



## 3 BOYUTLU GÖRÜNTÜLEME KULLANILARAK BİR AĞAÇ GÖVDE ÇAP ÖLÇÜM UYGULAMASININ GELİŞTİRİLMESİ

Hayrettin KARADÖL<sup>1\*</sup>, Mehmet GÖK<sup>2</sup>, Mehmet TEKEREK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Biosystem Engineering, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş İstiklal University, Department of Digital Game Desing, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup>Ankara University, Department of Computer Education and Instructional Technology, 06590, Ankara Türkiye

**Özet:** Orman işletmelerinde sürekli ve rasyonel bir çalışma gerçekleştirebilmek için ağaçların odun hacim ve artım miktarının periyodik olarak belirlenmesi önemlidir. Ağaçlardan elde edilecek materyallerin farklı kullanım amaçları için ağaçların odun hacimlerini belirlemede ağaç gövde çapının hassas bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Ağaç gövde çapları çoğunlukla manuel olarak kumpaslarla ölçülmektedir. Bu işlem sürecinde bir orman işçisi kumpasla ağacın gövde çapını ölçmekte ve başka bir işçi ise bu ölçüm bilgisini dikili ağaç ölçüm tutanağına kaydetmekte ve daha sonra analiz için bu veriler bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Tüm bu süreçler zaman, iş gücü ve ölçüm hataları gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada, ağaç gövde çaplarını ölçebilmek amacıyla derinlik bilgisi içeren bir kamera, tek kart bilgisayar ve diğer çevre birimlerden oluşan düşük maliyetli taşınabilir bir ölçüm sisteminin tasarımı ortaya konmuş ve ön testleri gerçekleştirmek amacıyla deneysel bir sistem oluşturulmuştur. Hedef plan doğrultusunda oluşturulan görüntüleme sistemi ile bazı ön testler gerçekleştirilmiştir. Derinlik bilgisi içeren görüntülerde, hedeflenen bir ağaç gövdesinin dış aydınlatma ortamından etkilenmeksizin ön plana çıkarabiliyor olması, ağaç gövde çapının hassas bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. Kamera sensörü-ağaç gövdesi arası mesafe belirli bir sınır değer içerisinde (20-100cm) olması koşuluyla 15 farklı ölçüm gerçekleştirilmiş ve manuel kumpas ölçümüne göre ağaç gövde çapları maksimum 1.975 cm hata değeri ile belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Orman amenajmanı, Görüntü bölütleme, Üç boyutlu görü


### Development of a Tree Trunk Diameter Measurement System Using 3D Imaging


**Abstract:** In order to carry out a continuous and rational work in forest enterprises, it is important to determine the wood volume and increment amount of the trees periodically. It is necessary to measure the tree trunk diameter precisely in determining the wood volume of the trees for the different uses of the materials to be obtained from the trees. Tree trunk diameters are mostly measured manually with calipers. In this process, a forest worker measures the trunk diameter of the tree with a caliper, and another worker records this measurement information in the standing tree measurement report and then this information is transferred to the computer for further analysis. All these processes bring problems such as time, labor and measurement errors. In this study, it is planned to develop a low-cost portable measurement system consisting of a depth camera, single board computer and other peripherals with depth information in order to measure tree trunk diameters, and an experimental system was created to carry out preliminary tests. Some preliminary tests were carried out with the imaging system created in line with the target plan. In images containing depth information, the fact that a targeted tree trunk can be highlighted without being affected by the external lighting environment enables the tree trunk diameter to be determined precisely. 15 different measurements were performed, provided that the distance between the camera sensor and the tree trunk was within a certain limit value (20-100 cm), and tree trunk diameters were determined with a maximum error value of 1.975 cm according to manual caliper measurement.


**Keywords:** Forest management planning, Image segmentation, Three dimensional measurement

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Biosystem Engineering, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye

E mail: hayrettinkaradol@gmail.com (H. KARADÖL)

Hayrettin KARADÖL  <https://orcid.org/0000-0002-5062-0887>

Mehmet GÖK  <https://orcid.org/0000-0003-1656-5770>

Mehmet TEKEREK  <https://orcid.org/0000-0001-6112-3651>

**Gönderi:** 30 Ağustos 2023

**Kabul:** 29 Eylül 2023

**Yayınlanma:** 15 Ekim 2023

**Received:** August 30, 2023

**Accepted:** September 29, 2023

**Published:** October 15, 2023

**Cite as:** Karadöl H, Gök M, Tekerek M. 2023. Development of a tree trunk diameter measurement system using 3D imaging. BŞJ Eng Sci, 6(4): 583-588.

### 1. Giriş

Orman envanteri ağaç türleri, göğüs yüksekliğindeki çap ve ağaç yüksekliği kullanılarak oluşturulan yüksek doğrulukta tahmin edilebilir (Liang ve ark., 2016; Celes ve ark., 2019). Bir ormanlık alanda kesilen ya da herhangi bir nedenle devrilen ağaçların pratik bir şekilde kabuklu gövde hacimlerinin tahmini gerekebilir (Durgun ve ark., 2022). Ormanlık çalışmalarının planlama, karar verme ve yönetim aşamalarında nitelikli ve hassas veriye büyük

bir ihtiyaç bulunmaktadır (Eker ve Özer, 2015; Buğday, 2016). Bir bölgedeki ağaçlara ait hacim artım kontrolünün yapılabilmesi için, ağaçların çapları günümüzde çoğunlukla mekanik çap ölçerler (kumpas) ile ölçülmektedir. Bu ölçme yöntemi, her ne kadar kullanılan araç ve ölçme güvenilirliği açısından kabul edilmiş bir yöntem olsa da önemli ölçüde zaman ve iş gücü gerektirmektedir. Ayrıca, arazide meydana gelebilen insan kaynaklı hatalar (yanlış ölçüm, kayıt



hatası vb.) veri güvenilirliğini riske atabilmektedir. (Vatandaşlar ve ark., 2022).

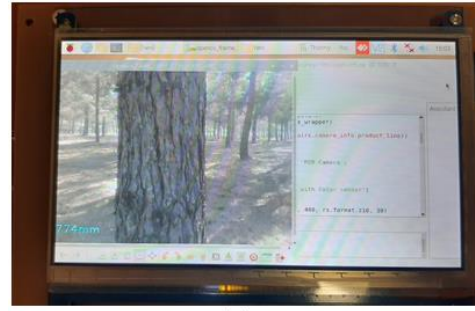
Son yıllarda uzaktan algılama teknolojileri ve Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı sistemlerin orman envanteri belirleme yöntemlerinde kullanıldığı görülmektedir (Barrett ve ark., 2016; Suci ve ark., 2017; Gougherty ve ark., 2018; Alcarria ve ark., 2018). Bu alanda LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) teknolojilerine dayanan 3D görüntüleme sistemi yaygın olarak kullanılan sistemlerden biridir. Ağaç gövde çapı ve yükseklik tahmini (Omasa ve ark., 2007; Chen ve ark., 2017), yaprak yoğunluğu (Hosoi ve ark., 2006) ve dikili ağaç hacmi (Hosoi ve ark., 2013) gibi uygulamalar bu çalışmalardan bazılarıdır. Uzaktan algılama teknolojileri, çalışma prensipleri açısından orman alanları söz konusu olduğunda uygulanabilir araçlar olarak görülebilir. Hatta LIDAR sisteminin otonom araçlar ve dronlarla birlikte kullanılarak (Elaksher ve ark., 2017) geniş ormanlık alanlara ilişkin envanter bilgileri elde edilebilmektedir. Ancak bu tür algılayıcıların renk bilgisi içermemesi ve hassas ölçüm süreçlerinde iş gücü ihtiyacını azaltmaması, LIDAR vb. sistem bileşenlerinin günümüzde hala fayda/maliyet açısından avantajlı teknoloji olarak görülmemesine neden olmaktadır. Ayrıca bu sistemler çoğunlukla ithalat yoluyla elde edildikleri için sistemin geliştirilmesi mümkün olamamaktadır.

LIDAR yöntemi, göğüs çapı 8 cm'e yakın olan ağaçların yoğun olarak yer aldığı ab, b ve bc gelişme çağlarındaki yapraklı karışık meşcerelerin bakım yapılmayan sahalarında verimli çalışmamasının yanında büyük miktarda verinin işlenmesi ve depolanması için güçlü donanım ihtiyacı duymaktadır (Vatandaşlar ve ark., 2022). LIDAR ile orman içerisinde çalışma yaparken birim alandaki gövde sayısı fazla olduğundan LIDAR ile gövdeler arasındaki mesafe azaldığından dolayı ağaçların birbirlerini gölgeleme etkisi artmaktadır. Bu nedenle meşcerelerde göğüs çapı gibi kolay ölçülebilen bir özelliğin bile elde edilmesi mümkün olamamaktadır (Özdemir, 2013). LIDAR cihazı ile arazide toplanan verilerin ofiste depolanması ve işlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, 3D görüntüleme için bünyesinde kızılötesi ışık kaynağı barındıran ve ışık kaynağının nesneye çarpıp dönüşü ile elde edilen görüntüleri kullanarak piksel-derinlik değerini hesaplayabilen derinlik kamerası kullanılmıştır. Kapalı oda ortamında ve dış aydınlatma (gölge ve güneşli) ortamlarında farklı teknolojilere (PMD CamBoard, PMD CamCube ve SwissRanger SR4000) sahip üç ToF kamera ile gerçekleştirilen testlerde, güneş ışığı altında en başarılı sonucun PMD (Photonic Mixer Devices) sensör teknolojisine sahip kameranın olduğu belirlenmiştir (Kazmi ve ark., 2014). Derinlik kameraları günümüzde cep telefonlarında, artırılmış gerçeklik (AR) uygulamaları ve 3D tarama işlemleri için kullanılmakta ve giderek yaygınlaşmaktadır. Bu durum, bu tür algoritmaların, Android ve iOS gibi işletim sistemlerine de taşınabileceğini ve yaygınlık kazanabileceğini göstermektedir. Bu araştırmanın amacı, 3 boyutlu görüntüleme tekniği ile gerçek zamanlı olarak ağaca ait

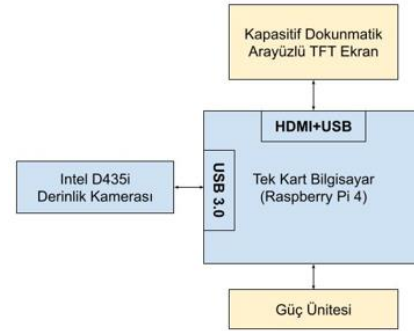
görüntü bölgesinin fotoğraftan ayrıştırılarak gövde ölçümünün yapılmasına ilişkin bilgi işlemsel bir yöntemin geliştirilmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Ağaç gövde çapı belirleme amacı ile tasarımı yapılan sistemin genel yapısı; Raspberry Pi 4 tek kart bilgisayar, derinlik kamerası (Intel D435i; derinlik görüntü çözünürlüğü 1280X720, 30 FPS), TFT ekran ve bataryadan oluşmaktadır. Tek kart bilgisayar (Raspberry Pi 4), kamera, kapasitif dokunmatik ekran ve güç kaynağı elemanlarının bağlantıları gerçekleştirilerek, 3D yazıcıda oluşturulan bir çerçeve içerisinde yerleştirilmiştir (Şekil 1a). Şekil 1b'de ise oluşturulan görüntüleme sisteminin blok diyagramı görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. Görüntüleme sistemi.

Derinlik kameraları, görüntüleme açısına giren nesnelerle kamera arasındaki mesafeyi hesaplayarak piksel-derinlik bilgisi üretebilen kameralardır. Intel D435i eş zamanlı olarak hem derinlik görüntüsü üretebilen hem de renkli görüntü yakalayabilen düşük maliyetli bir derinlik kamerası olup günümüzde robotik ve üretim izleme gibi alanlarda kullanılmaktadır (Tadic ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2020). Söz konusu kamera, genel anlamda Intel Görüntü İşlemcisi (Vision Processor) D4 ve derinlik ünitesinden oluşmaktadır. Derinlik modülünde, bir adet RGB kamera, iki adet kızılötesi kamera ve bir adet kızılötesi projektör yer almaktadır. Kızılötesi projektör bir nokta deseni üretirken, kamera açısına giren nesnelere yansıyan desen görüntüsü kızılötesi kameralar tarafından yakalanarak D4 işlemcisi tarafından işlenir. D4 işlemcisi stereo görüntüleme (stereo vision) tekniği ile piksel derinliklerini hesaplayarak RGB kameradan gelen görüntüyü de

kullanarak derinlik görüntüsünü (depth image) üretir. D435i derinlik kamerasında yer alan derinlik algılama bileşenleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Intel 435i derinlik kamerası.

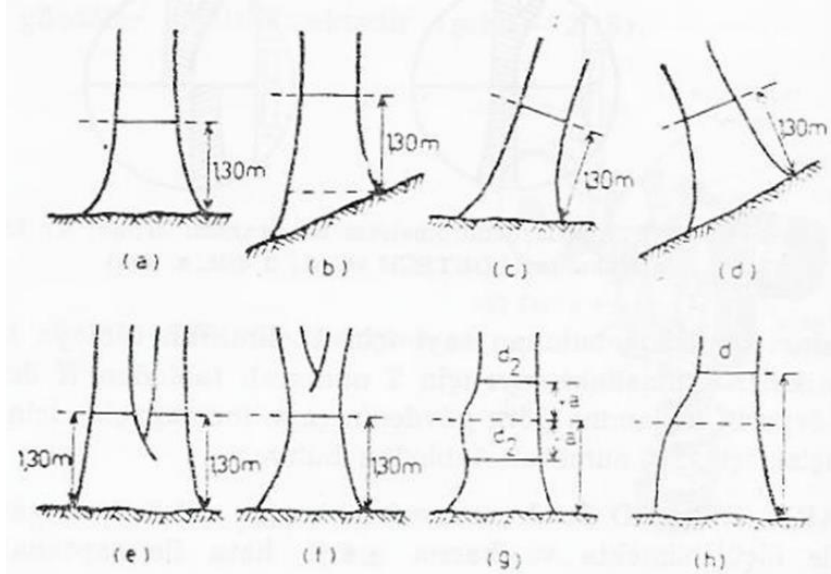
D435i derinlik kamerası, derinlik görüntüsünü dahili olarak üretebilmekte olup USB 3.1 Gen 1 bağlantı arayüzü ile de yüksek hızda görüntü aktarımı sunabilmektedir. Bununla birlikte, stereo kameralardan farklı olarak dahili kalibrasyon ile görüntü düzeltme desteğini de tümleşik olarak sunmaktadır. Intel tarafından sağlanan açık kaynak kodlu yazılım geliştirme kütüphanesi *librealsense* ile D435i derinlik kamerası, C/C++, Python ve Matlab ortamlarında da kolaylıkla kullanılabilir (Tadic ve ark., 2019).

Raspberry Pi 4, sahip olduğu USB 3.0 bağlantı arayüzü D435i derinlik kamerasını direkt olarak çalıştırabilmektedir. Sunulan çalışmada, çap ölçüsünün belirlenebilmesi için gerekli hesaplamalarını gerçekleştiren görüntü işleme yazılımı *librealsense*, OpenCV 4.3 ve wxPython kütüphaneleri kullanılarak Python 3 programlama dili ile gerçekleştirilmiştir. Bu

yazılım, Raspberry Pi 4 tek kart bilgisayarı için kullanılan Debian Linux tabanlı Raspberry Pi OS işletim sistemi üzerinde çalışmaktadır. Böylelikle, ağ bağlantısı ve depolama gibi yüksek seviyeli yazılım gereksinimleri kolaylıkla sağlanabilmektedir. wxPython kütüphanesi kullanılarak tasarlanan kullanıcı arayüzü de TFT LCD ve kapasitif dokunmatik arayüz sayesinde kolaylıkla kullanılabilir.

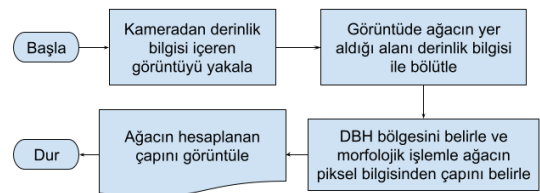
Ağaç çap ölçümleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan ağaçlık alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ağaçla gövde çapları yerden 1,30 m yüksekten ölçülmüştür. Ağacın kamera sensörüne olan mesafesini doğru bir şekilde belirlemek amacıyla görüntünün merkezine dairesel bir belirteç çizilmiştir. Şekil 1 (a)’da sol alt köşede kamera sensörünün ağaç gövdesine (kırmızı imleç) olan mesafesini göstermektedir. Oluşturulan ölçüm cihazının blok diyagramı Şekil 1 (b)’de görülmektedir.

Ağacın bulunduğu arazinin düz ya da eğimli oluşuna, gövdenin değişik durumlarına göre uygulanacak çap ölçme yöntemleri farklılıklar göstermektedir (Şekil 3). Eğimli arazilerde ağacın üst kısmından ölçülmesi (b ve d), eğik gövdelerde yüksekliğin gövde eksenine paralel alınması (c ve d), dipten çatallı ağacın iki ayrı gövde sayılması ve yukarıdaki çatalın dikkate alınmaması (e ve f), ölçüm yerinin şişkin olması halinde “a” kadar aşağıdan ve yukarıdan ölçülerek ortalama alınması (g), dip kısmı anormal kütüklü olan gövdelerde daha yukarıdan ölçüm yapılması (h) gerekmektedir (Kalıpsız, 1999).



Şekil 3. Araziye ve ağacın durumuna göre göğüs çapının ölçüm yerleri.

Araştırmada, genel olarak dört farklı aşamada ağacın çap bilgisine ulaşılması hedeflenmiştir; Bunlar (1) derinlik görüntüsünün elde edilmesi, (2) derinlik bilgisinden yararlanılarak arka plan segmentasyonunun gerçekleştirilmesi, (3) görüntü üzerinde hedeflenen bölgenin (DBH, diameter at breast height) belirlenmesi, (4) morfolojik işlemler ve ağaç gövde çapının belirlenmesidir (Şekil 4).



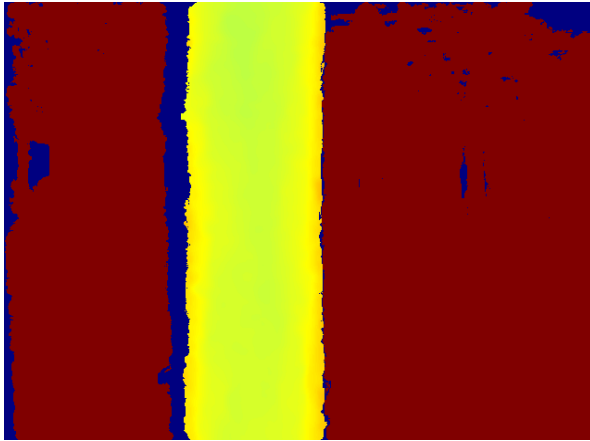
Şekil 4. Akış şeması.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada ağaç gövdeleri 50-100 cm mesafeden 14 farklı ağaca ait değişen mesafelerden toplam 15 görüntü elde edilmiştir. Bölgedeki ağaçların gövde çapı damgalama çalışmaları için uygun olmasalar da ağaç çapının büyüklüğü ölçüm sonuçlarını etkilemeyecektir. Şekil 5'te örnek bir ağaçtan elde edilen RGB görüntü sunulmuştur. Şekil 6'da örnek ağaca ait renkli derinlik görüntüsü, Şekil 7'de ise otomatik eşikleme (Otsu, 1979) kullanılarak elde edilen ikili görüntü sunulmuştur. Elde edilen ikili görüntü 3 piksel genişliğinde ve 50 piksel yüksekliğinde (3X50) bir yapısal elemanla aşındırma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra görüntü üzerinde ağaç gövdesini temsil eden bölgenin merkez noktası baz alınarak oluşturulan dikdörtgensel bir ilgi alanı kesilmiştir. Kesilen bu bölge içerisindeki yatay yönlü en kısa ve en uzun genişlik değerlerinin ortalaması alınmış ve ilgili ağaç gövdesine ait çap değeri (32,25 cm) belirlenmiştir.



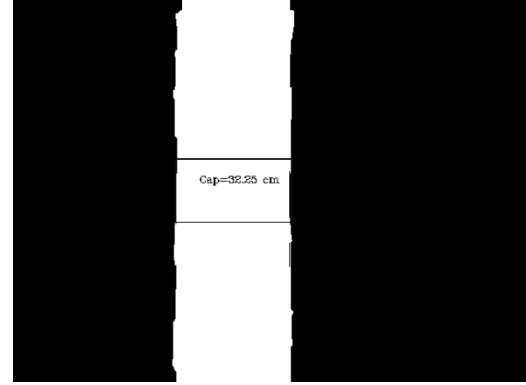
Şekil 5. Örnek bir ağaçtan elde edilen görüntü.



Şekil 6. Örnek ağaca ait renkli derinlik görüntüsü.

Orman arazilerinde standart 2D kameralarla ağaç gövde çap ve uzunluk ölçümleri gerçekleştirilebilmektedir (Pérez ve ark., 2014; Karadöl ve Aybek, 2019). Orman kaynak bilgisi oluşturmada 2D görüntüleme görüntü işleme çalışmalarının başlıca zorlukları; arka planda benzer birçok nesnenin bulunması, bölgedeki ağaçların gövde renk özelliklerinin büyük oranda benzer olması olarak ifade edilebilir. Bu zorluklar ve iki boyutlu

görüntülerde kesişen nesnelerin segmentasyonu için çözülmesi gereken problemlerden biridir. 3D görüntülemeye temel amaç arka planı elimine etmek olduğu için görüntü çekimleri esnasında ağaç gövdesi arka planında nesnelerin ya da farklı ağaç gövdelerinin bulunduğu görüntüler incelenmiştir. Sistemin arka plan segmentasyonunu başarılı bir şekilde elimine ettiği görülmektedir (Şekil 8). Diğer taraftan görüntü çekimi esnasında kullanıcı ekrandan ağaç gövdesine ait ikili görüntüyü görebildiği için kamera açısında ve derinlik mesafesinde küçük değişiklikler yaparak doğru ölçümler elde edebilmektedir.



Şekil 7. Örnek ağaca ait gövde çapını içeren ikili görüntü.



Şekil 8. Derinlik bilgisi kullanılarak arka plan segmentasyonunun gerçekleştirilmesi. Ağaç gövdelerinin elde edilmesi sürecinde ilk olarak ilgili ağacın gövde çapı bir kumpas aracılığı ile ölçülmüştür. Tablo 1'de kumpas ölçüm sonuçları, görüntüler

üzerinden elde edilen gövde piksel sayısı ve kamera sensörü ile ağaç gövdesi arası mesafe görülmektedir. Ölçümler sonucunda maksimum hata değeri 1. ölçüm sonucunda (1,975 cm), minimum hata değeri ise 5. ölçüm sonucunda gerçekleşmiştir (0,091 cm). Eşitlik 1'de

çalışmada kullanılan kamera çözünürlüğüne (1280X720) ve kamera sensörü ile ağaç gövdesi arası mesafe değerlerine bağlı çoklu korelasyon yöntemi (SBSS 20, 2011) kullanılarak oluşturulan kumpas ölçüm değeri ile görüntüleme sistemi arasındaki ilişki görülmektedir.

**Tablo 1.** Manuel ölçüm ve görüntüleme yöntemi kullanılarak hesaplanan ağaç gövde çap değerleri görülmektedir

| No | Kumpas ölçümü (cm) | Piksel sayısı (adet) | Mesafe (mm) | Görüntüleme Ölçümü (cm) | Fark (cm) |
|----|--------------------|----------------------|-------------|-------------------------|-----------|
| 1  | 29                 | 119                  | 909         | 30,975                  | -1,975    |
| 2  | 26                 | 138                  | 701         | 27,728                  | -1,728    |
| 3  | 25                 | 138                  | 620         | 24,488                  | 0,512     |
| 4  | 22                 | 92                   | 842         | 21,086                  | 0,914     |
| 5  | 26                 | 121                  | 769         | 25,909                  | 0,091     |
| 6  | 32                 | 148                  | 716         | 30,998                  | 1,002     |
| 7  | 33                 | 146                  | 771         | 32,664                  | 0,336     |
| 8  | 32                 | 144                  | 774         | 32,25                   | -0,25     |
| 9  | 31                 | 153                  | 647         | 29,573                  | 1,427     |
| 10 | 29                 | 150                  | 640         | 28,492                  | 0,508     |
| 11 | 38                 | 170                  | 774         | 39,192                  | -1,192    |
| 12 | 24                 | 121                  | 703         | 23,269                  | 0,731     |
| 13 | 17                 | 101                  | 710         | 18,209                  | -1,209    |
| 14 | 32                 | 168                  | 602         | 31,778                  | 0,222     |
| 15 | 32                 | 146                  | 719         | 30,584                  | 1,416     |

$$Kö = 0,267 * Ps + 0,040 * Öm - 37,158 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,927$$

burada; Kö, Kumpas ölçümünü; Ps, Piksel sayısını ve Öm, Ölçüm mesafesini (kamera sensörü - ağaç gövdesi arası mesafe) belirtmektedir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, ormancılık uygulamalarında geleneksel ölçüm sistemleri yerine geçebilecek görüntüleme sistemine dayanan ve maliyet açısından efektif bir ölçüm cihazı oluşturulması amaçlanmıştır. Araştırmada, 3 boyutlu görüntüleme tekniği ile gerçek zamanlı olarak ağaca ait görüntü bölgesinin fotoğraftan ayrıştırılarak gövde ölçümünün yapılmasına ilişkin bilgi işlemsel bir yöntem önerilmiştir. Oluşturulan ölçüm sisteminin klasik kumpas ölçüm sürecine göre zaman ve iş gücü açısından önemli avantajlar sağlayabileceği görülmüştür. 3D görüntüleme yöntemi kullanılarak ağaç gövdesine ait görüntülerde, orman ortamında benzer renk özelliklerine sahip karmaşık arka planının segmentasyonunun başarılı bir şekilde gerçekleştirilebildiği görülmüştür. Kamera sensörü-ağaç gövdesi arası mesafe belirli bir sınır değer içerisinde (20-100cm) olması koşuluyla 15 farklı ölçüm gerçekleştirilmiş ve manuel kumpas ölçümüne göre ağaç gövde çapları maksimum 1,975 cm hata değeri ile belirlenmiştir. Farklı orman arazilerinde, günün farklı saatlerinde daha fazla ölçümlerin yapılmasıyla sistemin yazılımsal ve donanımsal olarak hassasiyetinin artırılabilirliği düşünülmektedir.

#### Katkı Oranı Beyanı

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

|     | H.K. | M.G. | M.T. |
|-----|------|------|------|
| K   | 40   | 30   | 30   |
| T   | 50   | 30   | 20   |
| Y   | 40   | 30   | 30   |
| VTI | 100  |      |      |
| VAY | 80   | 10   | 10   |
| KT  | 50   | 30   | 20   |
| YZ  | 70   | 30   |      |
| KI  | 40   | 20   | 40   |
| GR  | 100  |      |      |
| PY  | 40   | 30   | 30   |
| FA  | 40   | 30   | 30   |

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

#### Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

#### Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

#### Kaynaklar

Alcarria R, Bordel B, Manso M. A, Iturrioz T, Pérez M. 2018. Analyzing UAV-based remote sensing and WSN support for data fusion. In Proceedings of the International Conference on

- Information Technology & Systems, February 8-10, Cusco, Peru, pp: 756-766.
- Barrett F, McRoberts RE, Tomppo E, Cienciala E, Waser LT. 2016. A questionnaire-based review of the operational use of remotely sensed data by national forest inventories. *Remote Sens Environ*, 174: 279-289.
- Buğday E. 2016. Ormancılıkta üretimin planlaması ve hassas ormancılık anlayışı. *Anadolu Orman Araşt Derg*, 2(12): 54-57.
- Celes CHS, Araujo RFD, Emmert F, Lima AJN, Campos MAA. 2019. Digital approach for measuring tree diameters in the Amazon forest. *Floresta e Ambiente*, 26: 1-10
- Chen C, Wang Y, Li Y, Yue T, Wang X. 2017. Robust and parameter-free algorithm for constructing pit-free canopy height models. *ISPRS Int J Geo-Info*, 6(7): 219-232.
- Durgun H, Çoban H.O, Mehmet E. 2022. İnsansız hava aracıyla elde edilen hava fotoğraflarından kızılçam ağaçlarının çap ve boylarının ölçümü ve gövde hacminin tahmini. *Turkish J Forest*, 23(4): 255-267.
- Eker M. Özer D. 2015. Üretim işlerinde hassas ormancılık yaklaşımı: Kavramsal çerçeve. *Türkiye Ormanlık Derg*, 16(2): 183-194.
- Elaksher AF, Bhandari S, Carreon-Limonas CA, Lauf R. 2017. Potential of UAV lidar systems for geospatial mapping. *Lidar Remote Sens Environ Monit*, 2017(10406): 121-133.
- Gougherty AV, Keller SR, Kruger A, Stylinski CD, Elmore AJ, Fitzpatrick MC. 2018. Estimating tree phenology from high frequency tree movement data. *Agri Forest Meteorol*, 263: 217-224.
- Hosoi F, Omasa K. 2006. Voxel-based 3-D modeling of individual trees for estimating leaf area density using high-resolution portable scanning lidar. *IEEE Transact Geosci Remote Sens*, 44(12): 3610-3618.
- Hosoi F, Nakai Y, Omasa K. 2013. 3-D voxel-based solid modeling of a broad-leaved tree for accurate volume estimation using portable scanning lidar. *ISPRS J Photogrammet Remote Sens*, 82: 41-48.
- Kalıpsız A. 1999. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3194, O.F. Yayın No: 354, İstanbul, Türkiye.
- Karadöl H, Aybek A. 2019. Determination of live tree trunk diameter with close-range imaging. 1st International Congress on Biosystems Engineering, September 24-27, 2019, Hatay, Türkiye, pp: 142-147.
- Kazmi W, Foix S, Alenyà G, Andersen HJ. 2014. Indoor and outdoor depth imaging of leaves with time-of-flight and stereo vision sensors: Analysis and comparison. *ISPRS J Photogrammet Remote Sens*, 88: 128-146.
- Liang X, Kankare V, Hyypä J, Wang Y, Kukko A, Haggrén H, Vastaranta M. 2016. Terrestrial laser scanning in forest inventories. *ISPRS J Photogrammet Remote Sens*, 115: 63-77.
- Omasa K, Hosoi F, Konishi A. 2007. 3D lidar imaging for detecting and understanding plant responses and canopy structure. *J Exper Botany*, 58(4): 881-898.
- Otsu N. 1979. A threshold selection method from gray-level histogram. *IEEE Transact Syst Man Cybernetics*, 9: 62-66.
- Özdemir İ. 2013. Yersel lazer tarama ile tek ağaç özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish J Forestry*, 14(1): 40-47.
- Pérez DS, Bromberg F, Antivilo FG. 2014. Computer vision approach for low cost, high precision measurement of grapevine trunk diameter in outdoor conditions. *ArXiv Preprint arXiv*, 140:4845.
- SPSS. 2011. IBM SPSS statistics for Windows, version 20.0. Methods for soil characterization. In *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agricultural Handbook 60. USDA Washington, US, pp: 83-147.
- Suciu G, Ciucuc R, Pasat A, Scheianu A. 2017. Remote sensing for forest environment preservation. proceedings of the 2017 world conference on information systems and Technologies. Madeira, Portugal, 13: 211-220.
- Tadic V, Odry A, Kecskes I, Burkus E, Kiraly Z, Odry P. 2019. Application of Intel realsense cameras for depth image generation in robotics. *WSEAS Transac Comput*, 18: 2224-2872.
- Vatandaşlar C, Zeybek M, Borucu S. 2022. Mobil LiDAR ile orman envanterlerinde farklı örnekleme tasarımlarının veri hassasiyeti ve iş verimliliğine etkisi: Rize Şenyuva örneği. *Bartın Orman Fak Derg*, 24(2): 258-271.
- Vatandaşlar C, Zeybek M, Çankaya EÇ, Demiraslan T, Şahin C, Gündüz Y. 2022. El tipi mobil LiDAR teknolojisinin orman envanterlerinde kullanımı: Artvin-Şavşat Örneği. *Orman Araşt Derg*, 9(1): 81-96.
- Zhang L, Xia H, Qiao Y. 2020. Texture synthesis repair of RealSense D435i depth images with object-oriented RGB Image Segmentation. *Sensors*, 20(23): 6725.