ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANILARAK OPTİMAL ORMAN YOL AĞININ PLANLANMASI (ELDİVAN ÖRNEĞİ)

Turgay ÇÖLKUŞU

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Turgay ÇÖLKUŞU tarafından hazırlanan **"İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Optimal Orman Yol Ağının Planlanması (Eldivan Örneği)"** adlı tez çalışması 25/10/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Ender BUĞDAY

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Doç. Dr. Ender BUĞDAY
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Berk ANBAROĞLU
Geomatik Mühendisliği Bölümü
Hacettepe Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Semih KUTER
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Optimal Orman Yol Ağının Planlanması (Eldivan Örneği)**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (25/10/2022).

Turgay ÇÖLKUŞU

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından OF211221L33 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANILARAK OPTİMAL ORMAN YOL AĞININ PLANLANMASI (ELDİVAN ÖRNEĞİ)

Turgay ÇÖLKUŞU

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ender BUĞDAY

Bu çalışma, çeşitli ormancılık faaliyetlerinin yürütülmesinde temel alt yapı görevini üstlenen orman yollarında mevcut orman yol ağına yönelik İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak optimal orman yol ağı için gerekli olan orman yolu lokasyonlarının tespit edilmesi ve planlanması için drone vb. özellikli teknolojilerin kullanılabilirliğinin ortaya konulması amacıyla yürütülmüştür. Bu çalışmada elde edilen veriler ile ulusal orman yol ağlarına ilişkin değerlendirmeler yapmak için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları yardımıyla işlenebilecek veri tabanlarının kullanımında pratik bir yaklaşım sunulmuştur. Çalışma kapsamında Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Eldivan Araştırma ve Uygulama Ormanı sınırları (367 ha) içerisinde kalan orman varlığı drone (İHA) cihazı ile çeşitli yüksekliklerden uçuşlar yapılarak halihazır ortomozaik verisi elde edilmiştir. Daha kaliteli ve hassas verinin sağladığı avantajlı analiz ortamı ile tüm çalışma alanına ait verilerini içeren bir çoklu veri tabanı oluşturulmuştur. Orman yol ağının halihazır durumunun tespitinden sonra mevcut orman yol ağı sayısal ortamda tanımlanmış ve optimal yol ağına ulaşmak için gerekli lokasyonlar yine CBS yazılımı vasıtasıyla tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen ortomozaik ve yüksek çözünürlüklü Sayısal Yükseklik (SYM) verisi kullanılarak Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ilgili tebliğine uygun olarak ihtiyaç duyulan lokasyonlar planlamaya dahil edilerek projelendirilme çalışmaları için alternatif güzergahlar ortaya konmuştur. İHA cihazı kullanılarak uygulamada kısa sürede pratik ve etkili veriler elde edilebilmekte ve karar vericiler için uygun karar verme ortamı sağlanabilmektedir. Bu çalışma sonucunda üretilen tüm veriler bilim insanları ve diğer ilgililerin kullanabileceği bir veri tabanında temsil edilmiştir.

2022, 31 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: İnsansız hava aracı, Orman yolu, Yol planlama, Eldivan, Çankırı,

ABSTRACT

Master of Science Thesis

PLANNING THE OPTIMAL FOREST ROAD NETWORK USING UNMANNED AERIAL VEHICLE (ELDİVAN SAMPLE)

Turgay ÇÖLKUŞU

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ender BUĞDAY

This study, using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for the existing forest road network on forest roads, which undertakes the basic infrastructure in the execution of various forestry activities, is used to determine and plan the forest road locations required for the optimal forest road network, such as drones, etc. This study was conducted to demonstrate the usability of featured technologies. In this study, a practical approach is presented in the use of databases that can be processed with the help of Geographic Information Systems (GIS) software to make evaluations about national forest road networks with the data obtained. Within the scope of the study, the current orthomosaic data was obtained by making flights from various heights with the drone (UAV) device of the forest assets within the borders of Çankırı Karatekin University Faculty of Forestry Eldivan Research and Application Forest (367 ha). With the advantageous analysis environment provided by better quality and sensitive data, a multi-database containing the data of the entire study area has been created. After the current state of the forest road network has been determined, the existing forest road network has been defined in the digital environment and the necessary locations to reach the optimal road network have been determined by the GIS software. By using the orthomosaic and high-resolution Digital Elevation (DEM) data produced within the scope of the study, the locations needed in accordance with the relevant communiqué of the General Directorate of Forestry (GDF) were included in the planning and alternative routes were revealed for the project design studies. By using the UAV device, practical and effective data can be obtained in a short time in practice and a suitable decision-making environment can be provided for decision makers. All the data produced as a result of this study are represented in a database that can be used by scientists and other interested participants.

2022, 31 pages

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Forest road, Road planning, Eldivan, Çankırı

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Optimal Orman Yol Ağının Planlanması (Eldivan Örneği)” adlı bu çalışma 2020-2022 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne ‘‘Yüksek Lisans Tezi’’ olarak sunulmuştur.

Bu çalışmanın ortaya çıkarılmasında değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yol gösterici olan, tecrübesi ve bilgi birikimiyle çalışmama başka açılardan da bakmamı sağlayan, bana yön gösteren, destek ve emeklerini esirgemeyen, ihtiyaç duyduğumda her an yanımda olan, öğrencisi olmaktan her daim gurur duyacağım ve kullandığı her kelimenin bana kattığı önemini asla unutmayacağım danışman hocam, Doç. Dr. Sayın Ender BUĞDAY’a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında beni destekleyen, gerekli sabrı ve anlayışı gösterip her zaman destek olan, hayatım boyunca hakkını ödeyemeyeceğim sevgili eşim Nimet ÇÖLKUŞU’na, ömrü boyunca desteğini benden hiç esirmeyen biricik annem Hatice ÇÖLKUŞU’na, sağlığında en büyük hayali beni orman mühendisi olarak görmek isteyen rahmetli babam Şerafettin ÇÖLKUŞU’na, canımdan çok sevdiğim çocuklarım Şahin ÇÖLKUŞU, Şafak ÇÖLKUŞU ve Kumsal KUMYURT’a, beni hiç yalnız bırakmayıp destek olan kız kardeşim Fatma IŞIK ve Zafer IŞIK’a tez çalışmam sırasında gerekli anlayışı gösteren Bölge Başkanım Sayın Süleyman OFLİ’ye yardımlarını esirgemeyen A.Esim TIRPANCI’ya teşekkür ederim.

Turgay ÇÖLKUŞU
Çankırı, Ekim 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **v**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **4**
3. MATERYAL VE METOT **19**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **21**
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **25**
KAYNAKLAR **26**
ÖZGEÇMİŞ **31**

SİMGELER DİZİNİ

m	metre
ha	hektar
km	kilometre

KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	Digital Elevation Model
DSM	Digital Surface Model
GIS	Geographic Information Systems
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UA	Uzaktan Algılama
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
İHA	İnsansız Hava Aracı
YAK	Yapay Arı Kolonisi
YPA	Yapay Potansiyel Tabanlı
MILP	Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama
MRV	Yer Tabanlı Mobil Şarj Araçları
CP	Kısıt Proğramlama
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri
RTK	Gerçek Zamanlı Kinematik
LİDAR	Işık Tespiti ve Uzaklık Tayin
AUO	Araştırma ve Uygulama Ormanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanı konumu 19
Şekil 3.2 İHA cihazı otomatik uçuş yazılımı ve YKN örneği (Buğday 2018) 20
Şekil 4.1 Çalışma alanı a) Sayısal Yükseklik Modeli, b) Eğim ve c) Bakı haritaları 21
Şekil 4.2 Çalışma alanı mevcut orman yolu ve köy yolu lokasyonları 22
Şekil 4.3 Alternatif orman yolu güzergahlarının lokasyonları 23

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Orman yolları geometrik standartları.....22

1. GİRİŞ

Ülkemizde ormancılık çalışmalarının ve çeşitli ormancılık planlamalarının yürütülmesine hizmet eden temel alt yapı tesisi orman yollarıdır. Orman yolları; ormancılık faaliyetlerinin bütün yıl boyunca ve aksamadan sürdürülmesinde önemli bir yere sahiptir (Erdaş 1986). Türkiye'de, yol planlama ve yapım çalışmaları 1937 yılında başlamış (Erdaş 1986) ancak ivmelenme 1960'lı yılların başında (Seçkin 1978) görülmüştür. Dünyada orman yol ağı planlama çalışmaları hızla gelişip yaygınlaşan teknoloji ile günümüze kadar sürekli bir değişim göstermektedir (Akay and Sessions 2005). Günümüze kadar geçen süre içerisinde orman yolu ağı değerlendirmesi açısından bilim ve teknolojinin etkisiyle dönüşümler yaşanmıştır. Geçmişte geleneksel planlama ile yürütülen çalışmalar, daha detaylı ve daha net olmadığı için çeşitli hata ve eksiklikleri bünyesinde barındırmaktaydı. Bu dezavantajlı durum, Uzaktan algılama (UA) teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaklaşımlarının bilgisayar yazılımları kullanılması ve giderek yaygınlaşarak uzman sayısının her geçen gün artması sebebiyle avantajlı bir duruma doğru yol almaktadır. Zaman ve masraf gerektiren planlama ve değerlendirme işlerinde hem zaman hem de maliyetler açısından ciddi mesafeler katedilerek avantajlı bir duruma yönelinmiştir.

Daha net ve kaliteli bilginin varlığıyla beraber detaylı ve hassas değerlendirmeler mümkün olduğundan dolayı "Hassas Ormancılık" anlayışı çerçevesinde elde edilen bilgilerin belirlenen istenilen amaç veya amaçlara ulaşılmada fayda sağlayacağı açıktır (Kellndorfer *et al*. 2003, Gülci *et al*. 2015, Buğday 2016). CBS yazılımlarının sağladığı avantajlarla beraber, değerlendirme sürecinin her aşamasında daha uygulanabilir stratejilerin ortaya konulması mümkündür. Modern ve teknolojik cihazlarla kaliteli bilgilerin elde edilmesi, bu bilgilerin çeşitli yazılımlarla işlenerek karar verme sürecine katkı sağlaması; planlayıcı, uygulayıcı veya karar vericiler için önemli destek niteliği taşıması anlamına gelmektedir (Kangas *et al*. 2018).

Türkiye'de orman yollarının planlanması, yapımı, bakımı ve onarımı 2008 yılında Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yayımlanan 292 sayılı tebliğ esaslarına göre yürütülmektedir (Anonim 2008). Bu tebliğe göre orman yolları ana ve tali orman

yolları olarak ayrılmaktadır. Tali orman yolları da kendi içerisinde A tipi ve B tipi olarak alt gruplarda sınıflandırılmaktadır. B tipi tali orman yolları, tüm orman yolları içerisinde en yaygın kullanılan orman yolları olmakla beraber, bu tipteki orman yollarının en önemli özellikleri, geometrik özelliklerinin oldukça düşük olması ve diğer üst standartlara sahip orman yolu tiplerine oranla oldukça düşük maliyetle elde edilmesi olduğu söylenebilir (Erdaş 1997). Planlamanın yapılması ve alternatif güzergahların ortaya konulmasından sonra en önemli aşama, arazi özellikleri ile plan uyumsuzluklarının en az olduğu güzergahın alternatif güzergahlar arasından belirlenmesidir (Demir and Hasdemir 2005). Burada optimum orman yol ağının değerlendirilmesinde mevcut orman yol ağının tespit edilmesi ve bu yol ağını da kapsayacak şekilde değerlendirmelerin yapılması esastır.

Aktüel orman yol ağı planı ile yapılmış ve tamamlanana orman yolları, teknik ve orman transportu bakımından incelendikten sonra mümkün olduğunca yüksek oranda işletmeye açma değerine ulaşılmaya çalışılması esastır (Acar 2011). Ülkemizde orman yollarının değerlendirilmesinde genel olarak mevcut tüle bakılmaktadır. Bu çalışmanın önemi ve yenilikçi yönü İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak Sayısal Arazi Modelinin (SAM) üretilmesi ve bu yüksek çözünürlüğe sahip verinin kullanılarak optimal orman yol ağının değerlendirilmesidir. Ayrıca, bu çalışma ile optimal orman yol ağı değerlendirmesinde İnsansız Hava Aracıların (İHA) kullanılmasının ne tür avantajlar sağlayabileceği de test edilmiş olacaktır.

Ormanlık alanların etkin ve verimli şekilde korunarak bir taraftan artan odun hammaddesi ihtiyacını karşılarken diğer taraftan aynı zamanda gelecek yıllar için de çeşitli ormancılık faaliyetlerinin sürdürülmesine imkan tanıyacak yolların yapımı, bakımı ve onarımı ilgili daire başkanlığının esas amaçları arasında yer almaktadır (Erdaş 1986). Bu bağlamda bu çalışmanın ulaşmak istediği nihai nokta her alt birim özelinde optimal orman yol ağının belirlenmesi ve buna yönelik program ve planlamaların yapılarak ulusal ormancılığımıza katkı sağlanmasıdır. Merkezden yapılacak planlama ve yönlendirme çalışmaları hiyerarşik düzende alt birimlere yayılarak homojen bir uygulama birliği sağlanması mümkündür. Bu ideali gerçekleştirmek amacıyla, bu çalışmada üretilen yaklaşım, iş ve işlemler tek bir

noktadan yürütülebilecek ve verimlilik açısından istenilen koşulları sağlamasında optimal orman yol ağlarının tespitinin yapılmasında örnek model özelliği taşımaktadır. Bu model üzerinden istenilen tüm ormanlık alanlar optimal orman yol ağı kriterleri bakımından sınanabilir ve eksikliklerin tespiti sonucu zayıf yönler giderilerek güçlü bir ormancılık yönetimi anlayışına hizmet edilebilir.

Bu çalışmanın amacı, ormancılık çalışmalarının yerine getirilmesinde başlıca alt yapı işlevini üstlenen orman yollarının alternatif güzergah planlamasında İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak (Buğday 2018) optimal orman yol ağının planlanması ve drone vb. özellikli teknolojilerin uygulanabilirliğinin bu tür çalışmalarda uygulanabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmadaki diğer amaç ise elde edilecek veriler ile orman yol ağlarına ilişkin değerlendirmede pratik bir yaklaşım kazandırmaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yiğit (2020) yaptığı tez çalışmasında, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen farklı sensör özelliklerine sahip kamera cihazları ile elde edilmiş görüntü verilerini değerlendirerek nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımıyla yolların ve diğer unsurların otomatik olarak elde edilmesi ve sınıflandırılması çalışmalarını ele almıştır. Yaygın kullanılan piksel temelli yaklaşıma alternatif olan nesne tabanlı yaklaşım algoritması ile bölümlendirme işlemi yapılması sonucunda nesnelere ait bilgilerin sınıflandırılmasının kabul edilebilir ölçüde başarılı bir şekilde yapıldığı ortaya koymuştur.

Açıl vd. (2019) *"Orman Yolu Hidrolik Sanat Yapılarının Boyutlandırılmasına Yönelik Hec-Ras Geometri Verisinin Üretilmesinde İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Kullanım İmkânları"* konulu araştırma çalışmalarında; Acısu Orman İşletme Şefliği içerinde yer alan orman yolu üzerinde, İnsansız Hava Aracından (İHA) elde edilen görüntülerden Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) elde edilip, bu verileri *"Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS)"* yazılımı kullanarak hidrolojik sanat yapılarının boyutlandırılmasına yönelik çalışmayı hedeflemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda; İnsansız Hava Aracından elde edilen verilerin daha gerçeğe yakın olduğu sonucuna varılmış ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) elde etmek için İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanımının daha hızlı, ekonomik ve gerçeğe yakın sonuçlar verdiğini değerlendirmişlerdir.

Gülci ve Akay (2015) yaptıkları çalışmada, ormancılık alanında elde edilen uzaktan algılama verileri içerisinde hava fotoğrafları ve uydu görüntüsü kullanımının oldukça yaygın olduğunu fakat yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri veya hava fotoğraflarının temininin araştırmacıya maliyet ve zaman açısından uygun olmayabildiğinden ve ayrıca daha yüksek çözünürlüklü verilerin elde edilmesinin yanı sıra zaman ve mekan düzleminde araştırmacılara avantaj sağlayan pratik ve ekonomik yönden olumlu kullanım sağlayan İHA cihazlarının günümüz alternatifler arasında önemli bir konum edindiğinden bahsetmişlerdir. Bununla yanı sıra; yoğun ormancılık çalışmaları ve taleplerinin artması ile ormanlık alanlarda doğal yapıların tahrip edilerek, ormanlık alanlarda yaşayan canlılar (özellikle yaban hayvanları) açısından elverişsiz

ortamların meydana geldiğini, gittikçe artan yapılaşma ile daralan yaşam alanlarının özellikle yol güzergahlarında gereksinim duyulan ekolojik geçit alanlarına uygun yapıların planlanmasının gerektiği ve ülkemizde planlanması düşünülen *"ekolojik sanat yapılarının"* konumlarının belirlenmesinde efektif bir gereç olarak İHA cihazlarının alternatif yöntemler arasında düşünülmesinin gerektiği değerlendirilerek, yapım ve yapım sonrası bakım maliyeti olarak oldukça yüksek mali kaynağa gereksinim duyan bir süreç olan yollara yapılacak *"ekolojik sanat yapılarının"* fonksiyonel amaçlara hizmet edebilmesi açısından desteklenebilir bir yaklaşım olarak ifade edilebileceğini aktarmışlardır. Bunula birlikte, güneş ışığının olmadığı zaman dilimlerinde aktif olan yaban hayvanı türlerinin yapılan bu *"ekolojik sanat yapılarını"* kullanım durumlarının da izlenmesinin oldukça önemli olduğu vurgulanmışlardır.

Yiğit ve Uysal (2021) Yozgat-Sivas hattında bulunan karayolunda yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinden karayolu tespiti amacıyla yürüttükleri çalışmada oluşturulan yüksek çözünürlüklü ortofoto raster verisi kullanarak *"nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi"* ile kentsel alanlarda bulunan yollar ve benzer hatların otomatik çıkarımı için işlemler yürütmüşlerdir. Yapılan çalışma ile geometrik özellikleri yüksek olan ana yolların tespitinde başarılı sonuçlar elde edilmiş, geometrik özellikleri daha düşük olan tali yollarda ise orta derecede başarılı sonuçlara erişirken toprak yollarda otomatik çıkarım aşamasında kullandıkları yaklaşımın başarısız olduğunu aktarmışlardır. Ayrıca, yapılaşmanın düşük, yeşil alanların çok olduğu bölgelerde yolların daha yüksek doğrulukta tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Yaygın olarak kullanılan *"piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi"*nin günümüzde artık *"nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi"*ne evrildiğini ve bölümlendirme işlemlerinin yürütülmesi ve nesnelerin sınıflandırılmasında önemli avantajlara sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Çavuş (2017) *"Yapay arı kolonisi yöntemi"* ile İHA için yol planlaması tez çalışmasında, iki nokta arasında en kısa ve güvenli rota tespiti için YAK (Yapay Arı Kolonisi) algoritması kullanılarak İHA engellerden kaçınarak başlangıç noktasından varış noktasına en kısa güzergahı kullanarak tehlikesiz bir şekilde gidebileceği güzergah planlaması hedeflenmiştir. İHA için güzergah planlama probleminde YAK algoritmasının başarılı sonuçlar verdiğini aktarmışlardır.

Erdoğan (2017) *"Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü çevre yolu projesi"* üzerinde yaklaşık 2 km'lik bir güzergahı çalışma alanı olarak belirlemiş ve bu çalışma alanında İHA ile elde edilen verilerden harita üretimine yönelik bir çalışma yürütmüştür. Çalışma ile İHA cihazına monte edilen metrik olmayan kamera cihazları yardımı ile arazinin görüntülenmesinin yersel ölçüm teknik ve yaklaşımlarına göre çeşitli avantajlar sağladığı, İHA kullanımı ile daha düşük bedelle çok daha kısa sürede yüksek çözünürlüklü konumsal ve zamansal görüntüler elde edilebildiği sonucuna varmıştır.

Çetin (2015) yaptığı tez çalışmasında, en az iki İHA platformunun dar bir alan içinde birbirleri ile çarpışmasını önleyici güvenlik tedbirlerini sağlayarak, kooperatif şekilde engellerden kaçınmasına imkan sağlayan nitelikte, formasyon uçuşu için otonom yol planlamasını gerçek zamanlı olarak sağlamayı ve otonom platformların yol planlaması ihtiyacının gerçek zamana en yakın çözümler üretilerek karşılanması amaçlamıştır. Literatürde yer alan otonom yol planlaması yönetmeleri incelenmiş ve bunlar içinde gerek benzetim tabanlı modeller olmalarından dolayı daha düşük hassasiyette algılayıcılar ile etkin sonuçlar üretebilmeleri, gerekse de diğer yaklaşımlara nazaran daha hızlı sonuçlar üretebilmelerinden dolayı Yapay Potansiyel Tabanlı (YPA) tabanlı yol planlaması yöntemleri uygun yaklaşım olarak belirlendiği sonucuna varmıştır.

Arıca vd. (2012) *"İnsansız Hava Araçları (İHA) için geliştirilen Çok Kriterli Güzergâh Planlama Modeli"*ni kullanarak, çeşitli uçuş kısıtları altında en düşük maliyetli güzergahların planlanması hedeflemiş ve çalışma sonucunda önerilen modelin nesneye yönelik çeşitli tasarım teknikleri ile üretilmesi, ilerleyen dönemde yapılacak çalışmalarda bu modelin kolayca geliştirilmesine imkân sağlayacağını değerlendirmişlerdir. Uçuş seçeneklerinin zaman içerisinde gereksinimlere bağlı olarak değişmesi, İHA cihazlarına ait farklı yakıt tüketim modellerinin kullanılması, farklı arama algoritmaları ve farklı senaryolar kullanılarak modelin kullanılabilirliği ve limitlerinin test edilmesi, arama uzayının modellenmesinde bellek gereksinimlilerinin optimize edilmesi amacıyla ızgara yapısı yerine *"çizge (graph)"* yapısının kullanılmasının daha etkili olabileceği sonucuna varmışlardır.

Uçan (2013) *"Dinamik ortamlar için yeni bir gerçek zamanlı evrimsel seyrüsefer planlama ve güdümleme sistemi"* başlıklı tez çalışmasında, dinamik yol planlamaların da problem olarak değişen koşullarda İHA cihazının düşük yakıtla, kısa güzergahtan operasyonu tamamlayabilmesi için gereken çözümün bulunması hedeflenmiştir. Çalışmada konum ve yükseklik bilgileri verilen uçuş koordinatları için, kalkış ve varış noktaları arasında en kısa, en stabil, en etkili yoldan uçuş planlaması ve uçuş planlamasını güdümleme yöntemi ile yürütülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan genetik algoritmaların, geleneksel yaklaşımlara oranla çözümü zor veya çok zor olan problemlerin çözümünde daha verimli olduğu ve *"Vektör Değerlendirmeli Genetik Algoritma", "Hücrelendirilmiş Pareto Genetik Algoritması", "Bastırılmamış Sınıflandırmalı Genetik Algoritma", "Kuvvet Pareto Evrimsel Algoritma"* gibi çok amaçlı algoritmaların uçuş güzergah planlama problemi için kullanılması üzerine çalışmaların yapılabileceği, ayrıca ortaya konulacak yeni yaklaşımla, uçuş detayları için farklı rüzgâr hızlarında hareket için uçuş algoritmasının güncellenerek hesaba katılmasının sağlanabileceği aktarılmıştır.

Bir İnsansız Hava Aracı (İHA) ekibi tarafından koordineli yol ağı arama rotası planlaması konulu bu makalede, Çin postacı sorunu bağlamında, birden fazla otonom aracın haritada tanımlanan her yolu verimli bir şekilde ziyaret edebildiği bir yol ağı arama rota planlama algoritması sunmaktadır. Tipik Çin postacı algoritması yalnızca kara araçlarının dahil olduğu bağlantılı bir yol ağına uygulanabileceğinden, bağlantısız yolları ve insansız hava araçlarının operasyonel ve fiziksel kısıtlamalarını içeren genel bir yol haritası türü için kullanılmak üzere değiştirilmiştir. Bunun için uçuş süresini en aza indiren en uygun çözümü bulmak için çoktan seçmeli çok boyutlu bir sırt çantası problemi formüle edilmiş ve daha sonra karışık tamsayılı doğrusal programlama (MILP) ile çözülmüştür. İnsansız Hava Aracının (İHA) dinamik kısıtlamalarıyla başa çıkmak için yol üretimi için Dubins teorisi kullanılmıştır. Özellikle, Dubins yolunun dairesel-dairesel-dairesel tipi, araçların yoğun bir şekilde dağılmış yol ortamında yolu tam olarak takip etmesini garanti etmek için diferansiyel geometriye dayalı olarak kullanılmıştır. Önerilen algoritmanın özellikleri ve performansı, gerçek bir köy haritası üzerinde çalışan sayısal simülasyonlar ve farklı parametrelerle rastgele oluşturulmuş haritalar aracılığıyla değerlendirmişlerdir (Oh *et al.* 2012).

Menzil Kısıtlı İHA'lar ve Yere Dayalı Mobil Şarj Araçları ile Karayolu Ağlarında Hedef Arama konulu çalışmalarında, ticari olarak mevcut İHA'ların hedef arama için yol ağı üzerinden seyahat edebilen Yer Tabanlı Mobil Şarj Araçları (MRV'ler) ile birlikte kullanıldığı çoklu İHA hedef arama probleminin menzili kısıtlı bir varyantı üzerinde çalışarak, gerçek dünya karayolu ağlarında temsil etmek için bir yol ağı haritası ile başlayan ve İHA'ların MRV'lerle buluşma yoluyla yeniden şarj olmasına izin veren nihai bir yönlendirme grafiği veren bir boru hattı önerisinde bulunarak, problem daha sonra Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (MILP) ve Kısıt Programlama (CP) kullanılarak çözüleceğinden bahsetmişlerdir. Problemi çözerken İskoçya'dan gerçek dünya karayolu ağı verilerini kullanarak yöntemlerini başarı bir şekilde yürütmüşlerdir. CP'nin genel olarak Karma Tamsayılı Doğrusal Programlamadan (MILP) daha iyi çözümler sunabildiğini ve bir MRV filosunun kullanılmasının, gözetim görevlerine dahil edilmelerini destekleyerek İnsansız Hava Aracı (İHA) filosunun birikmiş ödülünü iyileştirebileceğini gösterdiği sonucuna varmışlardır (Booth *et al.* 2020).

İHA rota planlamasının bir optimizasyon modeli yol kesimi gözetimi çalışmasında, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile yol kesimi trafik gözetimini yapmak istemişlerdir. Bu sebeple yolu izlemek için İnsansız Hava Aracı (İHA) seyir rotasının planlanması önerilerek segmentler ve evrimsel bir algoritma tasarlanmıştır. İnsansız Hava Aracı (İHA) rota planlama problemi ele alınmış ve ilk olarak, çok amaçlı bir İnsansız Hava Aracı (İHA) planlama optimizasyon modeli önerilmiştir. Daha sonra, çok amaçlı İnsansız Hava Aracı (İHA) rotasını çözmek için Pareto optimalite tekniğine dayalı evrimsel bir algoritma önerilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda; vaka çalışması, optimum optimize edilmiş oplam seyir mesafesi ve kullanılan İnsansız Hava Aracı (İHA) sayısı ortalama %38,43 ve %33,33 oranında azalma olduğu önerilen Evrimsel Algoritmanın uygulanabilir ve etkili olduğunu değerlendirmişlerdir (Feng *et al.* 2014).

Dağıtım Ağının Optimizasyonu konulu çalışmada, gelişmekte olan teknoloji gelişen ülkelerde artan trafiğin dağıtımlarda sıkıntı yaratacağı, teslimatların zamanında yetişmediği ve maaliyetin artacağı problemi belirlenmiştir. Çözüm olarak ise; Drone'larla koli teslimatı, dağıtım sürecine alternatif olarak sunuluyor. Çalışma, probleme dayalı matematiksel bir model sunmaktadır. Talebi karşılamak için birkaç

araç düşünülen matematiksel bir model kullanılmıştır. Süreç İHA'ların gelişen teknolojisinin kullanımının faydalarını ortaya koymaktadır. Böylelikle teslimat rotalarında tasarruf ve zamandan tasarruf, hatta tedarik zincirine esneklik kazandırıldığı görülmüştür. Teknolojilerin lojistik üzerindeki etkisinin fırsat sağladığını değerlendirilmiştir (Hernández *et al.* 2020).

Karmani (2007) İnsansız Hava Aracı (İHA) Yol Planlamasında Çevrimiçi Simülasyon Kullanımı konulu çalışmasında, İnsansız Hava Aracı (İHA) yolu problemi araştırılmış olup, bu makale bir çevrim içi simülasyon destekli İHA yol planlaması sunulmaktadır. En son verileri kullanan Simbiyotik Simülasyon yöntemi önerilmektedir. Simbiyotik Simülasyonun daha yüksek performans gösterdiği ve hedefi doğru tespit edildiği değerlendirmiştir.

Heinimann (2017) yaptığı çalışmada 1870'li yıllardan günümüze kadar gelen zaman diliminde, geleneksel ve bilgisayar destekli yol ağı yerleşimi yaklaşımlarını gözden geçirmekle birlikte bu farklı yaklaşımların artı ve eksileri yanları ortaya konulmuştur. Bahsedilen zaman aralıklarında, genelde arazilerin durumuna göre farklı optimum yol ağı planlama çalışmaları yapılmış ve denenmiştir. Önceki yöntemlerde yol ağı planlanmasında ormanın değişkenliğinin ihmal edildiği ortaya konmuştur. Bilimsel çalışmaların ilerlemesiyle birlikte bilgisayar destekli ve geleneksel yol ağı düzeni yaklaşımların daha çok ön plana çıktığı değerlendirilmiştir. Yol ağı ve detaylı yol entegrasyonu mühendisliğin inşaat, bakım ve nakliye maliyetinin daha da düşülmesinin beklendiğini değerlendirmiştir.

İnsansız Hava Aracı sınıflandırması, Uygulamalar ve zorluklar başlıklı yazılarında, İHA'ların günümüzde giderek öneminin arttığı ve başta ormacılık faaliyetleri olmak üzere birçok alanda kullanımının arttığından bahsedilerek, İHA'ların sınıflandırılması yapılmıştır. Yine donanım ve yazılım sorunlarıda ele alınmıştır. Özellikle ormancılık faaliyetlerinde kullanım alanları ele alınarak gelecek nesiller için dronların bir pazar sahası olacağı değerlendirilmiştir. İHA'ların güvenli kullanımları için düzenlemelerin yapılması gerektiği ve bunun yanında da yapay zekânın drone teknolojisi ile

entegrasyonu, dronun insan kontrolörlerine karar vermesini ve bağımsız olmasını sağlayacağı değerlendirmişlerdir (Singhal *et al.* 2018).

Selek (2019) *"İHA ile üretilmiş ortofoto, sayısal arazi ve yüzey modeli performanslarının incelenmesi"* konulu tez çalışmasında, Bursa ili sınırları içerisinde bir çalışma alanı belirlenmiş ve ormanlık alan, kırsal alan ile kentsel alanların İHA cihazından elde edilen fotoğraflar ile üretilen yüksek çözünürlüklü ortofoto, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Sayısal Arazi Modeli (SAM) verilerinin Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden (BUSKİ) alınan ortofoto ve yükseklik haritalarıyla uyumlu olup olmadığının karşılaştırılması hedeflenmiştir. Aynı yapıda olan ormanlık alanlarda SAM verisinin başarılı bir şekilde oluşturulabileceği, yine farklı tür alanlarda yapılan çalışmalar sonucunda İHA sistemlerinin, ormanlık alanlarda, açıklık alanlarda, topografik olarak eğimi düşük arazilerde ortofoto görüntü, SYM ve SAM elde edilmesinde kullanılabileceğini aktarmıştır. Bu yöntem yersel ölçme yöntemine göre daha etkin ve daha az maliyette gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte ormanlık alanlarda mevcut bitki örtüsünün yoğunluğuna ve ağaçların türüne göre farklı bindirme oranları ve yükseklik seviyelerinde uçuş yapılabileceği, elde edilen veriler kullanılarak görüntülerden SAM oluşturulmasının denenebileceğini önermiştir.

Wilkie (2019) Kuzey Ontario'daki yol ıslahı etkilerinin erken değerlendirmesi için insansız hava araçları ve yaban hayatı kamerası tuzaklarının kullanılması konulu tez çalışmasında, İngiliz Nehir Ormanları alanında insansız hava araçları ile ozmotik görüntüler alınıp; orman yolu ıslahı yapılarak hasat, vahşi yaşam habitatını korumak, bitki örtüsünü korumak ve halkın bölgeye girişini kısıtlamayı hedeflemiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde, ıslah çalışmasının bitki çeşitliliğini artırdığını ve koruduğunu, insanları bölgeye girişinin kısıtlandığını, bununla birlikte yaban hayatının korunduğunun görüşüne varmıştır.

CBS'de çevresel etkiler dikkate alınarak optimal orman yolu ağ tasarlanması konulu çalışmalarında, İran'ın Gülistan eyaletinin Vatan Ormancılık çalışma alanı olarak seçmişler, kızak izi uzunluğunun optimizasyonu ve gereksiz kızak izi uzunluğunun olumsuz etkilerini azaltmak için seçenekleri bulmak amaç edinmişler ve CBS

kullanılarak en uygun yol ağı tasarlamışlardır. Yapılan çalışmalarda CBS nin kullanılması, hazırlanacak yol planlama çalışmalarında hem maaliyetin azalacağı hem de zamandan kazanımlar sağlanacağı sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte; CBS kullanımı, en uygun orman yollarının seçiminde, yamaç eğimi, yamaç yönü, toprak, hektar başına ağaç hacmi ve ekolojik dengenin sağlanması gibi olumlu sonuçların ortaya çıktığı düşünülmektedir. Uydu verilerinin CBS'ye entegrasyonunun, optimal yol yoğunluğunu belirlemek ve ormancılık yönetim maliyetini azaltmak için çok faydalı olabileceği değerlendirmişlerdir (Hüseyni *et al.* 2012).

Ateşoğlu (2011) yaptığı çalışmada; Muğla Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı, Namnam Orman İşletme Şefliği sorumluluk sahasında yaklaşık 12000 ha alanda, 1/25000 ölçekli yol ağının sayısal ortamda oluşturulması ve daha sağlıklı bir yapı oluşturulması amacıyla, Google Earth yazılımı kullanılarak bölgedeki orman içi yol güzergahlarının vektör olarak çıkarılması ve orman işletme şefliği ölçeğinde orman yol ağının sayısal ortamda hazırlanması amacıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımında Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Posiotioning System-GPS) ve 1/25000 ölçekli haritalar ve Google Earth yazılımı kullanılarak ölçülerin doğruluğu, pratikliği, hızlılığı ve etkinliğinin ortaya konulmak istendiğini aktarmıştır. Çalışmada, Google Earth yazılımı ve GPS yardımı ile sayısallaştırma işlemleri yapılarak CBS ortamında orman yol ağları elde edilmiş ve 1/25000 ölçekli yol ağı planlarının aktüel durumu yansıtmadığını, güncellemenin el ile yapıldığı için hataların oluştuğunu, klasik ölçme yöntemlerinin hem zaman hem de maddi kayba neden olduğu değerlendirmiştir. Bununla birlikte; Google Earth yazılımı ile ile sayısal olarak elde edilen yol ağı planlarının doğruluğunun yüksek sonuçlar sağladı sonucuna varmıştır.

İHA tabanlı izleme, kurtarma planları oluşturarak anında değerlendirme sağladığı için geniş alanların keşfedilmesi için önemli bir rol oynadığı değerlendirmişler ve bu çalışmada; drone tabanlı iletişim sistemini analiz etmek, optimize etmek ve tasarlamak için kullanılabilecek çerçeveyi ve verimli algoritmayı sunmayı amaç edinmişlerdir. Bununla birlikte, İHA tabanlı orman yangını ölçme ve takip sistemi için bir demo modeli oluşturulmuş, çeşitli test ve deneylerle olumlu sonuçlar elde edildiği fikrine varılmıştır. Bu araştırmanın en büyük katkısı olarak ise, gerçek zamanlı izleme, arama

ve kurtarmaya yardımcı olma yeteneğinin olduğu sonucuna varılmış, İnsansız Hava Araçlarının orman yangınlarını en kısa sürede tespit etmede hem zaman hem de maliyet açısından faydalı olduğu değerlendirilmiştir (Sharma and Singh 2021).

Kanadan ormanları çalışma alanı olarak belirlenerek, bu çalışma alanında İnsansız Hava Araçları ile çeşitli zaman dilimlerinde uçuşlar yapılarak elde edilen hava fotoğrafları ile orman envanteri çalışmaları yapılmış ve alandaki ağaçların hacim artışı ile yükseklik gelişiminin takibi hedeflemişlerdir. İHA kullanımının; bilgileri daha kısa zamanda, en az hata ile ve en az maliyetle elde edildiği sonucuna varılmıştır. Yine insan gücü kullanımının da en az seviyeye indirildiğini tespit etmişlerdir. Ormancılık açısından İHA kullanımının, elde edilen hava fotoğraflarının çözünürlüğü ve kalitesi düşünüldüğünde, ağaç yüksekliği, hacim artışı ve diğer konularda ileriye dönük doğru tahminlerin yapılacağını değerlendirmişlerdir (Goodbody *et al.* 2017).

Şentürk vd. (2018) yaptıkları araştırma çalışmalarında; çalışma alanı olarak İstanbul iline bağlı Sultanbeyli ilçe sınırları içerisinde kalan orman yolu baz alınarak, geleneksel yöntem (topoğrafik harita tabanlı) ve bilgisayar destekli yöntemle yapılan yol planlama çalışmalarında, geometrik özellikleri bilgisayar ortamında tanımlanan bir orman yolunda kazı/dolduru miktarlarını hesaplanması ve oranların karşılaştırılmasını hedeflemişlerdir. Autocad programı kullanılarak geleneksel yöntem ve bilgisayar destekli yöntemle kazı/dolgu hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmış ve bilgisayar destekli yöntemle yapılan çalışmada, kazı/dolgu hacim hesaplanması için yatay yol geometrik parametrelerin belirlenmesinde gerçeğe daha yakın sonuçların elde edildiğini ortaya koymuşlardır.

Banu vd. (2016) yaptıkları araştırma makalelerinde, drone kullanımının ormancılıktaki kullanımı ile ilgili önemini araştırmışlar ve drone kullanımının faydalarını incelemişlerdir. Drone kullanımı ile birlikte; düşük maaliyette en kısa zamanda ve doğrulukta, insan riskini en aza indirerek, ağaçların hacmini, gelişimini, orman haritalaması ve orman planlamasında, orman yangınlarının tespitinin yapıldığını değerlendirmişler ve ileride drone kullanımının ormancılık faaliyetlerinde yaygınlaşacağını öngörmüşlerdir.

Danney (2016) Malezya Yarımadasındaki Ayer Hitam Orman Rezervi'nde mevcut orman yolu ile, CBS ortamında yeni oluşturulan yol yapımı planlaması için, Maliyet Geri Bağlantı Aracı ile Ağ Analizi kullanılarak Ağ Algoritması geliştirilip karşılatırma yapılmasını hedeflemiş ve CBS ortamında oluşturulan yeni yol planlamasının mevcut yola oranla daha kısa ve maliyetinin daha az olduğu değerlendirmiştir. CBS ortamında oluşturulacak yol ağı planlamasının, yol yapım maliyetini aza indireceği sonucuna varmıştır.

Avcı (2020) yaptığı tez çalışmasında; dağlık ve düz bölgelerde yapılacak olan yol, köprü, viyadük, tünel gibi yapılarda bölgenin topoğrafik durumuna ihtiyaç duyulduğu ve bu ihtiyacın genellikle klasik yersel ölçümlerle elde ediğinden bahisle, bu çalışmanın hem maliyet, hem doğruluk ve hem de zaman açısından sıkıntılar yarattığı belirtmiştir. Bu ölçme yöntemine alternatif olarak İHA kullanımının daha hızlı, doğruluk derecesinin daha yüksek olduğunu ve daha az maliyetle üç boyutlu ve koordinatlı haritalar üretilmesini amaçlamıştır. Artvin ili Yusufeli ilçesine bağlı 3 farklı bölgede, yeteri miktarda YKN'ler oluşturularak İHA'lar ile ölçümlerin yapıldığı ve koordinatlı üç boyutlu haritalar elde edilerek İHA'lar ile elde edilen verilerin doğruluk derecesinin yüksek olduğu, zaman ve hız olarakta olumlu değerlendirildiği sonucuna varmıştır.

Fidancı ve Karabörk (2019) *"İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı"* konulu araştırma makalelerinde; ormanlık alanlarda İnsansız Hava Aracı ile elde edilen görüntülerden elde edilen verilerin karayolu proje çalışmalarında kullanılabilirliğini araştırmışlar ve bu amaçla yersel ölçüm yöntemi ve İnsansız Hava Aracı ile elde edilen verileri hacim değerleri ve yükseklik değerleri açısından karşılaştırmışlardır. Çalışma sahası olarak ağaçların olduğu bir alanda, 800 metre uzunluğunda, 300 metre genişliğinde bir karayolu güzergahı seçilmiştir. İnsansız Hava Aracı ile farklı yükseklikte ve bindirme oranlarında uçuşlar gerçekleştirilerek veriler (görüntüler) elde etmişlerdir. Yer Kontrol Noktaları (YKN) ve arazi detay noktalarının konumları Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems-GNSS) aleti kullanılarak, Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematik-RTK) veri alımı ile belirlenmiştir. Görüntüler *"Pix4D"* ve *"Agisoft PhotoScan Professional"* yazılımlarında farklı sayıda YKN ile işlenmiş ve Sayısal

Arazi Modeli (SAM) verisi üretmişlerdir. Yersel ve İnsansız Hava Aracı cihazıyla üretilmiş ayrıntı noktalarının koordinatları ve hesaplanan kazı/dolduru miktarları karşılaştırılmıştır. Kıyaslama sonucunda İnsansız Hava Aracı ve yersel ölçme yöntemi ile hesaplanan kazı/dolduru miktarındaki farklılıklar en fazla %3.5 ve en düşük %0.6, noktaların yükseklikleri arasındaki farkların 12.9 cm ile 15.9 cm olduğu değerlendirmişlerdir.

Arıcak vd. (2007) *"Orman yollarının uzaktan algılama ve CBS ile planlanmasının değerlendirilmesi"* adlı çalışmalarında; Orman yolu planlanmasında, CBS ve Uzaktan Algılama (UA) kullanımının klasik yöntemlere göre avantajlı, ekonomik ve zaman açısından daha hızlı olduğu değerlendirmişlerdir. Bilgisayar ortamında yapılan çalışmalarla, araziye gitmeden daha hızlı bir çalışma gerçekleştirildiği, orman yolu üzerine yapılacak sanat yapılarının daha doğru bir şekilde ve uygun yerlere tesis edilebileceği ve orman yol planlama çalışmasının daha başarılı olacağı sonucuna varmışlardır. Ormancılık teşkilatının bu tür yenilikleri takip edip en kısa zamanda uygulamaya geçirmesini önermişlerdir.

orman yol planlama, inşaat, orman yangınını iyileştirmek ve bakım konulu çalışmalarında, yangınla mücadelede orman yol ağının önemi incelenmiştir. Yangın anında en kısa süre içerisinde müdahale için, orman yol ağlarının araziye göre en uygun şekilde planlanması, yol ağlarının bakımı ve inşaat faaliyetlerinin oldukça önemli olduğuna vurgu yapılmıştır. Bakımlı ve iyi bir yol ağının orman yangınlarında mücadelede iyi sonuçlar verdiği, maliyetleri azaltmak ve zaman açısından da önemli olduğu, bu konularda daha önce yapılan çalışmaların dikkate alınmasının gerekliliği, navigasyon sistemlerinin de orman yangınları ile mücadelede kullanılmasının daha iyi bir olanak sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Orman yangınlarında mücadele de, orman yol ağlarının planlanmasında daha bilinçli olunması ve bu konularda gerekli eğitimlerin alınmasının gerektiğini değerlendirmişlerdir (Laschi *et al.* 2019).

Tidwell (2016) ABD Ulaştırma Bakanlığı'nın Volpe Merkezi tarafından hazırlanan Küçük İnsansız Uçaklar ve ABD Orman Servisi konulu çalışmada; insansız hava taşıtı teknolojisine, faydalarına ve sakıncalarına genel bir bakış, diğer kamu, özel ve

akademik kuruluşların şu anda dronları nasıl kullandığı, orman hizmetlerinin bu uçakları kullanabileceği olası yollar, insansız hava araçlarına yönelik düzenleyici ve lojistik kısıtlamalara genel bir bakış ve bir insansız hava aracı programı oluşturmada sonraki adımlar için seçenekleri incelemiştir. Ağaçların tepe yapılarının belirlenmesi, sıklıklarının tespiti, zararlılarla mücadele, meşcere haritasının oluşturulması, yaban hayatının takibi, orman yapısının gelişiminin takip edilmesi, yangınlara en kısa sürede müdahale edilmesi vb. konularda İHA'nın orman alanlarında kullanılmasıyla birçok konuda kısa sürede, güvenli ve doğru bir şekilde bilgi sahibi olunacağı değerlendirmiştir. İHA kullanımı ile birlikte orman yollarının yapılması ve inşaat faaliyetlerinde maliyetlerin azalacağı, bununla birlikte afet olaylarının takibi konusunda faydalı olacağı sonucuna varmıştır.

Ritter (2018) Ormancılık ve Fidancılık Uygulamaları İnsansız Havadan Yüksek Çözünürlüklü Görüntüler Araçlar (İHA) konulu tez çalışmasında; Işık Tespiti ve Uzaklık Tayin (LiDAR) ve İHA Fotoğrametri Tabanlı Nokta Bulutlarının Karşılaştırılması, Nesne Tabanlı Görüntü Analizi Kullanılarak Orman Ağacı Türlerinin Belirlenmesi ve Oluşturulan fotoğrametrik nokta bulutlarından orman metrik çıkarımı (İHA görüntülerinden) başlıklı 3 konuyu incelemiştir. Araştırmada İHA ve fotoğrametri deki son gelişmeler kullanmıştır. İHA kullanımı ile fidancılık ve ormancılıkta doğru sonuçların elde edildiği tespit etmiştir. Geleneksel yöntemlerin ekonomik olarak daha pahalı olduğu, zaman kaybının fazla olduğu, İHA kullanımı hem ekonomik açıdan hem de zaman açısından daha kullanılır olduğu sonucuna varmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, daha iyi ölçüm ve sonuçlar elde etmek için İHA kullanımın artması ve İHA'lar ile çalışmaların geliştirilmesi tavsiye etmiştir.

Algı Optimizasyonu Tabanlı Yol Planlama Yöntemi İHA için Gökyüzü Taraması konulu çalışmada; afet yönetiminde insansız hava araçlarının kullanılması ve İHA'lar için uygun uçuş yolunu bulmayı ele almışlardır. Afetlerden önce ve sonra oluşacak hasarlı bölgeleri tespit etmek İHA'lar ile hem hızlı hem de ekonomik olduğu değerlendirmişlerdir. Havadan elde edilen bilgilerin güvenli ve doğruluğu için, yeryüzünde yeterli miktarda nesnelerin algılanması gerektiği düşünülmüş, nesneleri algılamak ve yerelleştirmek için sinir ağları modelini önermişlerdir. Bu algılama modeli

(sinir ağları) ile yapılan çalışma ile yüksek doğrulukta nesne tanıma gerçekleştirildiği sonucuna varmışlardır. Mevcut algoritmanın daha da geliştirileceğini değerlendirmişlerdir (Yuan *et al.* 2022).

Patojenlerden Etkilenen Ormanların Havadan Haritalanması İHA, Hiperspektral Sensörleri ve Yapay zeka konulu çalışmada doğal ve plantasyon ormanlarında mantar patojenlerinin neden olduğu bozulmaları tespit etmek ve bölümlere ayırmak için saha tabanlı iç görüleri ve uzaktan algılama yöntemlerini birleştiren bir çerçeve önerilmektedir. Bu çalışma için Avustralya'nın Yeni Güney Galler'deki paperbark çay ağaçlarında mersin pası ile ilgili bir deney örneği ele alınmıştır. Egzotik mantar türlerinin doğal ve plantasyon ormanları üzerindeki çevresel ve ekonomik etkilerinin yıkıcı olduğu, gözetim ve kontrollerin maliyetli, zaman alıcı ve uzak bölgelerde tehlikeli oldukları, test ve gözlemlerin uzun sürdüğü öne sürülerek, son zamanlarda ki uzaktan algılama yaklaşımlarının, hızlı, geniş ölçekli, ekonomik olduğu bununla birlikte, egzotik patojenlere karşı savunmasız ve bunlardan etkilenen konakçıları haritalamak için modern gözetim yöntemleri, saha tabanlı ve uzaktan algılama yöntemleri olarak sınıflandırılabilineceği değerlendirilmiştir. Örnek çalışmada İHA'lardan elde edilen veriler ve yapılan çalışmalar sonucunda, ağaçların sağlık durumlarının hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve ekonomik kaybın önlenmesinde İHA teknolojisi ve yapay zeka kullanılmasının fayda sağladığı sonucuna varılmıştır (Sandino *et al*. 2018).

Aghazada (2020) *"Uçuşa kısıtlı bölgelerde insansız hava araçları için rota optimizasyonu"* konulu tez çalışmasında, uçuşa yasaklı alanlarda İHA cihazlarının başlangıç noktasından varış noktasına uçuşu için en uygun güzergahın belirlenmesi konusunu araştırmıştır. Rota hesaplamasında engel ve engel olmayan durumlarda incelemeler yapmış ve engel durumunda kırıkların oluştuğu, engelsiz durumlarda ise düz bir doğru oluştuğu tespit edildiği sonucuna varmıştır. En kısa mesafeli uçuş güzergahının belirlenmesi konusu, *"karınca kolonisi algoritması"* uygulanarak analiz edilmiş ve bununla birlikte, ilerleyen zaman içerisinde İHA cihazlarının askeri ve sivil sektörlerde kullanımının giderek yaygınlaşması sebebiyle önerilen algoritmaların çok sayıda İHA olduğunda uygulanmasının öngörüldüğünü, önerilen algoritmaların, fiziki haritalar kullanılmadan, engel olarak belirlenen arazilerin özellikleri hesaba katılarak,

modelleme ile İHA cihazlarına bu bilgilerin öğretilmesi konusunun ele alınması gerektiğini, tavsiye edilen ve ilerleyen dönemlerde düşünülen algoritmalar ve yaklaşımlar özelinde belirli fiziksel ve aerodinamik özelliklere sahip İHA cihazlarının daha etkin yönetimi için algoritmalar oluşturması gerektiği değerlendirmiştir.

Çavuş ve Tuncer (2017) *"İnsansız hava araçları için yapay arı kolonisi algoritması kullanarak rota planlama"* konulu araştırma makalelerinde Yapay Arı Kolonisi (YAK) algoritması kullanılarak İHA için rota planlaması ele almışlardır. İHA cihazları için rota sorunu YAK algoritması kullanılarak çözülmüş ve İHA cihazının kendi ekseninde dönüp yükselerek engebeli arazileri aşması gerektiğini tespit ederek, uygulanan çeşitli benzetim uygulamaları, İHA için güzergah planlama problemlerinde YAK algoritması yaklaşımının olumlu sonuçlar verdiği sonucuna varıldığını aktarmışlardır.

Kelek (2019) *"İnsansız hava araçları ile üretilen sayısal yüzey modellerinin doğruluğu"* konulu tez çalışmasında; İHA cihazları kullanılarak elde edilen veriler ile çeşitli yazılımlar ve birbirinden farklı özellikteki arazi ortamlarında üretilen SYM verileri kıyaslanmış, çalışma alanı olarak İzmir ili Bergama ilçesinde üç farklı mahalle (Bahçelievler, Kaşıkçı ve Tiyelti Mahalleleri) belirlemiştir. Karşılaştırmalar sonucunda üretilen veriler arasında farklılıkların olduğu görülmüş ve bu farklılıkların kullanılan yazılımlara ait veri işleme özelliklerinden kaynaklandığını aktarmıştır. Bununla birlikte çalışma sonucunda, eğimsiz ve açık alanlarda üretilen SYM verilerinin doğruluğunun daha yüksek olduğu; ağaç, göl, bina gibi yapay yapıların olduğu bölgelerde elde edilen SYM verilerinin ise doğruluğunun daha düşük olduğunu ifade etmiştir.

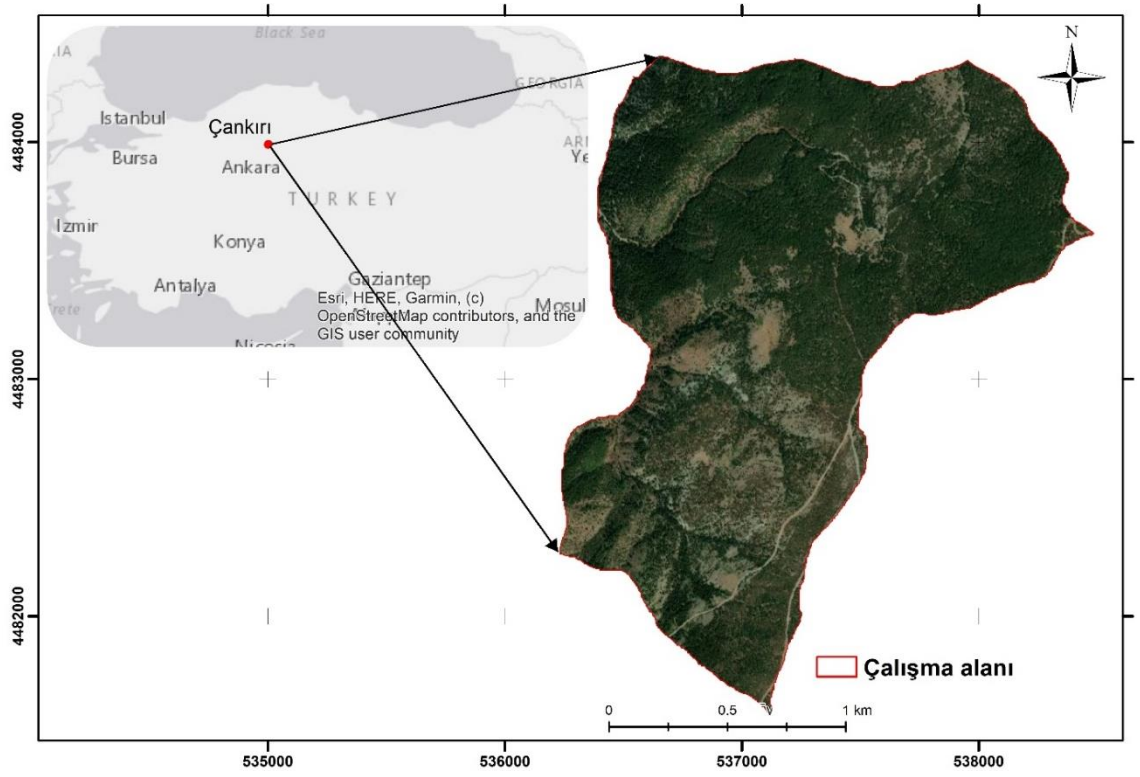
Akay vd. (2022) *"Sediment üretimini en aza indiren orman yolu güzergahının seçiminde CBS ve optimizasyon tekniklerinin kullanılması"* konulu çalışmada, sediment üretim miktarı en düşük optimum orman yolu güzergahını belirlemek için modern optimizasyon yaklaşımları ve CBS teknikleri gibi bilgisayar teknolojileriyle entegre çalışan yeni bir metodoloji geliştirilmiş ve 10.8 ha büyüklüğünde bir çalışma alanı *"Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Başkonuş Araştırma ve Uygulama Ormanı"*ndan seçmişlerdir. Çalışmada orman yollarından kaynaklı çevresel zararların başlıca faktörlerinden olan sediment üretimini en düşük seviyeye indiren bir orman yolu

ağını planlamak için bir metodoloji geliştirilmiş ve optimum yol ağını seçmek için CBS teknikleri ile bütünleştirilen ağ analizi metodu kullanılmıştır (Sediment Tahmin Metotu ve Ağ Analizi Metodu). Böylelikle ekonomik, sosyal ve güvenlik şartlarının hesaba katılarak göz önünde bulundurulduğu *"bilgisayar destekli yol planlama sistemleri"*, uygulayıcıların çok sayıda yol ağını hızlı bir şekilde değerlendirmesine imkan sağladığı ifade edilmiş ve en kısa yol güzergahı algoritmasını kullanan ağ analizi yaklaşımının sediment üretiminde kayda değer oranda azalma sağladığını ifade etmişlerdir. Metodolojinin verimliliğini arttırmada çeşitli optimizasyon tekniklerinin uygulanarak sonuçların karşılaştırılmasının ve değerlendirilmesi gerektiğini ve geliştirilebilecek yaklaşımla ek planlama kısıtlayıcılarının (kurplar) ve diğer maliyet unsurlarının (ulaşım-bakım maliyetleri) dikkate alınmasının gerektiğini vurgulamışlardır.

Geçen ve Sarp (2007) *"Yüksek ve düşük çözünürlüklü uydu görüntülerinden yolların tayini"* konulu çalışmalarında, farklı mekânsal çözünürlüğüne sahip uydu görüntüleri kullanılarak yolların otomatik ve yarı-otomatik yöntemler ile tespit edilmesini, çözünürlük değişiminin bu yaklaşımlar üzerindeki etkisini incelenmiş ve çalışma alanı olarak Ankara'nın güneyine ait 6 km-karelik alanı kaplayan ve farklı mekansal çözünürlüklere sahip beş adet uydu görüntüsünü kullanmışlardır. Çalışmalar sonucunda, yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip bir uydu görüntüsünde tanımlanabilen birçok obje daha düşük mekansal çözünürlüklü uydu görüntüsünde net olmadığı, düşük çözünürlüklü bir uydu görüntüsünde basit yöntemler kullanılarak yolların belirlenebileceğini ancak doğruluğunun düşük olacağı değerlendirilmiş, yüksek çözünürlüklü bir görüntüde ise, daha fazla dataya ulaşılabileceği ve yolların detaylı olarak belirlenebileceği sonucuna varılmıştır. Yüksek çözünürlüğe sahip bir görüntüden üretilen yol bilgilerinin doğruluğunun daha yüksek olduğunu değerlendirmişler ve daha net olarak yolların tespiti için daha kapsamlı yaklaşımların kullanılmasının gerektiğini önermişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı İç Anadolu Bölgesi, Çankırı İli Eldivan Orman İşletme Müdürlüğü Eldivan Orman İşletme Şefliği sınırlarında yürütülecektir. 40°30'30"- 40°29'01" kuzey enlemleri ve 33°25'49" - 33°27'09" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Çalışma yaklaşık 367 ha'lık bir alanı kaplayan Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Eldivan Araştırma ve Uygulama Ormanı (AUO)'nda yer alan mevcut orman yol ağı üzerinde yapılmıştır. Çalışma alanında mevcut orman yol ağının tespiti için drone cihazı kullanılmıştır. Drone ile elde edilen İHA tabanlı yüksek çözünürlüklü ortomozaik veriler ArcGIS 10.3 TM (ESRI, 2018) yazılımı kullanılarak işlenmiş ve çalışma alanına optimum orman yol ağı değerlendirmesinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.



Şekil 3.1 Çalışma alanı konumu

Drone ile yol güzergahı üzerinde çeşitli yüksekliklerden (100 m, 150 m ve 200 m) uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Uçuş hattı, android işletim yüklü mobil cihaz ile entegreli olarak çalışan ve fotogrametri alanında kullanılan Rainbow yazılımı kullanılarak

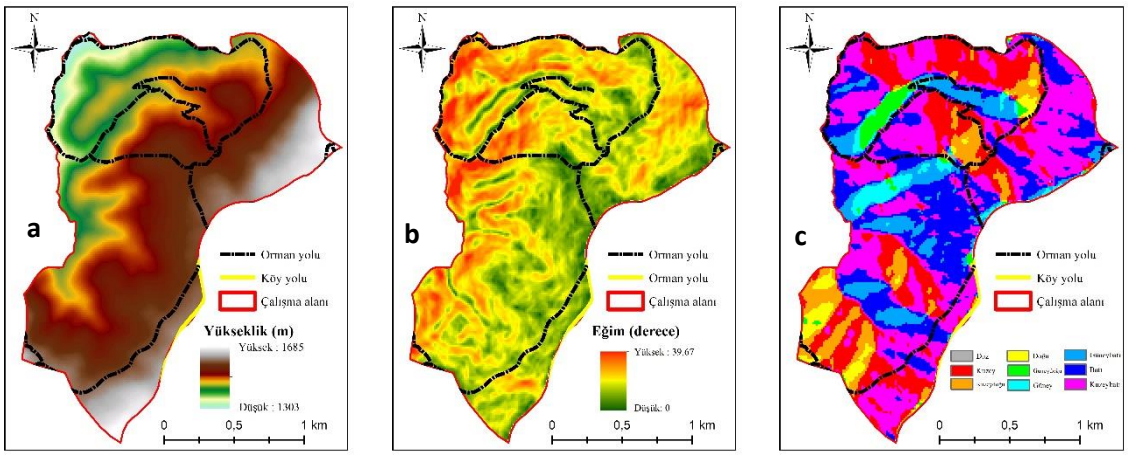
belirlenmiştir. Uçuşlardan elde edilen ham veriler Pix4d yazılımı kullanılarak yüksek çözünürlüklü Sayısal Arazi Modeli (SAM) verisi elde edilmiştir. Bu alana ait SAM verileri bilgisayar ortamında birleştirilmiştir. Uçuşlar sonrası birleştirilen ortomozaik görüntünün 12,05 cm mekânsal çözünürlüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Son aşama olarak çalışma alanı mevcut yol ağı incelenmiş ve optimal yol ağına ulaşmaya uygun lokasyonlar amaç-hedefler doğrultusunda işletmeye açma oranının maksimize edilmesinde belirlenmiş ve lokasyonlar üretilen haritalarda ifade edilmiştir. Arazide yapılan uçuşlar sonrası yersel doğrulama için Yer Kontrol Noktaları (YKN)'nın (toplam 51 adet) hassas koordinat verilerinin ve yüksekliklerinin alınmasında ve uçuş hattındaki ölçüme ait koordinat validasyonu için gelişmiş ve hassas bir sisteme sahip olan GNSS-RTK ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Drone yersel ölçüm validasyonu için sprey boya ile işaretleme yapılmış ve çalışma alanında rastgele noktalarda GNSS-RTK cihazıyla ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.2 İHA cihazı otomatik uçuş yazılımı ve yer kontrol noktası (Buğday 2018)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanına ait yükseklik, eğim ve bakı haritaları ArcGIS 10.3 TM yazılımı ile elde edilmiştir. Çalışma alanı en düşük yükseltisi 1303 m, en yüksek yükseltisi 1685 m ve ortalama yüksekliği 1520 m'dir. Çalışma alanının en düşük eğimi 0 derece, en yüksek eğimi 39,68 derece ve ortalama eğimi 15,13 derecedir. Çalışma alanının eğimi yüzde olarak ifade edildiğinde bu değerler sırasıyla %0, %82,96 ve %27,03'tür. Çalışma alanının hakim bakısı ise güneybatıdır (Şekil 4.1).

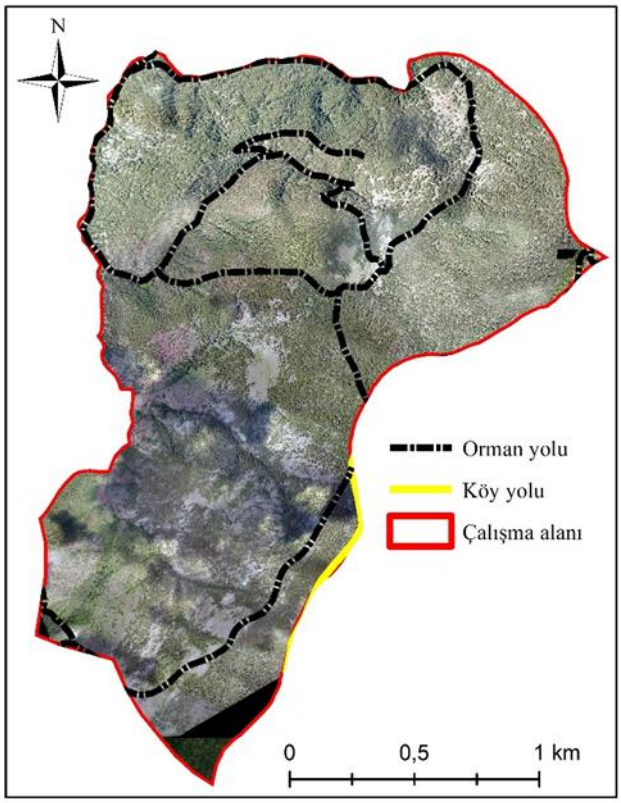


Şekil 4.1 Çalışma alanı a) Sayısal Yükseklik Modeli, b) Eğim ve c) Bakı haritaları

Çalışma alanına ait mevcut toplam orman yolu uzunluğu 10531,9 metredir (Şekil 4.2). Bu orman yolları B tipi tali orman yolu niteliğindedir. Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 292 sayılı "Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı" tebliğinde belirtildiği üzere B tipi tali orman yolları geometrik özellikleri yol genişliği 4 m, banket genişlikleri her iki tarafta olmak üzere 0,5 m ve toplam genişlik 5 m olarak tasarlanmıştır (Çizelge 1.1).

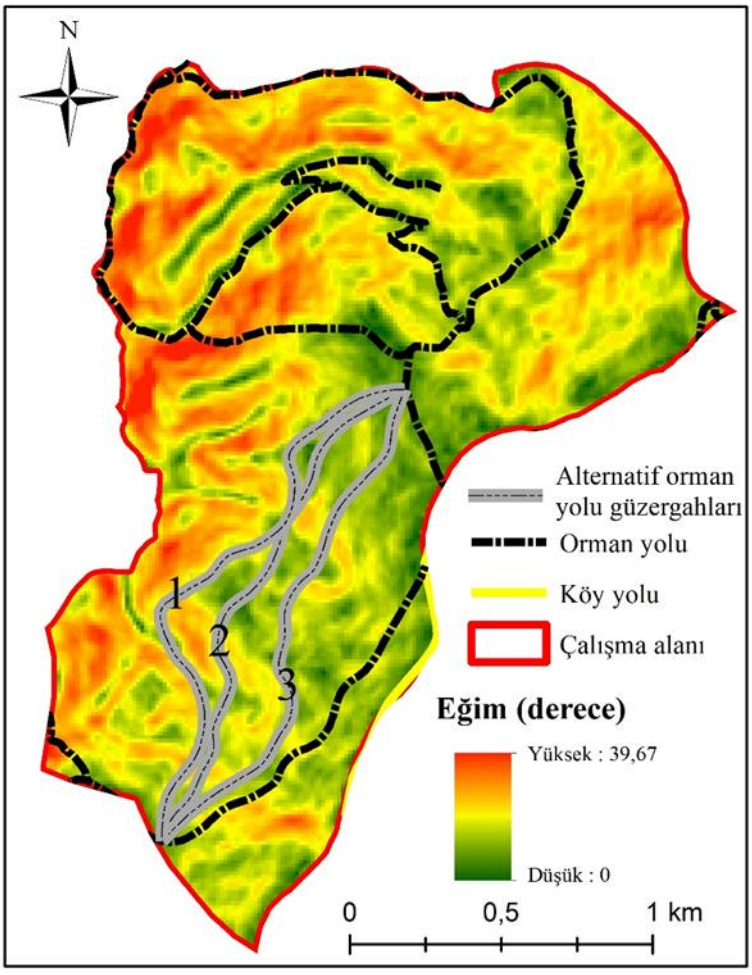
Çizelge 4.1 Orman yolları geometrik standartları

YOLUN TİPİ	BİRİMİ	ANA ORMAN YOLU	TALİ ORMAN YOLU				TRAKTÖR YOLU
			A-TİPİ	B-TİPİ			
				S	N	EBT	
				BT	BT		
Platform genişliği	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit sayısı	Adet	2	1	1	1	1	1
Azami eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari kurp yarıçapı	m	50	35	20	3	8	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket genişliği	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Hendek genişliği	m	1	1	1	1	0,5	
Üst yapı genişliği	m	6	5	4	3	3	
Köprü genişliği	m	7+(2x0,6)	6+(2x0,6)	5+(2x0,6)		5+(2x0,6)	



Şekil 4.2 Çalışma alanı mevcut orman yolu ve köy yolu lokasyonları

Orman yollarının optimal açıdan değerlendirilmesinde yol yoğunluğu ve yol aralığı kriterleri kullanılmaktadır. Buna göre çalışma alanında yer alan mevcut 10531,9 m yol ile oluşan yol yoğunluğu 28,9 m/ha'dır. Bu değer OGM 25 m/ha olağan hedefinin üzerinde olduğu için uygundur. Ancak ilerleyen zaman içerisinde ulaşımı olmayan çalışma alanının orta-güney kısmının yol ihtiyacının giderilmesinin hem ormancılık hizmetlerinin ulaştırılması hem de yangınla mücadelede önemli avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir. Bu nedenle ilerleyen yıllarda herhangi bir yol ihtiyacı olması durumunda oluşturulabilecek alternatif güzergahlara ait lokasyonlar eğim kriteri hesaba katılarak Şekil 4.3'te verilmiştir. Alternatif orman yolu güzergahı oluşturulurken, Orman Genel Müdürlüğü'nün "Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı" 292 Sayılı Tebliğ'de belirtilen eğim kriterleri dikkate alınarak yapılmıştır. Böylece alternatif güzergahlar belirlenirken en önemli unsurun eğim kriteri olduğu söylenebilir.



Şekil 4.3 Alternatif orman yolu güzergahlarının lokasyonları

Bu çalışma elde edilen alternatif güzergahlardan üç tanesi Şekil 4-3'te sunulmuştur. Buna göre 1 numaralı alternatif güzergah 2041,01 m, 2 numaralı güzergah 1815,90 m ve 3 numaralı alternatif güzergah 1819,21 m uzunluğunda olduğu tespit edilmiştir. 1 numaralı alternatif güzergahın mevcut orman yol ağı planına eklenmesiyle yol yoğunluğu 34,26 m/ha, 2 numaralı alternatif güzergahın mevcut orman yol ağı planına eklenmesiyle yol yoğunluğu 33,64 m/ha ve 3 numaralı alternatif güzergahın mevcut orman yol ağı planına eklenmesiyle yol yoğunluğu 33,65 m/ha olacağı hesaplanmıştır. Bu yoğunluk değeri ile ormancılık çalışmalarının daha sağlıklı ve etkili yönetimi için uygun bir orman yol ağı elde edileceği öngörülmektedir. Çalışma alanında yer alan yollar için irdelenen diğer kriter yol aralığı kriteridir. Bu kriter, iki farklı kod verilmiş orman yolunun birbirlerine olan mesafelerini içermektedir. Yol aralık değerleri ile ilgili olarak Türkiye'deki uygulamanın şekli şöyledir; Ormanlık alanda aktüel ortalama servet 250 m^3/ha değerinden az olan yamaçlarda yol aralığı 1000 m, serveti 250 m^3/ha değerinden fazla olan yamaçlarda yol aralığı 500 m olarak belirlenmiştir söylenebilir (Erdaş, 1997). Buna göre incelendiğinde çalışma alanının kuzeyinde yer alan yollardaki yol aralığı ortalama 450 m ile 850 m arasında değiştiği ancak çalışma alanının orta-güney kesiminde yol aralığı değerinin artarak, yaklaşık olarak 1500 m değerine ulaştığı hesaplanmıştır. Alternatif güzergahlardan 1 numaralı güzergah hesaba katıldığında yol aralığı değerinin 1500 m değerinden 550 m ile 700 m değerine azaldığı tespit edilmiştir. İlerleyen dönemlerde ormanlara yapılabilecek çeşitli bakım çalışmalarının daha etkin ve sağlıklı yürütülebilmesi için çalışmada anılan alternatif güzergahlardan herhangi biri uygulanabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz teknoloji imkanları bağlamında düşünüldüğünde modern cihazların kullanımı ve güncel modelleme yaklaşımlarının uygulamaya doğrudan aktarılması ile sadece kaliteli bilgi üretilmekle kalınmadığı aynı zamanda verimlilik açısından yeni bakış açıları kazandırılabildiği görülebilmektedir. Verimlilik, iş ve işlemlerin ekonomik olarak yönetilmesine doğrudan katkı sağlayan en önemli parametrelerin başında geldiğinden dolayı ekonomik olarak verimli ve ideal bir ortam için platform oluşturulabilecektir. Bu çalışma, doğrudan uygulama ve uygulayıcılarla ilgili karar destek sistemi oluşturduğundan dolayı veri tabanı üretimi ve projeden elde edilen sonuçlar başta araştırmacılar ve Orman Genel Müdürlüğü kurumu uygulayıcıları tarafından kullanılabilecektir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan ancak mevcut sayısal veri tabanı içerisinde yer almayan 736, 7 m uzunluğunda bir yolun olduğunu drone cihazından elde edilen veriler sonrası yapılan karşılaştırmada tespit edilmiştir. Bahsi geçen bu yol veri tabanına eklenerek mevcut orman yol yoğunluğu hesaplamaları yürütülmüştür. Çalışma alanında yer alan mevcut 10531,9 m yol ile oluşan yol yoğunluğu 28,9 m/ha'dır. Bu çalışma sonucunda üç adet alternatif orman yolu güzergahı tespit edilmiştir. Bu güzergahlardan herhangi birinin uygulanmasıyla orman yol yoğunluğu yaklaşık 33-34 m/ha civarında olacağı hesaplanmıştır. Gelecek yıllarda ulaşımı olmayan çalışma alanının orta-güney kısmının yol ihtiyacının giderilmesinde önemli olan bu güzergahlardan herhangi biri ile hem ormancılık hizmetleri hem de yangınla mücadelede önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. İHA cihazı kullanılarak uygulamada kısa sürede pratik ve etkili veriler elde edilebilmekte ve karar vericiler için uygun karar verme ortamı sağlanabilmektedir. Bu nedenle bu tür çalışmaların gelecek dönem içerisinde farklı büyüklük ve özellikteki alanlarda kullanımı hem uygulama hem de literatür açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Acar, H. H. 2011. Orman yol planlaması ve yol zemini üzerine bir araştırma. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1), 125-130.

Açıl, A., Eker, R., Aydın, A. ve Duyar, A. 2019. Orman Yolu Hidrolik Sanat Yapılarının Boyutlandırılmasına Yönelik Hec-Ras Geometri Verisinin Üretilmesinde İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Kullanım İmkânları. Web sitesi. https://www.researchgate.net/publication. Erişim Tarihi: 14.01.2022.

Aghazada, S. 2020. Uçuşa kısıtlı bölgelerde insansız hava araçları için rota optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 87 sayfa, Ankara.

Akay, A. E. and Sessions, J. 2005. Applying the decision support system, TRACER, to forest road design. Western Journal of Applied Forestry, 20(3), 184-191.

Akay, A. E., Erdaş, O. ve Karaş, İ. R. 2022. Sediment üretimini en aza indiren orman yolu güzergahının seçiminde CBS ve optimizasyon tekniklerinin kullanılması. Web Sitesi. https://docplayer.biz.tr/47634124. Erişim Tarihi: 17.07.2022.

Akgül, M., Yurtseven, H., Gulci, S. ve Akay, A.E., 2018. Evaluation of UAV-and GNSS-Based DEMs for Earthwork Volume. Arabian Journal for Science and Engineering, 43(4):1893-1909.

Anonim 2008. 292 sayılı tebliğ: "Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı". Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Arıca, N., Cicibaş H. ve Demir, K. A. 2012. İHA'lar İçin Çok Kriterli Güzergâh Planlama Modeli. Savunma Bilimleri Dergisi, Mayıs 2012, 11 (1), 251-270.

Arıcak, B., Çalışkan, E., Gümüş, S. ve Acar, H. 2007. Orman yollarının uzaktan algılama ve cbs ile planlanmasının değerlendirilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Ateşoğlu, A. 2011. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Google Earth Yardımı ile Orman Yol Ağı Planlarının Sayısal Ortamda Üretilmesi (Muğla-Namnam Orman İşletme Şefliği Örneği). Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi (2011) 12 (2):222-231.

Avcı, H. 2020. Engebeli Arazilerde İnsansız Hava Araçları İle Üç Boyutlu Veri Üretiminde Doğruluk Araştırması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 104 sayfa, Samsun.

Banu, T. P., Borlea1, G. F. ve Banu, C. 2016. The Use of Drones in Forestry. Journal of Environmental Science and Engineering B 5 (2016) 557-562. Romanya.

Booth, K. E., Piacentini, C., Bernardini, S. and Beck, J. C. 2020. Target Search on Road Networks With Range-Constrained UAVs and Ground-Based Mobile Recharging Vehicles. Page(s): 6702 – 6709, Date of Publication: 11 August 2020.

Buğday, E. 2016. Ormancılıkta üretimin planlaması ve hassas ormancılık anlayışı. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 2(1-2), 54-57.

Buğday, E. 2018. Capabilities of using UAVs in Forest Road Construction Activities. European Journal of Forest Engineering, 4(2), 56-62.

Çavuş, V. 2017. Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi yapay arı kolonisi yöntemi ile insansız hava araçları için yol planlaması. Yüksek Lisans Tezi, Yalavova Üniversitesi, 80 sayfa, Yalova.

Çavuş, V. ve Tuncer, A. 2017. İnsansız hava araçları için yapay arı kolonisi algoritması kullanarak rota planlama. Karaelmas Fen ve Müh. Dergisi. 7(1):259-265, 2017.

Çetin, Ö. 2015. Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü çoklu otonom İnsansız hava araçları için paralel programlama tabanlı yol planlaması. Doktora Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri enstitüsü, 384 sayfa.

Danney, A. 2016. Geographıc Informatıon System (GIS) Based Planıng Technıque For Forest Road Network Access. Faculty Of Forestry Unıversıtı Putra Malaysıa. Malezya.

Demir, M. ve Hasdemir, M. 2005. Functional planning criterion of forest road network systems according to recent forestry development and suggestion in Turkey. American Journal Environmental Science, 1(1):22-28.

Erdaş, O. 1986. Odun hammaddesi üretimi, bölmeden çıkarma ve taşıma safhalarında sistem seçimi. KTÜ Orman Fakültesi Dergisi. 9(1-2): 91-113.

Erdaş, O. 1997. Orman Yolları--Cilt I. KTU Orman Fakültesi Yayınları, 187, 25.

Erdoğan, A. 2017. Şeritvari haritaların insansız hava araçları ile üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 56 sayfa, Konya.

Esrı, 2018. Spatial Analyst Toolbox. http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-cut-fill-works.htm.

Feng, L. X., Wei, G. Z., Qing, S. Y. and ShanAn, C. D. 2014. Optimization model of UAV route planning for road segment surveillance. J. Cent. South Univ. (2014) 21: 2501−2510, DOI: 10.1007/s11771-014-2205-z.

Fidancı, Y. ve Karabörk, H. 2019. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı. GUFBED 9(3) (2019) 473-485.

Geçen, R. ve Sarp, G. 2007. Yüksek ve düşük çözünürlüklü uydu görüntülerinden yolların tayini. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Goodbody, T. R. H., Coops, N. C., Marshall, P. L., Tompalski, P. and Crawford, P. 2017. Unmanned aerial systems for precision forest inventory purposes. Faculty of Forestry, British Columbia Üniversitesi, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Kanada.

Gülci, S. ve Akay, A. E. 2015. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Ekolojik sanat yapılarının lokasyonlarının değerlendirilmesinde insansız hava araçları ile üretilen termal kızılötesi görüntülerin kullanılması. https://dergipark.org.tr/tr/pub/jffiu/article/199454. Erişim tarihi: 15.01.2022.

Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O. ve Gülci, S. 2015. Forest operations planning by using RTK-GPS based digital elevation model. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,65(2):59-68.

Heinimann, H. R. 2017. Forest Road Network and Transportation Engineering – State and Perspectives. Croat. j. for. eng. 38 (2017).

Hernández, E. J. U., Martínez, J. A. S. and Saucedo, J.A.M. 2020. Optimization of the Distribution Network Using an Emerging Technology. Appl. Sci. 2020, 10(3), 857.

Hüseyni, S. A., Mazrae, M. R., Lotfalyan, M. and Parsakhoo, A. 2012. Desıgnıng An Optımal Forest Road Network By Consıderatıon Of Envıronmental Impacts In Gıs. 2012 İran.

Kellndorfer, J.M., Dobson, M.C., Vona, J. D. ve Clutter, M., 2003. Toward precision forestry: Plot-level parameter retrieval for slash pine plantations with JPL AIRSAR. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(7):1571-1582.

Kamrani, F. 2007. Using On-line Simulation in UAV Path Planning. Universitetsservice US AB. Licentiate Thesis in Electronics and Computer Systems Stockholm, Sweden 2007.

Kangas, A., Gobakken, T., Puliti, S., Hauglin, M. and Næsset, E. 2018. Value of airborne laser scanning and digital aerial photogrammetry data in forest decision making. Silva Fennica,52(1).19p. https://doi.org/10.14214/sf.9923.

Kelek, S. 2019. İnsansız hava araçları ile üretilen sayısal yüzey modellerinin doğruluğu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 77 sayfa, Afyon.

Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Neri, F., Cambi, M., Mariotti, B. and Marchi, E. 2019. Forest Road Planning, Construction and Maintenance to Improve Forest Fire Fighting. croat. j. for. eng. 40(2019)1. October 4, 2018 İtalya.

Oh, H. Kim, S. Tsourdos, A and White B. A. 2012. Coordinated road-network search route planning by a team of UAVs. Pages 825-840 20 Sep 2012.

Ritter, A. B. 2018. Forestry and Arboriculture Applications Using High-Resolution Imagery from Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Clemson University. https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3278&context=all_dissertations. Date of Access: 16.07.2022

Sandino, J., Gonzalez, F. and Smith, G. 2018. Aerial Mapping of Forests Affected by Pathogens Using UAVs, Hyperspectral Sensors, and Artificial Intelligence. Sensors 2018, 18, 944 Avustralya.

Seçkin, Ö. B. 1978. Orman yollarında drenaj. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 28(1), 149-165.

Selek, E. 2019. İHA ile üretilmiş ortofoto, sayısal arazi ve yüzey modeli performanslarının incelenmesi konulu tez çalışması. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 75 sayfa, Zonguldak.

Sharma, A. and Singh, P. K. 2021. UAV-based framework for effective data analysis of forest fire detection using 5G networks: An effective approach towards smart cities solutions. Int J Commun Syst. 2021; e4826.

Singhal, G., Bansod, B. and Mathew, L. 2018. Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and ...https://www.preprints.org Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review. Date of Access: January 26. 2022.

Şentürk, N., Akgül, M., Öztürk, T. ve Akay, A. O. 2018. Orman yollarında kazı-dolgu miktarlarının hesaplanmasında topoğrafik harita tabanlı geleneksel yöntem ile bilgisayar destekli yöntemin karşılaştırılması. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20 (3): 618-626.

Tidwell, T. L. 2016. Small Unmanned Aircraft and the U.S. Forest Service. White Paper — August 2016 Prepared for: U.S. Forest Service.

Uçan, F. 2013. Dinamik ortamlar için yeni bir gerçek zamanlı evrimsel seyrüsefer planlama ve güdümleme sistemi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 170 sayfa, İstanbul.

Wilkie, R. 2019. Using unmanned aerial vehicles and wildlife camera trapping for the early assessment of road reclamation effects in Northern Ontario. Website. https://knowledgecommons.lakeheadu.ca/handle/2453/4406. Date of Access: 17.07.2022. Kanada.

Yiğit, A. Y. 2020. İnsansız hava aracı ile elde edilen veriler yardımıyla yol tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 126 sayfa, Afyonkarahisar.

Yiğit, A.Y. ve Uysal, M. 2021. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi yüksek çözünürlüklü insansız hava aracı (İHA) görüntülerinden karayolu tespiti çalışması. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 10 (3), 1040-1054.

Yuan, S., Ota, K., D, Mianxiong. and Z, Jianghai. 2022. A Path Planning Method with Perception Optimization Based on Sky Scanning for UAV. Sensors 2022, 22, 891. https://doi.org/10.3390/s22030891.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Turgay ÇÖLKUŞU

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2020-2022
Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2016-2019
Lisans	Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü	2009-2011
Önlisans	Selçuk Üniversitesi Sarayönü Meslek Yüksek Okulu Harita ve Kadastro	1995-1997

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2000-2002	KTM	Ekip Şefi
2002-2008	Güriş İnşaat	Harita Teknikeri
2008-Halen	Milli Savunma Bakanlığı	Devlet Memuru