Canada, 152-153.

Karabacak, M., 2010. Göller Bölgesi'nde inşa edilen orman yollarında yaklaşık maliyet ve hakediş değerlerinin irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz teknik Üniversitesi, Trabzon.

Lindner, G., Schraml, K., Mansberger, R., Hübl, J. 2016. UAV monitoring and documentation of a large landslide. *Applied Geomatics*, 8(1), 1-11.

OGM, 2018. Taşlıyayla Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, Seben Orman İşletme Müdürlüğü.

OGM. 2008. Orman yolları planlanması yapımı ve bakımı, Tebliğ no. 292, Ankara.

Shervais, K., 2015. Structure from Motion, Introductory Guide. Retrieved 27 July 2016 from <https://www.unavco.org/education/resources/educational-resources/lesson/field-geodesy/module-materials/sfm-intro-guide.pdf> (Ziyaret tarihi: 12.02.2016).

Turk, Y., Boz, F., Aydın, A., Eker, R. 2019a. Evaluation of UAV usage possibility in determining the forest road pavement degradation: preliminary results. 3rd International Engineering Research Symposium, September 05-07, 2019. Düzce Turkey, 630-633.

Turk, Y., Aydın, A., Eker, R. 2019b. Effectiveness of open top culverts in forest road deformations: preliminary results from a forest road section, Düzce-Turkey. 2nd International Symposium of Forest Engineering and Technologies, 04-06 September 2019 Tirana, 147-152.

Turk, Y., Aydın, A., Eker, R., Bodur, M., 2018. Evaluation of UAV Usage Possibility in Determining the Environmental Impacts of Construction Activities of Forest Roads: Preliminary Results, International Ecology 2018 Symposium, (ss. 469).

Turk,Y., Gumus, S., 2017. Evaluation of the tender results of forest road constructions: A case study in Bolu Regional Directorate, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2), 194-202.

Wallace, L., Lucieer, A., Malenovskè, Z., Turner, D., Vopěnka, P. 2016. Assessment of forest structure using two UAV techniques: a comparison of airborne laser scanning and structure from motion (SfM) point clouds. *Forests*, 7, 1-16.