

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DÖNER KANATLI PLATFORMLAR İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE
ÇOK KRİTERLİ METOT KULLANILARAK UYGUN HELİPORT
ALANLARININ SEÇİMİ**

Hasan Vahit ÖZER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DÖNER KANATLI PLATFORMLAR İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE
ÇOK KRİTERLİ METOT KULLANILARAK UYGUN HELİPORT
ALANLARININ SEÇİMİ**

Hasan Vahit ÖZER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖNER KANATLI PLATFORMLAR İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE
ÇOK KRİTERLİ METOT KULLANILARAK UYGUN HELİPORT
ALANLARININ SEÇİMİ**

Hasan Vahit ÖZER
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haziran 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Döner Kanatlı Platformlar İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Çok Kriterli Metot
Kullanılarak Uygun Heliport Alanlarının Seçimi**

Hasan Vahit ÖZER

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

Bu tez 02/07/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doc.Dr. Nusret DEMİR (Danışman)

Prof.Dr. Uğur AVDAN

Doc.Dr. Serdar SELİM

ÖZET

DÖNER KANATLI PLATFORMLAR İÇİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE ÇOK KRİTERLİ METOT KULLANILARAK UYGUN HELİPORT ALANLARININ SEÇİMİ

Hasan Vahit ÖZER

Yüksek Lisans Tezi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemler Anabilim Dalı

Danışman: Doc.Dr. Nusret DEMİR

Haziran 2024; 44 sayfa

Helikopterlerin tarihi, insanlığın uçuş hayaline kadar uzansa da pratik ve güvenilir helikopterlerin geliştirilmesi ancak 20. yüzyılın ortalarında mümkün olmuştur. İlk başarılı helikopter uçuşu, Igor Sikorsky tarafından 1939 yılında gerçekleştirilmiş olup, bu tasarım modern helikopterlerin de temelini oluşturmuştur.

Helikopterler, dikey olarak kalkış ve iniş yapabilen, döner kanatlı hava araçlarıdır. Sabit kanatlı uçaklardan farklı olarak, rotor sistemleri sayesinde havada sabit kalabilir, ileri, geri ve yanal olarak hareket edebilirler. Bu özellikler, özellikle ulaşılması zor ve kısıtlı alanlarda operasyon yapma kapasitesi sağladığından, helikopterleri benzersiz kılar. Bu nedenle helikopterler hem askeri hem de sivil alanlarda geniş bir kullanım alanı bulmuşlardır. Helikopterlerin sahip olduğu bu operasyonel esneklik, bazı sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Helikopterler, sabit kanatlı hava araçlarına kıyasla daha karmaşık mekanik sistemlere sahiptir ve bu da onları olumsuz hava koşullarına daha hassas hale getirir. Yağmur, kar ve buzlanma gibi koşullar uçuş güvenliğini tehlikeye atabilir. Helikopterler, düşük irtifalarda uçarken ve zorlayıcı arazi şartlarında ani mekanik arızalara karşı daha savunmasız olabilirler.

Helikopter operasyonlarının güvenli ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, uygun iniş ve kalkış alanlarının seçimi ile doğrudan ilişkilidir. Uygun iniş alanları, özellikle acil durumlarda hayati öneme sahiptir; hastane, itfaiye, polis merkezi gibi acil hizmetlere yakınlık, hızlı müdahale imkanı sağlar. Geniş ve engelsiz alanlar, düz ve sert zeminler de güvenli iniş kalkış için zorunludur. İniş alanlarının tasarımı ve konumlandırılması, operasyonel başarı ve güvenlik açısından kritik bir öneme sahiptir.

Bu çalışma, helikopter operasyonlarının güvenli, verimli ve özellikle acil durumlarda etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla yasal düzenlemeler çerçevesinde kriterler seçilerek çalışma alanı içerisinde uygun heliport alanları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma süresince, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Helikopter operasyonlarının başarısı için uygun iniş alanlarının mevcudiyeti ve bunların seçimine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: AHP, CBS, ÇKKVA, Helikopter, Heliport, Yer Seçimi.

JÜRİ:

Doc.Dr. Nusret DEMİR

Prof.Dr. Uğur AVDAN

Doc.Dr. Serdar SELİM



ABSTRACT

SELECTION OF SUITABLE HELIPORT AREAS USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND MULTI-CRITERIA METHODS FOR ROTARY-WING PLATFORMS

Hasan Vahit ÖZER

Master's Thesis in Remote Sensing and Geographic Information Systems

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

June 2024; 44 pages

The history of helicopters dates back to humanity's dream of flight, but the development of practical and reliable helicopters became possible only in the mid-20th century. The first successful helicopter flight was carried out by Igor Sikorsky in 1939, and this design laid the foundation for modern helicopters.

Helicopters are rotary-wing aircraft capable of vertical takeoff and landing. Unlike fixed-wing airplanes, they can hover in place and move forward, backward, and laterally thanks to their rotor systems. These features make helicopters unique, especially as they provide the capability to operate in hard-to-reach and confined areas. For this reason, helicopters have found widespread use in both military and civilian sectors. However, this operational flexibility comes with certain limitations. Compared to fixed-wing aircraft, helicopters have more complex mechanical systems, making them more sensitive to adverse weather conditions. Rain, snow, and icing can endanger flight safety. Helicopters are also more vulnerable to sudden mechanical failures when flying at low altitudes and in challenging terrain conditions.

The safe and effective execution of helicopter operations is directly related to the selection of suitable landing and takeoff areas. Suitable landing areas are of vital importance, particularly in emergencies; proximity to emergency services such as hospitals, fire departments, and police stations allows for rapid response. Wide and unobstructed areas with flat and solid ground are essential for safe takeoffs and landings. The design and location of landing zones are critical for both operational success and safety.

This study aims to contribute to the safe, efficient, and effective execution of helicopter operations, particularly in emergency situations. For this purpose, criteria have been selected in accordance with legal regulations, and efforts have been made to identify suitable heliport locations within the study area. During the study, results were obtained using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, specifically the Analytic Hierarchy Process (AHP). The availability of suitable landing zones and their selection are considered to be crucial factors in the success of helicopter operations.

KEYWORDS: AHP, GIS, Helicopter, Heliport, MCDM, Site Selection

COMMITTEE:

Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

Prof.Dr. Uğur AVDAN

Assoc. Prof. Dr. Serdar SELİM



ÖNSÖZ

Elinizdeki bu tez, yüksek lisans eğitimim süresince özveri ve titizlikle çalıştığım, akademik ve profesyonel hayatımın önemli bir parçasını oluşturan bir çalışmadır. Bu tezin, döner kanatlı platformların kullanım alanındaki literatüre ve pratik uygulamalara katkı sağlayacağını umuyorum.

Bu çalışmanın meydana gelmesinde, bilgi ve deneyimleriyle bana ışık tutan birçok değerli insanın rolü büyüktür. Öncelikle, bu süreçte bana her adımda rehberlik eden ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Doc. Dr. Nusret Demir'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Size olan minnettarlığımı kelimelerle ifade etmek gerçekten zor.

Ayrıca çalışmamda bana destek olan eşim, ailem ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Sizlerin emeği ve desteği olmasaydı, bu tezi tamamlamak çok daha zorlu olurdu.

En özel teşekkür ise, çocukluğumdan itibaren bana ilham kaynağı olan ve bu araştırma konusunu seçmemde büyük rol oynayan babam Orman Mühendisi Mehmet ÖZER'e etmek isterim. Askeri helikopter pilotu olarak gerçekleştirdiğim görevlerin ve bu alanda yapacağım çalışmaların pratikte deneyim sağlayacağı ve konunun önemini birinci elden görmeme yardımcı olacağına beni beni ikna ederek bu maceraya başlamamdaki her zamanki gibi en büyük destekçimdi.

Saygılarımla,

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Tanımı	1
1.2. Tezin Amacı	4
1.3. Tezin Kapsamı.....	5
2. KAYNAK TARAMASI.....	6
2.1. Yer Seçim Aşaması	6
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	10
2.2.1. Veri.....	11
2.2.2. Donanım.....	12
2.2.3. Yazılım.....	13
2.2.4. Kullanıcı.....	13
2.3. Çok Kriterli Karar Verme Analizi.....	14
3. MATERYAL VE METOT.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Çalışma alanı.....	17
3.1.2. Çalışma alanında kullanılan yazılımlar.....	19
3.1.3. Çalışmada kullanılan projeksiyon sistemi ve dönüşümler.....	19
3.1.4. Çalışmada kullanılan veriler.....	19
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Ön İşlemler.....	21
3.2.2. Maskeleme işlemleri.....	21
3.2.2.1. Göl, baraj ve bataklıklar maske uygulaması.....	23
3.2.2.2. Akarsu maske uygulaması.....	23
3.2.2.3. Düşey engel maskeleme uygulaması.....	25

3.2.2.4 Yerleşim yeri maskeleye uygulaması.....	25
3.2.2.5 Orman alanları maskeleye uygulaması.....	26
3.2.2.6 Yüksek Eğimli Alanların Maskelenmesi.....	26
3.2.3. Kriterlerin belirlenmesi ve haritalandırılması.....	28
3.2.3.1. Vektör veri tiplerinin raster veri tiplerine dönüştürülmesi.....	29
3.2.4. Normalize etme işlemleri.....	32
3.2.5. AHP uygulaması.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
5. SONUÇLAR.....	37
6. KAYNAKLAR.....	40

ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “DÖNER KANATLI PLATFORMLAR İÇİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ÇOK KRİTERLİ METOT KULLANILARAK UYGUN HELİPORT ALANLARININ SEÇİMİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02/07/2024

Hasan Vahit ÖZER

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

f	: Feet
Ha	: Hektar
km ²	: Kilometrekare
m	: Metre
m ²	: Metre kare
s	: Saniye

Kısaltmalar

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CI	: Tutarlılık Ölçüsü
CR	: Tutarlılık Oranı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme Analizi
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
FAA	: Federal Havacılık İdaresi
HLZ	: Helikopter İniş Alanı (Helicopter Landing Zone)
HPZ	: Heliport Protection Zone
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
IDW	: Inverse Distance Weighting (Ters Mesafe Ağırlığı)
NATO	: Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
NTSB	: ABD Ulusal Ulaştırma Güvenliği Kurulu
OSM	: Open Street Map
PinS	: Point in Space
PPL	: Hususi Pilot Lisansı

RI	: Rastgele Tutarlılık İndeksi
SAW	: Basit Toplam Ağırlıklandırma
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SHY-14B	: Heliport Yapım ve İşletim Yönetmeliği
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıra Tercih Tekniği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UTM	: Universal Transverse Mercator
VFR	: Görerek Uçuş Kuralları
WGS	: World Geodetic System
Ondalık ayracı olarak , kullanılmıştır	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Helikopter iniş alanları için minimum gerekli hava sahası.....	8
Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu	17
Şekil 3.2. Çalışma alanı konumu	18
Şekil 3.3. Çalışma alanı fiziki haritası.....	18
Şekil 3.4. İş Akış Şeması.....	22
Şekil 3.5. Heliport yapımına elverişli alan haritası.	23
Şekil 3.6. Göl, baraj ve bataklıklar maskeleme haritası	24
Şekil 3.7. Akarsu maskeleme haritası uygulaması.....	24
Şekil 3.8. Düşey engel maskeleme	25
Şekil 3.9. Yerleşim yeri maskeleme haritası.....	26
Şekil 3.10. Orman alanları maskeleme haritası.....	27
Şekil 3.11. Yüzde cinsinden eğim haritası.....	27
Şekil 3.12 Eğim maskeleme haritası.....	28
Şekil 3.13. Kara yoluna yakınlık haritası.....	30
Şekil 3.14. Enerji nakil hatlarına yakınlık haritası.....	30
Şekil 3.15. Yerleşim yeri Nüfus haritası.....	31
Şekil 3.16. Nüfus yoğunluk haritası.....	31
Şekil 3.17. AHP için normalize edilmiş verilerin Maskeleme haritası.....	32
Şekil 3.18. Uygunluk haritası.....	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. AHP yönteminde kriterlerin önem derecesi ve tanımları.....	15
Çizelge 2.2. Rastgele tutarlılık indeks değerleri.....	15
Çizelge 3.1. Çalışma alanı veri setleri.....	21
Çizelge 3.2. Yerleşim yeri nüfus dağılımı ,.....	21
Çizelge 3.3. Kriterler çizelgesi.....	28
Çizelge 3.4. Kriterlerin puanlandırılması ve ağırlıklandırılması	35
Çizelge 4.1. AHP sonuçlarına göre uygunluk sınıflarının alan ve oranları.....	37



1. GİRİŞ

Modern toplumların ve küresel ekonomilerin gelişimi ile havacılık sektörü kritik bir rol oynamaya başlamıştır. Havacılık sektörü, insanların ve malların hızla ve güvenli bir şekilde taşınmasını sağlayarak ekonomik büyümeyi, uluslararası ticareti ve turizmi desteklemektedir. Aynı zamanda, acil durumlarda ve afet bölgelerinde hızlı müdahale imkanı sunarak hayat kurtarıcı hizmetler sağlar. Havacılığın bu stratejik önemi, sektördeki güvenlik, verimlilik ve sürdürülebilirlik standartlarının yüksek tutulmasını gerektirir.

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), havacılığın güvenli, düzenli ve verimli bir şekilde işlenmesini sağlamak amacıyla kurulmuş bir Birleşmiş Milletler uzmanlık kuruluşudur. ICAO, 1944 yılında imzalanan Chicago Konvansiyonu ile kurulmuş olup, sivil havacılık standartlarını ve düzenlemelerini belirler ve küresel havacılık politikalarını şekillendirir. ICAO'nun temel görevleri arasında, havacılık güvenliğini artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve havacılık sektörünün sürdürülebilir büyümesini teşvik etmek yer alır (ICAO 2024).

Havacılık sektörüne farklı bir bakış açısı getiren hava araçlarından biri olan helikopterler dikey kalkış ve iniş yapabilen, havada asılı kalabilen ve her yöne uçabilen hava araçlarıdır. Bu özellikler, helikopterleri birçok görev için ideal kılar. Helikopter operasyonlarının güvenliği ve etkinliği birçok faktörün birleşiminden oluşmaktadır. Bu faktörlerden bir tanesi de iniş ve kalkış alanlarının dikkatli bir şekilde seçilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Helikopter operasyonları sırasında uçuşları planlanırken alternatif rotalar, yaklaşma istikametleri veya iniş bölgeleri bulmak gerekmektedir. Araziyi iyi tanımak ve manevra yapabilme imkanlarının farkında olmak, verilen görevlerin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi için bir ön koşuldur. Bu nedenle, helikopter operasyonları planlanırken arazi keşfi de dikkate alınmalıdır. Uygun heliportların stratejik konumlarda bulunması, helikopterlerin görevlerini daha hızlı ve etkin bir şekilde yerine getirmelerine olanak tanıyabilir. Heliportların hastane, iş merkezi veya acil durum müdahale merkezleri gibi kritik noktalara yakın yerlerde bulunması, operasyonel verimliliği artırabilir. Maraş, Dönmez ve Emecen (2023) yangın bölgelerine en kısa sürede müdahale edilebilmesi için gerekli heliportların ve su kaynaklarının stratejik olarak yerleştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada yangınlara müdahale sürelerinin kısalabileceğini ortaya koymuşlardır. Foo, Ahghari ve MacDonald (2010), helikopter acil sağlık hizmetleri operasyonlarının zamanında müdahalesini iyileştirmek ve riskini azaltmak amacıyla yaptıkları çalışmada tarihsel çağrı isteği verilerini kullanarak yeni heliport inşası için potansiyel yerleri belirlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

1.1. Problem Tanımı

Helikopter operasyonlarının hem güvenli bir şekilde icrası hem de verimliliğini artırmak için ihtiyaç duyulan heliport alanlarının seçimi ve kurulumu sürecinde başlıca aşağıdaki sorulara yanıtlamak gerekmektedir.

Uluslararası ve ulusal yönetmeliklere uyum nasıl sağlanabilir?

ICAO Annex 14 Vol 2 Heliports; dünya genelinde helikopter iniş ve kalkış alanlarının güvenli ve verimli bir şekilde planlanması, tasarımı, inşası ve işletilmesi için

standartlar ve önerilen uygulamalar sunar. Helikopter iniş ve kalkış alanları için gereklilikler, işletme prosedürleri, güvenlik önlemleri, işaretleme ve ışıklandırma standartları, çevresel faktörler ve acil durum prosedürleri gibi konuları kapsar.

ICAO Document 8261 Heliport Manuel yayını helikopter iniş ve kalkış alanlarının detaylı planlanması, tasarımı, yapımı ve işletimi için teknik kılavuzluk sağlar. ICAO Annex 14'te belirtilen standartların nasıl uygulanacağına dair pratik bilgiler sunar. Heliport yer seçimi, tasarım kriterleri, çevresel ve operasyonel değerlendirmeler, zemin ve yüzey gereksinimleri, yangın güvenliği, acil durum planları ve bakım prosedürleri gibi konuları içerir.

Türk Hava Sahası içerisinde yetkili birim olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün yayınlamış olduğu Heliport Yapım ve İşletim Yönetmeliği (SHY-14B) ve Heliport Yapım ve İşletim Esasları Talimatı (SHT-HELİPORT) esaslarınca yapılmaktadır.

Tez çalışması doğrultusunda bu yayınlar incelenerek heliport inşasına yönelik kriterlerden ziyade yapımı ve kullanımı esnasında kolaylık ve esneklik sağlayacak uygulanabilir ve gereklilikler belirlenmiştir.

Heliport alanlarının belirlenmesinde dikkate alınması gereken coğrafi, topografik ve meteorolojik kriterler nelerdir?

Keumi ve Murakami (2012) seyahat süresi ve seyahat maliyetinin en önemli iki parametre olduğunu bulmuşlardır. Bunun nedeni, yolcuların yer seyahatindeki ana amacının havaalanına zamanında varmak olmasıdır. Bu yaklaşımla heliportların mevcut ulaşım imkanları ile hızlı erişime olanak sağlayan yerlerde konumlanması gerektiği anlaşılmaktadır.

Heliport tasarımı ve konumu, arka rüzgar operasyonlarından kaçınılacak ve yan rüzgar operasyonları minimumda tutulacak şekilde olmalıdır. Heliport tasarımı ve konumu, rüzgar altı operasyonların önlenmesi, yan rüzgar operasyonlarının minimumda tutulması ve tehlikeli inişlerin minimum yön değişikliği ile gerçekleştirilebilmesi şeklinde olmalıdır. (ICAO Heliport Manual md. 2.1.1.3. ve md. 4.1.1.9.1.)

Potansiyel heliport alanı ve çevresinin eğim değerinin en düşük değere ve olası zorunlu inişler için emniyetli yerle teması sağlaması gerekmektedir. Amerikan Ordusu 7 derece ve daha az eğimli yerlerde iniş için herhangi bir tedbire gerek olmadığını belirtmiştir (FM 3-21.38 Pathfinder Operations 2006).

Türk hava sahasında hava kuralları (AIP) gereğince VFR uçuşların meskun mahal üzerinde uçuş kriteri; kalkış veya iniş için gerekli olması haricinde veya uygun otoriteden izin alınması haricinde;

Görerek uçuş kurallarında bir uçuş icra den bir trafik:

a. Kalabalık şehir, kasaba veya yerleşim alanları üzerinde veya hava aracı merkez olmak üzere 600 m'lik bir yarıçap dahilinde en yüksek manianın üzerinde 300 m'den az bir yükseklikte açık havadaki insan toplulukları üzerinde;

b. a maddesinde belirtilenlerin dışında bir yerde, yerin veya suyun üzerinde 150 m'den az bir yükseklikte gerçekleştirilmez.

Helikopterlerin güvenli iniş ve kalkışı için yüzey eğimi minimum seviyede, tırmanış ve yaklaşma istikametlerinde engeliz, altyapı kolaylıklarına yakın, ulaşılabilir, yerleşim yerlerine kabul edilebilir sınırlarda yakın ve en az seviyede rahatsızlık verecek kadar uzak bir potansiyel heliport alanlarının belirlenmesinde başlangıç hedefleri olabileceği değerlendirilmektedir.

Heliport alanlarının seçimi, çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri nasıl dikkate alınmalıdır?

Helikopter kazalarının yüzde 90'ı, kalkış/iniş noktalarına 400 feet mesafe içinde rastgele dağılmıştır ve kazaların en sık görüldüğü aşamalar toplamda yüzde 67 ile kalkış ve iniş olarak belirlenmiştir. Heliport tasarımı, kaza riski taşıyan alanları ve çevresel rahatsızlık potansiyelini göz önünde bulundurmalıdır. Gürültü azaltma prosedürleri gibi uçuş dostu prosedürler zorunlu hale getirilmelidir. Acil durumlar için ayrı prosedürler geliştirilmesi gerekmektedir (Ison 2024).

Cohen ve diğerleri (2007) yaptıkları çalışmada LaGuardia Havaalanı yakınında yaşayan insanların evlerindeki 24 saatlik gürültü ölçümlerinin tümü, ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından kamu sağlığı ve refahını korumak için gerekli olarak belirlenen gürültü maruziyeti sınırını aştığını tespit etmişlerdir.

Halpern, N ve Bråthen, S. (2011) yaptıkları çalışmada Norveç'teki iki havalimanının bölgesel erişilebilirlik ve sosyal gelişim üzerindeki etkilerini karşılaştırarak, yerel havaalanlarının kullanımını ve bu havaalanlarının bölgesel erişilebilirlik ve sosyal gelişime katkısını araştırmaktadır. Çalışma, havaalanlarının sadece ekonomik değil, aynı zamanda sosyal açıdan da önemli etkileri olduğunu göstermektedir.

İnsanlar üzerinde olumlu etkinin yanı sıra olumsuz bazı etkenleri de bulunduğu bu çalışmalarla ortaya konmuştur. Çevresel etkenlerin sadece insan yaşamı değil tüm canlıları nasıl etkileyeceğini bütün yönleri ile ele alacak çalışmalar gerektiğini değerlendirirken bu konunun başka araştırmalarla açıklığa kavuşturulmasının uygun olacağı öngörülmüştür.

ÇKKV metotları, heliport alanlarının seçimi sürecinde nasıl entegre edilir?

Heliport yeri seçimi, birden fazla kriterin değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu kriterler arasında coğrafi konum, erişilebilirlik, çevresel etkiler, güvenlik, maliyet ve yasal düzenlemeler gibi faktörler bulunur. Bu faktörleri en etkin şekilde değerlendirerek uygun heliport alanlarının seçimi gerekmektedir. Çok Kriterli Karar Verme metotları, karar verme sürecinde birden fazla kriterin dikkate alındığı teknik ve yöntemleri kapsar. Literatürde bir çeşitli ÇKKV metotları ile yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

Kim vd. (2022) itfaiye dronları için kalkış ve iniş yerlerinin seçiminde coğrafi bilgi sistemleri tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Modeli önermiştir. Önerilen model, itfaiye dronlarının yangın olaylarına %95 oranında yanıt verebildiğini doğrulamıştır. Bu, modelin etkinliğini ortaya koymaktadır. Önerilen yöntem, çok kriterli modelin mekansal

bilgilerle basit ve etkili bir şekilde uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Bu yöntem, karar vericilere değerli bilgiler sunarak yangın durumlarında operasyonel stratejilerin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Janic ve Reggiani (2002) havayolu şirketi için yeni bir merkez havalimanı seçme sorununa üç Çok Kriterli Karar Verme yönteminin uygulanmasını ele almıştır. Kullanılan üç ÇKKV yöntemi şunlardır: SAW (Basit Toplam Ağırlıklandırma), TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıra Tercih Tekniği) ve AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci). Bu yöntemler, önceden seçilmiş alternatif havalimanlarına uygulanmaktadır. Üç ÇKKV yöntemi de aynı kriter ağırlıklandırma prosedürü kullanıldığında tutarlı sonuçlar vermiştir. Bu, ÇKKV yöntemlerinin havacılık sektöründe yeni merkez havalimanı seçimi gibi karmaşık karar verme süreçlerinde faydalı araçlar olabileceğini göstermektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, heliport alanlarının seçim sürecinde nasıl etkili bir şekilde kullanılabilir?

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analizi ve görselleştirilmesi için kullanılan bilgisayar tabanlı sistemlerdir. CBS, mekânsal (coğrafi) verileri ve bunlara ait özellik verilerini bir araya getirerek karmaşık analizlerin yapılmasına ve karar verme süreçlerinin desteklenmesine olanak sağlar. Uygun heliport alanları seçiminde birden fazla kriterin değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreç olduğu için bu süreci en etkin şekilde sürdürmeye olanak sağlayabilir. Literatürde CBS ve ÇKKV yöntemleri beraber kullanılarak çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Uyan (2013) Türkiye'nin Karapınar bölgesinde güneş enerjisi çiftlikleri için uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla CBS ve AHP yöntemlerini birleştirmiştir. Güneş enerjisi yatırımları, çevresel etki ve yer seçim kriterleri gibi çok sayıda faktörü içerir. Çalışmada, uzman görüşleri ve karar verici görüşleri doğrultusunda değerlendirme kriterleri belirlenmiş ve kategorize edilmiştir. Bu beş ana kriter (yerleşim alanlarından uzaklık, arazi kullanımı, yollardan uzaklık, eğim ve iletim hatlarına uzaklık) ve on dokuz alt kriter kullanılarak bölgenin uygunluk indeksi belirlenmiştir. AHP ve CBS'nin entegrasyonu, güneş enerjisi çiftliklerinin yer seçimi sorununu çözmek için güçlü bir araç olarak kullanılmıştır.

Rahmat vd. (2017), İran örneği üzerinden Katı Atık Düzenli Depolama Alanı seçimi sürecini incelemiştir. Çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Süreci kombinasyonu kullanılarak katı atıkların düzenli depolama alanlarının seçimi sürecinde farklı faktörleri ve kriterleri dikkate alarak uygun alanları belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma alanının %38'i düzenli depolama için yüksek derecede uygun bulunmuştur. Beş alan saha araştırması için aday gösterilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre en uygun beş alan belirlenmiş ve arazi keşfi ile nihai seçim yapılması önerilmiştir. Bu makale, CBS ve AHP yöntemlerinin bütünleşmiş kullanımı ile katı atık düzenli depolama alanı seçiminde başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, havacılık sektöründe helikopter operasyonlarının güvenliğini ve etkinliğini artırmak için heliport alanlarının seçiminde coğrafi bilgi sistemleri CBS ve ÇKKV yöntemlerinden AHP ile entegrasyonunu kullanarak optimal

alanların belirlenmesidir. Çalışma, ICAO ve ulusal yönetmeliklere uyumlu olarak heliport alanlarının belirlenmesi sürecinde coğrafi, topografik, meteorolojik, ekonomik ve çevresel kriterleri göz önünde bulundurarak, operasyonel verimliliği ve güvenliği maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, heliport alanlarının belirlenmesinde kullanılacak kriterler, yöntemler ve analizler detaylı olarak incelenerek hem teorik hem de pratik katkılar sunmayı hedeflemektedir.

1.3 Kapsam

Heliportların tasarımı ve işletilmesinde, helikopterlerin rüzgar içindeki iniş ve kalkışlarının mümkün olmasını sağlamak için rüzgarın yönü ve şiddeti dikkate alınmalıdır.(Doc 9261 Heliport Manuel 2023) Rüzgarın helikopter operasyonları üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmalı ve heliport yerleşimi, helikopterlerin güvenli ve etkin bir şekilde iniş ve kalkış yapabilmelerini sağlamak amacıyla istikametlerden yaklaşma ve kalkış imkanı sağlayabilen potansiyel alanların seçimi ile bu çalışmada göz ardı edilmeye çalışılmıştır.

Gürültü seviyesini minimize etmek için, özellikle hastaneler, okullar ve iş yerleri gibi gürültüye duyarlı binaların yakınında gürültü seviyesine dikkat edilmeli gerekirse ölçümler yaparak nihai sonuca varılması gerekmektedir.

Bu tez çalışması uygun heliport alanlarının seçiminden ICAO yayınlarına dayalı bilgiler ışığında sadece çalışma alanına ait eğim, yaklaşma ve kalkış yüzeyi engel durumu, nüfus yoğunluğu, alt yapı kolaylıklarına erişim kolaylığı vb. verilere dayalı bilgiler ile çalışma alanı içerisinde belirlenen kriterler ile sınırlıdır. Kuş göç yolları, zemin yapısı ve arazi kullanımı gibi bazı çevresel faktörler hesaplama dahil edilmemiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Yer seçim aşaması

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), Birleşmiş Milletler'e bağlı, uluslararası sivil havacılığı düzenlemek amacıyla kurulmuş bir kuruluştur. ICAO, uluslararası hava taşımacılığı için güvenlik, güvenlik standartları ve çevresel düzenlemeler gibi çeşitli alanlarda küresel standartlar ve önerilen uygulamalar geliştirir.

Heliportlar için belirlenen minimum kriterleri ICAO Annex 14, Volume II Heliports'ta detaylı biçimde yer alır (ICAO 2020). Heliport tipleri Yer Seviyesi Heliportlar, Yükseltilmiş Heliportlar, Helidekler, Gemi Üzeri Heliportlar olmak üzere 4 farklı çeşittir. Bu çalışmada kriterler Yer Seviyesi Heliportlar için esas alınmıştır.

Doc 9261 Heliport Manuel'inde Helikopter operasyonları sıklıkla trafiğin yoğun olduğu yerlere çok yakın bir şekilde sağlanabildiğinden, seçilen yerin güvenlik, kara ulaşımına erişim ve yeterli araç park yeri açısından uygun bir şekilde konumlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca gürültü rahatsızlığını en aza indirmek için, özellikle hastaneler, okullar ve iş yerleri gibi gürültüye duyarlı binaların yakınında ve özellikle helikopterlerin yaklaşma ve kalkış yollarının altındaki alanlarla ilgili olarak çevresel gürültü seviyesi de dikkate alınmasını vurgular.

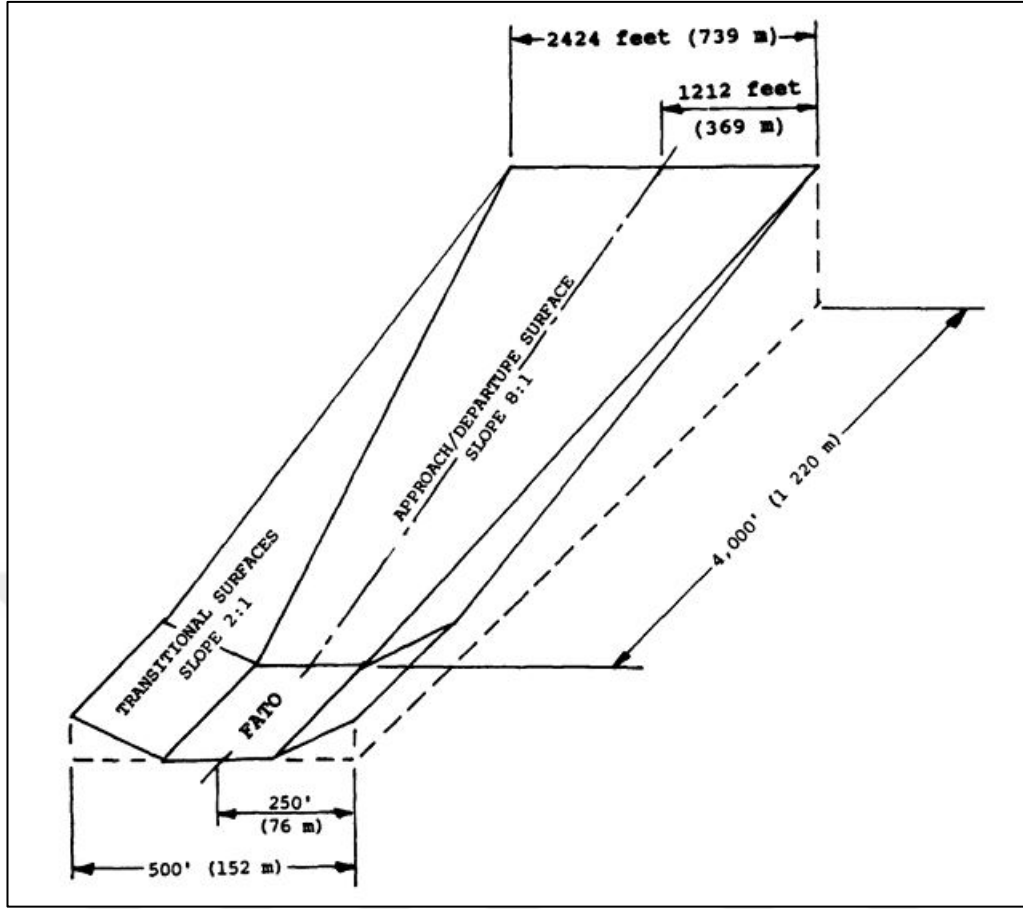
Bir yerin seçimi sırasında dikkate alınması gereken diğer faktörler:

Önerilen heliportun yakınındaki yüksek arazi veya diğer engeller, özellikle elektrik hatları,

Çevredeki alan için mevcut gelişim planları,

Point in Space (PinS) operasyonları planlanıyorsa, yaklaşma ve kalkış prosedürleri için uygun hava sahasının mevcudiyeti, şeklinde sıralamıştır. (ICAO 2021)

Federal Havacılık İdaresinin “*Safe Heliports Through Design and Planning*” (FAA,1994) yayınında helikopter ve diğer dikey iniş-kalkış yapabilen hava araçlarının güvenli operasyonlarını desteklemek amacıyla hazırlamıştır. Bu yayında heliport sahası yüksekliği 3.000 feet (yaklaşık 914 metre) veya daha az olan durumlarda, mevcut 8:1 yaklaşma/kalkış eğimi korunmalıdır. Ancak, heliport sahası yüksekliği 3.000 feet'i aşan yerlerde, yaklaşma/kalkış eğimi 9:1 olarak azaltılması gerektiğini belirtmiştir. Bu oranlar, helikopterin iniş ve kalkış sırasında engelleri güvenli bir şekilde aşabilmesi için gerekli olan yatay ve dikey mesafeleri ifade eder. Yani, 3.000 feet üzerindeki daha yüksek irtifalarda, hava yoğunluğu daha düşük olduğu ve helikopterin performansı azalacağı için daha uzun bir yatay mesafe gereklidir. Anlaşılabacağı üzere sadece FATO alanın fiziksel özellikleri değil seçilen FATO alanının çevresinin taşıdığı fiziki özellikler de uçuş emniyeti açısından büyük önem arz etmektedir.



Şekil 2.1. Helikopter iniş alanları için minimum gerekli hava sahası (FAA Safe Heliports Through Design and Planning 1994)

Helikopter iniş alanı (HLZ) tespiti hem askeri hem de insani yardım operasyonlarında önemli avantajlar sunan bir süreçtir. Askeri uygulamaların ötesinde, genel amaçlı helikopter operasyonları için de doğru HLZ tespiti önemlidir. Bu sürecin etkinliği, özellikle helikopterlerin küçük ve geliştirilmemiş alanlara inebilme kabiliyeti nedeniyle büyük önem taşır. Veri çözünürlüğü dayalı ile türetilen iniş bölgesi sınırlarının doğruluğu arasında pozitif bir korelasyon olduğunu bulmuştur. Verilerin mekansal çözünürlüğü azalırken doğruluğun tüm alanlarda düştüğünü tespit etmiştir. Buna rağmen, bazı alanlar için belirli çözünürlüklerde hata oranında belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Dolayısıyla HLZ tespiti için ideal çözünürlüğü belirlerken en önemli dikkate alınması gereken faktör çalışma alanının coğrafyasıdır (Erskine vd. 2022).

Kovarik (2014) tarafından çeşitli helikopter formasyonlarının inişi için uygun alanların seçilmesinde mekansal modelleme kullanımı ele alınmıştır. Çalışmasında, NATO'nun STANAG 2999 “*Use of Helicopters in Land Operations Doctrine*” gereklilikleri çerçevesinde “*Erdas Imagine*” yazılımı ile farklı iniş noktası konfigürasyonlarının modellenmesi sonuçlarını sunmuştur. Bilgi tabanı ve modeller ne kadar doğru ve güvenilir olursa olsun, izlediği yöntemin her zaman sadece yardımcı bir planlama aracı olarak hizmet edeceğini ve hiçbir zaman arazi koşullarını tam olarak yansıtamayacağını belirtmiştir. Bu nedenle her zaman arazi üzerinde doğrulama

yapılması gerektiğini vurgular. En önemli hususun ise, her şeye rağmen iniş yapıp yapılamayacağını komutan pilot veya kol liderinin son kararına bağlı olduğunu ayrıca belirtmiştir.

Helikopter İniş Alanlarının (HLS) belirlenmesi, arazi üzerinde birçok yönü dikkate alan karmaşık bir analiz gerektirir. Bu durumda, kesinlikle dikkate alınması gereken yönlerden biri de arazi kullanımı ve eğimidir. Çalışmada yalnızca araziye, HLS'nin eğim, iniş alanının boyutu ve şekline göre belirlenmesi yapılmıştır. Ancak yeryüzündeki diğer nesneler dikkate alınmalıdır. (Mertova ve Bures 2023).

Kurtarma operasyonlarında, sivil helikopterler hızları, verimlilikleri ve esneklikleri sayesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, afet bölgelerindeki arazi kısıtlamaları nedeniyle, helikopterlerin şehirlerde güvenli ve etkili bir şekilde kurtarma çalışmaları yapması zorlaşmaktadır. Acil kurtarma operasyonlarını kolaylaştırmak için, sabit helikopter kalkış ve iniş noktalarının stratejik ve dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. (Hu, Chen ve Han 2022).

Havalimanına kara ulaşımı da değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, nüfus merkezlerine olan mesafe, bölgesel karayolu altyapısı, demiryolları dahil toplu taşıma olanakları ve otopark için arazi bulunabilirliği göz önünde bulundurulur. Ayrıca, arazinin doğası, toprak ve kaya koşulları, drenaj gereksinimleri ve yerel arazi değerleri dikkate alınarak geliştirme maliyetleri tahmin edilir (Ashford 2014).

Bir helikopterin sahip olduğu yetenekler göz önünde bulundurularak, bu araçlar keşif, yaralı tahliyesi ve muharebe gibi görevlerde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Helikopterin iniş yapması için gereken iniş alanının boyutları farklılık gösterebilir, ancak zemin koşulları genellikle köprü ve feribot yerleriyle benzerlik gösterir. Bir iniş alanının yeri belirlenirken ağaç örtüsü, toprak durumu ve zemin eğimi gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Baijal, Arora, ve Ghosh 2018).

Havalimanı yer seçimi, erişilebilirlik, çevresel etki, risk değerlendirmesi ve yolcu talebi gibi çeşitli kriterleri içeren kritik bir süreçtir. Uygun bir havalimanı yerinin seçimi, hava taşımacılığının güvenliği, verimliliği ve sürdürülebilirliği açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır (Rangsaritvorakarn 2023).

Literatür araştırmasından görüleceği üzere uygun heliport alanları üzerine seçiminde çok fazla araştırma bulunmamakla beraber yer seviyesi heliport tasarımı ve uygun heliport alanı seçiminde dikkate alınması gereken birçok faktör bulunmaktadır. Bu hususları başlıklar ve alt başlıklar altında özetleyecek olursak;

Engeller: Heliportun çevresinde yüksek binalar, elektrik hatları gibi engeller bulunmamalıdır. Bu engeller, iniş ve kalkış sırasında helikopter için tehlike oluşturabilir (ICAO Heliport Manual Doc 9261 2021).

Rüzgar Koşulları: Heliportun bulunduğu bölgedeki rüzgar koşulları dikkatlice değerlendirilmelidir. Rüzgar altı ve yan rüzgar operasyonları minimumda tutulmalıdır. Rüzgar yönü koşullarından kaçınmak, yan rüzgar koşullarını asgari düzeye indirmek ve

zorunlu olarak vazgeçilen kalkışa iniş imkanı vermek amacıyla yer seviyesi heliportta en az iki yaklaşma ve kalkış tırmanma yüzeyi bulunmalıdır (Annex 14 Heliports 2020).

Heliporta kara yoluyla kolay erişim sağlanmalıdır. Nüfus merkezlerine olan mesafe, toplu taşıma imkanları ve otopark alanları değerlendirilmelidir. (Rangsaritvorakarn 2023).

Heliport inşasında altyapı kolaylıklarına yakınlık hem operasyonel verimlilik hem de maliyet etkinliği açısından önemli etki yaratacaktır. "Elektrik iletim maliyetleri, santrallerin yerleşim yerlerine olan uzaklığına bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Daha kısa mesafelerde iletim hatlarının kullanımının maliyetleri azaltabileceği, uzak mesafelere yapılan iletimlerde ise maliyetlerin arttığı belirtilmiştir" (Märkle-Huß, Feuerriegel ve Neumann 2020).

Heliportların ana yollara ve altyapıya yakın olması, yolcuların ve personelin heliporta kolay ve hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlar. Bu, özellikle acil durumlarda ve ticari uçuşlarda önemli bir avantajdır. Yakınlık, havaalanı erişim maliyetlerini önemli ölçüde etkiler ve havaalanı tercihinde kritik bir rol oynar. Yolcuların, özellikle iş seyahati yapanların, havaalanına erişim sürelerindeki değişkenliğe karşı ödeme istekliliği yüksektir. Bu durum, havaalanına yakın olmanın ve erişim süresinin kısalığının hem zaman maliyetlerini azaltmada hem de uçuş kaçırma riskini en aza indirmede önemli olduğunu göstermektedir (Koster vd. 2011).

Gürültü: Heliportun yakınında gürültüye duyarlı binalar (hastaneler, okullar) bulunmamalıdır. Gürültü seviyeleri minimize edilmelidir (Heliport Manuel Doc 9261 2021)

Çevresel Etki Değerlendirmesi: Heliportun çevreye olan etkileri değerlendirilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır (Doc 9184 2023).

Annex 14 ve Doc 9261’de belirttiği üzere heliport seçiminde dikkate alınması gereken teknik kriterler şunlardır:

Boyutlar: Heliportun son yaklaşma ve kalkış alanı (FATO), kullanılacak helikopterlerin en büyük boyutuna uygun olmalıdır.

Yüzey: FATO yüzeyi sağlam ve düz olmalı, herhangi bir engel teşkil etmemelidir.

Eğim: FATO yüzeyi, yağmur suyunun birikmesini önleyecek şekilde eğimli olmalıdır.

Helikopter Operasyonları İçin İdeal Heliport Özellikleri;

Doğru Konum: Helikopter operasyonlarının güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için heliportun doğru konumda yer alması gerekmektedir. Şehir içi ve dışında farklı kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Heliport Protection Zone (HPZ) konusu, helikopter iniş-kalkış alanlarında (heliport) insanları ve mülkleri korumak amacıyla oluşturulan bir güvenlik bölgesini ifade eder. AC 150/5390-2D- Heliport

Design (FAA 2023) yönetmeliğine göre, her bir yaklaşma/kalkış yüzeyi için bir HPZ'nin oluşturulması tavsiye edilmektedir. Bu güvenlik bölgesi, özellikle şehir içi alanlarda helikopter iniş kalkış operasyonlarının çevredeki insanlar ve yapılar üzerindeki potansiyel risklerini en aza indirmek için tasarlanmıştır. Özellikle yoğun nüfusun bulunduğu yerlerde (örneğin okullar, hastaneler, ofis binaları, kiliseler ve alışveriş merkezleri gibi) HPZ içinde bu tür yerleşimlerin bulunmaması önerilir. FAA, HPZ içinde konutlar ve halka açık toplanma yerlerinin yer almasını tavsiye etmez. HPZ'nin amacı hem insanların güvenliğini artırmak hem de olası kazaların yol açacağı zararı en aza indirmektir.

Güvenilirlik ve Verimlilik: Helikopterin hızlı ve güvenli bir şekilde iniş ve kalkış yapabilmesi için heliportun tüm teknik ve güvenlik standartlarını karşılaması gerekmektedir.

Esneklik: Heliport, farklı tipteki helikopterlerin iniş ve kalkış yapabileceği esneklikte olmalıdır. Değişik yönlerden iniş ve kalkış istikametleri ile rüzgar içi operasyonlara imkan sağlayacak alternatif planlara sahip olmalıdır.

Heliport planlama ve tasarım süreci, çeşitli uzmanlık alanlarını bir araya getiren multidisipliner bir yaklaşımla yürütülmelidir. Mühendisler, şehir plancıları, çevre uzmanları ve havacılık profesyonelleri bu sürecin ayrılmaz parçalarıdır.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi verilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi için kullanılan sistemleri ifade eder. CBS, harita tabanlı veri yönetimi, analiz ve modelleme yaparak coğrafi fenomenler hakkında daha derin bilgi sağlayan güçlü bir araçtır. CBS'nin temel amacı, farklı veri kümelerini birleştirip analiz ederek, özellikle mekânsal ilişkileri ortaya çıkarmaktır. CBS'nin kullanım alanları oldukça geniştir ve sağlık, arkeoloji, çevre bilimleri gibi birçok disiplinde önemli bir rol oynamaktadır (Schuurman 2004).

Longley (2011) vd. CBS'ni şu şekilde tanımlamışlardır; Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analizi, yönetimi ve sunumu için kullanılan entegre bir bilgisayar yazılım ve donanım sistemidir.

CBS, mekansal verileri toplama, saklama, geri çağırma, manipülasyon ve analiz etme işlemlerini yerine getiren ve kullanıcıların bu veriler üzerinde bilgi üretmelerine olanak tanıyan bir bilgi sistemidir (Burrough ve McDonnell 1998).

CBS'nin akıllı şehirlerin planlanmasındaki rolü incelenmiştir. Akıllı şehir uygulamaları için büyük veri ve CBS entegrasyonu, şehirlerin altyapı yönetimini ve hizmet sağlama süreçlerini iyileştirmektedir. Özellikle ulaşım, enerji ve su yönetimi alanlarındaki uygulamalardan bahsedilmektedir. CBS, kentsel alanlarda etkili yönetim ve daha sürdürülebilir çözümler sunmaktadır (Batty vd. 2012).

Zhang (2010) vd., CBS ve uzaktan algılamanın tarımsal alan yönetiminde nasıl kullanıldığını ele almıştır. Özellikle, mahsul rotasyonlarının ve toprak yapısının izlenmesi

ve yönetilmesi amacıyla CBS tabanlı analizlerin kullanımı araştırmış ve tarımsal üretkenliğin artırılmasında CBS'nin katkıları incelemişlerdir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin afet yönetimindeki kullanımı, özellikle gönüllü coğrafi bilgi (Volunteered Geographic Information-VGI) toplama süreçleriyle ilişkilendirildiğindeki etkinliğinin artabilir. CBS, acil durum yönetiminin tüm aşamalarında (hazırlık, müdahale, toparlanma ve hafifletme) önemli bir rol oynamaktadır. VGI'nın bu bağlamdaki en büyük faydalarından biri, amatör vatandaşlar tarafından üretilen coğrafi verilerin hızla toplanabilmesi ve paylaşılabilmesidir. Örneğin, 2007-2009 yılları arasında Santa Barbara'da çıkan yangınlar sırasında, gönüllüler hızlı bir şekilde CBS tabanlı haritalar ve raporlar oluşturmuş, bu da resmi kaynakların daha yavaş bilgi paylaşımına kıyasla hızlı ve zamanında müdahaleye olanak sağlamıştır. CBS'nin acil durum yönetiminde gönüllü coğrafi bilgi ile kullanımı, hızlı veri akışı ve geniş kapsama alanı gibi önemli avantajlar sağlar (Goodchild & Glennon 2010).

Clark vd. (2001) brook alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) ve gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) birey temelli bir modelini, güney Appalachian bölgesindeki dere popülasyonları üzerinde iklim değişikliğinin etkilerini tahmin etmek amacıyla bir CBS veri tabanı ile birleştirmişlerdir. İklim değişikliği etkilerinin sadece sıcaklık artışlarına dayalı tahminlerle sınırlı kalmaması gerektiği sonucuna varmışlardır. Akış rejimlerindeki değişiklikler ve diğer çevresel stres faktörleri de göz önünde bulundurulması gerektirdiğini belirtmişlerdir. CBS tabanlı analizlerin alabalık gibi türlerin iklim değişikliğine karşı nasıl tepki verdiğini anlamada kritik bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır.

Bu örnekler, CBS'nin farklı alanlarda nasıl bütünleşmiş bir şekilde kullanıldığını ve katkı sağladığını gösteren çalışmaların bazılarıdır. CBS bu uygulamaların desteklenmesi, her bir alanın derinlemesine analiz edilmesini sağlamaktadır.

2.2.1. Veri

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde veri, coğrafi konumları tanımlayan ve bu konumlarla ilgili öznitelik bilgilerini içeren bilgilerin toplanması ve yönetilmesidir. Bu veriler genellikle koordinatlar, harita katmanları ve öznitelik tabloları şeklinde organize edilir (Goodchild 1992). CBS verisi, mekânsal ve öznitelik bileşenlerinden oluşan, bir konuma bağlı olarak düzenlenmiş bilgi setleridir. Mekânsal bileşenler, harita koordinatlarını içerirken, öznitelik bileşenleri ise bu konumla ilgili açıklayıcı bilgiler sağlar (Longley vd. 2005). Farklı alanlardaki çok çeşitli uygulamalar için çok önemli olan jeo-uzamsal verilerin toplanması, yönetimi, analizi, modellenmesi ve sunumu için tasarlanmış sofistike bir bilgisayar tabanlı teknolojidir (Choi 2020). CBS'nin temel bir bileşeni olan jeo-uzamsal veriler, mekânsal özelliklerin hem konumunu hem de özelliklerini tanımlar ve vektör veya raster biçiminde temsil edilebilir (Chang 2019). Sistem donanım, yazılım, veriler, insanlar ve organizasyon yapılarından oluşur ve kaynak yönetimi, acil durum planlaması, suç analizi, halk sağlığı ve hassas tarım gibi çeşitli alanlarda vazgeçilmez bir araç haline getirir (Chang 2019). Bu dönüşüm, CBS'nin veri kontrollerini birleştirme, koordine etme ve gerçekleştirme yeteneği ile kolaylaştırılır, özellikle çevre sağlığı gibi konum başına sağlık bilgilerini bağlayıp analiz edebileceği alanlarda karar verme için gerekli olan çıktılar üretir (Chaniago ve Taki 2022). CBS'nin evrimi, kişisel

bilgisayarların ve grafik kullanıcı arayüzlerinin ortaya çıkmasından önemli ölçüde etkilenmiştir ve 1980'lerden beri yaygın olarak benimsenmesine yol açmıştır (Chang 2019). Ayrıca, masaüstü CBS'nin web ve mobil teknolojilerle entegrasyonu, konum tabanlı hizmetlerin, işbirlikçi web haritalamanın ve gönüllü coğrafi bilgilerin gelişimini teşvik ederek faydasını ve erişilebilirliğini artırmıştır (Chang 2019). Özünde CBS, coğrafi verileri eyleme geçirilebilir hale dönüştürmek için güçlü bir araç görevi görür ve mekansal analiz ve jeo-uzamsal veri yönetimi gerektiren sayısız uygulamayı destekler (Mokarram 2022).

2.2.2. Donanım

Bir Coğrafi Bilgi Sistemi donanım sistemi, işlevselliği ve performansı için gerekli olan birkaç temel bileşenden oluşur. Birincil donanım bileşenleri, jeo-uzamsal verilerin verimli bir şekilde işlenmesi ve yönetilmesi için çok önemli olan merkezi işlem birimleri ve çevresel aygıtları içerir (Ramirez 2008). Bir CBS donanım sisteminin performansı ve kapasitesi, kelime uzunluğu, ana bellek boyutu, işlem hızı, harici depolama boyutu ve harici ve ana bellekler arasındaki veri aktarım hızı gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilenir (Lee & Zhang 1989). Bu unsurlar, sistemin büyük hacimli verileri işleme ve karmaşık uzamsal analizler gerçekleştirme yeteneğini belirler. Yüksek çözünürlüklü bilimsel görselleştirme yetenekleri ve büyük kapasiteli elektronik depolama cihazları da bir CBS'nin ayrılmaz bir parçasıdır ve büyük miktarlarda coğrafi referanslı verilerin depolanmasını ve alınmasını sağlar (Griffith 2014). Ek olarak, masaüstü CBS, web CBS ve mobil teknolojinin entegrasyonu, sistemin yeteneklerini artıran ve konum tabanlı hizmetlerin ve işbirlikçi web haritalamanın geliştirilmesine yol açan önemli bir trend haline gelmiştir (Chang 2019). Genellikle CBS verilerinin doğasında bulunan karmaşık mekansal ilişkileri yönetmek için veri tabanı yönetim sistemlerinin (DBMS) kullanılmasını gerektirir (Theus 2002). Ayrıca, CBS teknolojisinin gelişimi, mantık programlama ve nesne yönelimli veri tabanları gibi yazılım araçlarının ve tekniklerinin gücünü, güvenilirliğini ve yeniden kullanılabilirliğini geliştirerek CBS'nin geleceğini şekillendirmeye devam eden bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelerle yakından bağlantılıdır (Lee & Zhang 1989).

Geleneksel CBS çözümlerinin yanında Bulut CBS, coğrafi verilerin işlenmesi, saklanması ve paylaşılması süreçlerinde önemli bir yenilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel CBS çözümlerinin aksine, bulut tabanlı CBS, kullanıcıların yüksek donanım maliyetlerine katlanmadan, internet üzerinden büyük ölçekli verileri analiz edebilmelerini sağlar. Bulut teknolojisi sayesinde, coğrafi bilgi sistemleri daha erişilebilir hale gelmekte ve paydaşlar arasında veri paylaşımı kolaylaşmaktadır. Bu alandaki çözümlerin başında ilk akla ESRI, ArcGIS Online ve Google Earth Engine gibi platformlar gelmektedir. Smith vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, bulut CBS'nin mekânsal analiz süreçlerinde sağladığı faydalar incelenmiş ve özellikle veri yönetimi süreçlerindeki hızlanma ve maliyet tasarruflarına dikkat çekilmiştir. Ayrıca, Jones ve Thompson (2020) tarafından yayımlanan bir çalışmada, bulut CBS'nin veri paylaşımı ve entegrasyonu süreçlerini nasıl kolaylaştırdığı vurgulanmaktadır.

CBS donanımı, coğrafi bilgi sistemlerinin işlevlerini yerine getirmek için gerekli olan fiziksel bileşenleri içerir. Bu bileşenler arasında bilgisayarlar, sunucular, GPS cihazları, tarayıcılar ve diğer veri toplama araçları yer alır (Tomlinson 2007). Genel

olarak, bir CBS'nin donanım bileşenleri, uzamsal olarak referans verilen bilgilerin yakalanmasını, yönetimini, manipülasyonunu, analizini ve görüntülenmesini desteklemek için tasarlanmıştır ve bu da onları çeşitli mekansal problemleri çözmek için vazgeçilmez hale getirir.

2.2.3. Yazılım

Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı, anketler, haritalar, uydu verileri ve GPS gibi çeşitli kaynaklardan türetilen mekansal ve uzamsal olmayan özellik verilerinin yakalanması, depolanması, alınması, analizi ve görüntülenmesi için tasarlanmış gelişmiş bir bilgisayar destekli sistemdir (Reddy 2018). CBS yazılımı, uzamsal olarak referans verilen verileri yönetmek için donanım, yazılım, veri, kişi ve yöntemleri entegre ederek, işleme, analiz ve görselleştirme için heterojen jeo-uzamsal verilerin entegrasyonunu sağlar (Shi vd. 2013; Chang 2019).

Modern mekansal analizde CBS'nin kapsamı, etkili veri üretimi, yönetimi ve görüntüleme için gerekli olan veri toplama, depolama, bakım, işleme, analiz ve çıktıyı kapsayan genişler (Reddy 2018; Sachdeva vd. 2018). Masaüstü CBS, web CBS ve mobil teknolojinin entegrasyonu, konum tabanlı hizmetlerin, işbirlikçi web haritalama ve gönüllü coğrafi bilgilerin geliştirilmesine yol açarak kapsamını daha da genişletmiştir (Chang 2019). CBS teknolojisi, gerçek zamanlı ortamlarda kullanılan modeller oluşturmak için coğrafi konumlandırma uyduları ve uzaktan algılama bilgilerini kullanarak çeşitli haritaların ve bilgi mühendisliğinin kombinasyonunu kolaylaştırır (Sachdeva vd. 2018). Modern CBS tarafından sağlanan kesintisiz bilgi işlem ortamı, mekansal analizin her aşamasını destekleyerek, değişkenlerin uzay boyunca önemli ölçüde değiştiği sistemlere nicel yapıların uygulanmasına izin verir (Longley ve Goodchild 1999). Bu yetenek, alanda derin değişikliklere yol açtı, mekansal analiz ve modellemenin verimliliğini artırdı ve CBS'ni çeşitli uygulamalarda yer, durum, eğilimler, desenler ve modelleme ile ilgili soruları ele almak için önemli bir araç haline getirdi (Reddy 2018; Longley ve Goodchild 1999).

2.2.4. Kullanıcı

CBS kullanıcıları, coğrafi bilgi sistemlerinin işlevlerini yerine getiren ve verileri analiz eden bireyler veya kuruluşlardır. Bu kullanıcılar, mekânsal veri toplama, işleme ve analiz etme yeteneklerine sahip olmalıdır. Bu noktada CBS'nin en kritik bileşeni haline gelmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarının kullanılabilirliği ve kullanıcı deneyimi, özellikle mekansal verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülmesi sürecinde kritik öneme sahiptir. CBS uygulamalarının öğrenilebilirliği, kullanıcının coğrafi verilerle etkileşim kurarak uygulamayı etkin bir şekilde kullanabilmesiyle doğrudan ilişkilidir (Lew vd. 2024).

CBS sistemleri ile etkileşim, kullanıcı deneyimi ve verimlilik açısından önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle etkileşimli haritalar, kullanıcıların mekansal bileşenlerle daha etkili bir şekilde çalışmasını sağlamakta ve uzun vadede öğrenme sürecini hızlandırarak hata oranlarını azaltmaktadır. Bu bağlamda yapılan bir çalışmada, form

tabanlı sistemlerin ilk kullanımda daha hızlı sonuç verdiği ancak harita tabanlı sistemlerin kullanıcının uzun vadede daha iyi bir deneyim yaşamasını sağladığı belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçları, etkileşimli haritaların hem pragmatik hem de hedonik özellikler açısından üstün olduğunu göstermektedir (Degbello vd. 2019).

2.3. Çok Kriterli Karar Verme Analizi

Çok Kriterli Karar Verme Analiz yöntemi, birden fazla kriterin değerlendirilmesi gereken karar alma süreçlerinde kullanılan bir tekniktir. ÇKKVA, karar vericilere çeşitli alternatiflerin belirlenen kriterlere göre karşılaştırılmasını sağlar ve en uygun kararı vermelerine yardımcı olur. Bu yöntem, karmaşık ve çok boyutlu karar problemlerinde etkili çözümler sunar. ÇKKVA, birden fazla karar kriterinin değerlendirilmesi gereken durumlarda, alternatiflerin sistematik ve analitik bir şekilde değerlendirilmesi için kullanılan yöntemlerin genel adıdır. ÇKKV, karar vericilerin çeşitli faktörleri dikkate alarak en iyi kararı vermelerine olanak tanır (Saaty 2008). Belto ve Stewart (2002) ÇKKVA, birden fazla hedefin ve kısıtın bulunduğu karar verme problemlerinde, alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması için kullanılan bir dizi yöntem ve teknikten oluştuğunu belirtmiştir. Bu yöntemler, karar vericilere, farklı kriterler arasında dengeli bir çözüm bulma imkanı sağlamaktadır.

Havacılık sektöründe ÇKKVA, operatörlerin karmaşık yük sistemlerini yönetmek, daha iyi karar verme kalitesi sağlamak ve düşük stres seviyelerini sağlamak için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP) gibi çerçeveler ve İdeal Çözüme Benzerlik ile Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) kullanılarak uygulanır (Alharasees ve Kale 2024). İnşaat, özellikle ahşap konstrüksiyonlarda, ÇKKVA, çevresel ve yapısal kriterleri dikkate alarak farklı bina yöntemlerinin karşılaştırılmasına yardımcı olur, alternatifleri sıralamak için fayda analizi kullanılır ve sağlam karar verme sağlayan duyarlılık analizleri (Theilig vd. 2024). Sağlık hizmetlerinde, ÇKKVA, etik, örgütsel ve çevresel hususlar gibi çeşitli temel olmayan alanları Sağlık Teknolojisi Değerlendirmelerine dahil etmek için kullanılır, böylece çoklu kriterleri sistematik olarak değerlendirilerek karar verme kalitesini artırır (Bayón-Yusta vd. 2024).

Genel olarak ÇKKVA, çeşitli alanlarda karar verme için yapılandırılmış bir çerçeve sağlar ve çok çeşitli faktörleri ve paydaş bakış açılarını dikkate alan kapsamlı değerlendirmelere izin verir.

Çizelge 2.1. AHP yönteminde kriterlerin önem derecesi ve tanımları (Saaty 2008).

ÖNEM DERECEŚİ	TANIM
1	Kriterler eşit derecede önemli
2	1 ve 3 arasında karar verilemediği durumlarda kullanılan ara değerdir
3	İlk kriter diğerine göre biraz fazla önemli

Çizelge 2.1.'in devamı

4	3 ile 5 arasında karar verilemediği durumlarda kullanılan ara değerdir
5	İlk kriter diğerine göre fazla önemli
6	5 ile 7 arasında karar verilemediği durumlarda kullanılan ara değerdir
7	İlk kriter diğerine göre çok fazla önemli
8	7 ile 9 arasında karar verilemediği durumlarda kullanılan ara değerdir
9	İlk kriter diğer kriterden aşırı derecede önemli Karşılaştırma

Öncelikler yalnızca tutarlı veya yakın sonuçlardan türetildiğinde anlamlı olur. Tutarlı matrisler için bir tutarlılık kontrolü uygulanmalıdır (Saaty 1977).

$$\text{Tutarlılık Ölçüsü (CI)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.1)$$

Burada “n” matrisin boyutudur; “ $\lambda_{\max}$ ” değeri her bir kriter için sütun değerleri toplamı ile ağırlığın çarpılarak birbiri ile toplanmasıyla elde edilen değerdir.

Tutarlılık oranı, hesaplanan CI ve Rasgele tutarlılık indeksi (RI) oranı Çizelge 2.2’de gösterilen değerlerden yararlanılarak hesaplanır (Saaty 1987).

Çizelge 2.2 Rasgele tutarlılık indeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	...
RI	0	0	0,58	0,90	1,2	1,24	1,32	1,41	...

Burada RI rastgele doldurulmuş 500 matrisin ortalama CI'sıdır.

$$\text{Tutarlılık oranı (CR)} = \frac{CI}{RI} \quad (2.2)$$

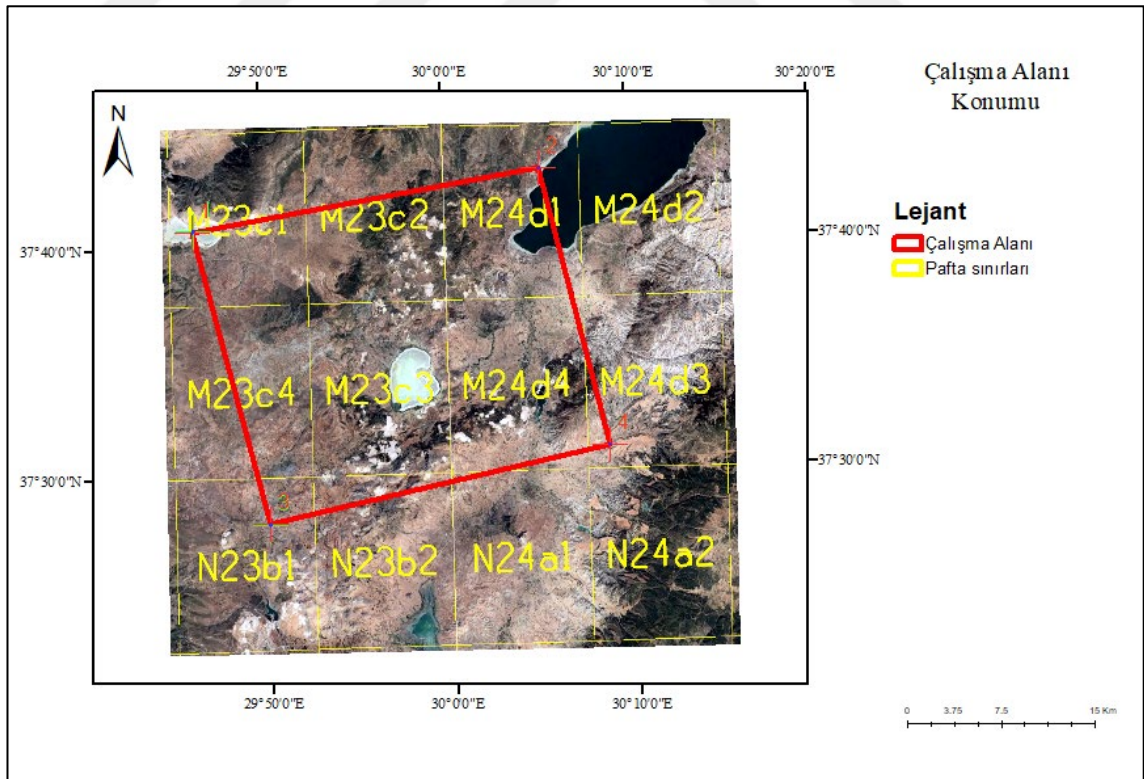
CR %10'dan az ise matrisin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu düşünülebilir. Elde edilen değer bu eşiğin üzerinde olduğunda, sayısal işlemler ve kriterlerin öncelik sıralamaları yeniden gözden geçirilmeli ve doğrulanmalıdır.

3. MATERYAL VE METOT

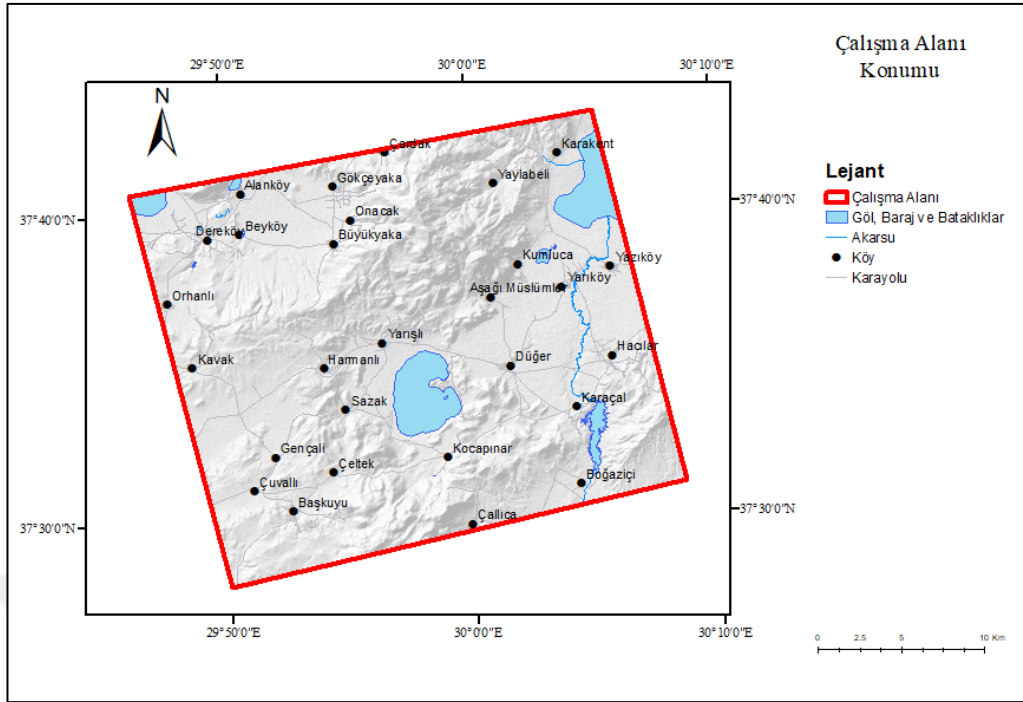
3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Burdur il sınırları içerisinde bulunan çalışma alanı, farklı coğrafi özelliklere sahip bir bölgedir. Bu alan, 1/25.000'lik M23-c1, M23-c2, M24-d1, M23-c4, M23-c3, M24-d4, M24-d3, N23-b1, N23-b2, N24-a1, N24-a2 paftalarının kesişiminde, 35SQB4429573819, 36STG4321578539, 35SQB5055950329, 36STG4757956015 arasında kalmaktadır. Çevresi yaklaşık 104 km ve yüz ölçümü 66.354 hektardır. Çalışma alanı içerisinde 28 adet köy merkezi bulunmaktadır. Burdur Gölü'nün güneybatısındaki bu alan, zengin ve çeşitli coğrafi özelliklere sahiptir. Göletler, ormanlık alanlar, tarım arazileri, tuzlu bataklıklar, çalılıklar gibi doğal bitki örtüsünün yanı sıra taşocakları, mezarlıklar, yerleşim alanları, enerji nakil hatları gibi yapay engelleri de içermektedir. Bölgedeki farklı topografik ve ekolojik özellikler, yerel halkın tarım ve hayvancılık faaliyetlerinde geniş bir yelpazede çalışma imkanına sahiptir. Ayrıca açık kaynak verisinin temin edildiği tarihte bu bölgeye ait verinin mevcut olduğu bu sınırlı alan ile karmaşık hesaplamaların doğruluk analizi için uygun olacağı değerlendirilmiştir. Şekil 3.1.'de çalışma alanının konumu görülmektedir.

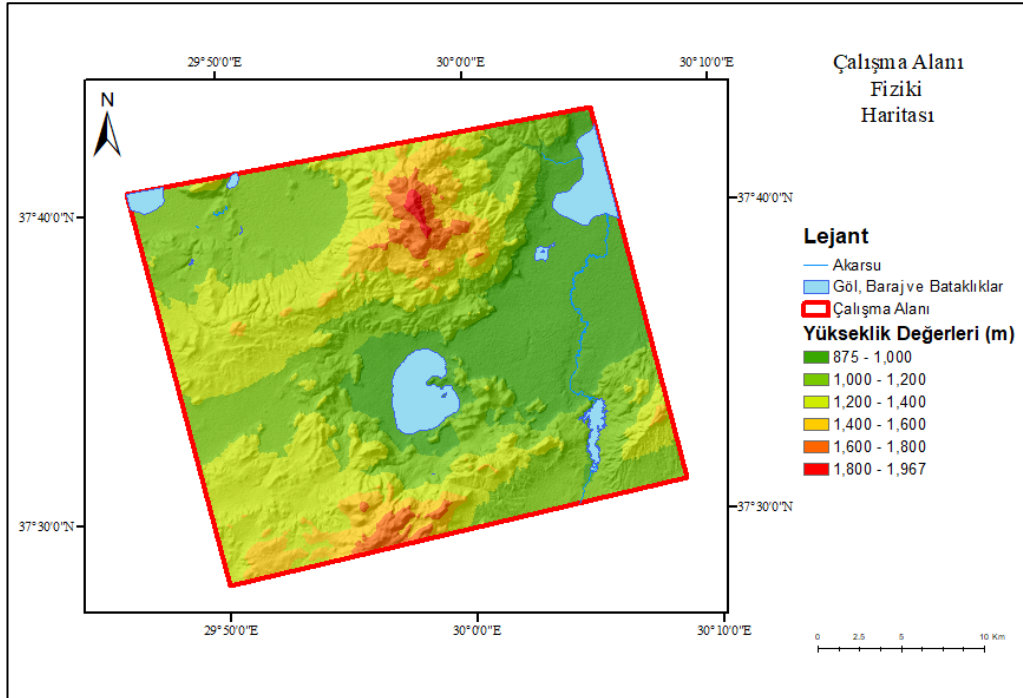


Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu (Google Earth 2024)



Şekil 3.2. Çalışma alanı konumu (OSM 2022)

Çalışma alanı Şekil 3.3'te görüldüğü üzere minimum 875 metre maksimum 1967 metre olan bir rakım aralığında; kuzey ve güney kısımları dağlık, doğusu eğimsiz bir topoğrafyaya sahiptir.



Şekil 3.3. Çalışma alanı fiziki haritası (JAXA 2022).

3.1.2. Çalışmada kullanılan yazılımlar

Çalışmada, temel haritalama işlemleri için ArcGIS 10.8 yazılımında, ilgili işlem için 3D Analyst Tools, Analysis Tools, Conversion Tools, Data Management Tools ve Spatial Analyst Tools, Editör modülleri kullanılmıştır, AHP uygulaması Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator işlem adımları ile yapılmıştır. Grafik ve veri düzenleme ile çeşitli matematiksel işlemler için MS Excel yazılımı kullanılmıştır.

3.1.3. Çalışmada kullanılan projeksiyon sistemi ve dönüşümler

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde harita projeksiyonu, Dünya'nın üç boyutlu yüzeyini uzamsal analiz ve görselleştirme için gerekli olan iki boyutlu bir haritaya dönüştüren matematiksel bir dönüşümdür (Greco 2018; Elmiro vd. 2017). Bu dönüşüm gereklidir, çünkü şekil, alan, yön ve mesafe gibi uzamsal değişkenleri etkileyen, Dünya'nın kavisli yüzeyini düz bir harita üzerinde temsil etmek imkansızdır (Eldrandaly 2006). Farklı projeksiyonların benzersiz avantajları ve dezavantajları vardır ve projeksiyon seçimi CBS verilerinin doğruluğunu ve faydasını önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin, Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonu Brezilya'da resmi haritalama için yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak bölge sınırlamaları nedeniyle Minas Gerais eyaleti gibi geniş alanlar için uygun değildir (Elmiro vd. 2017). Bu gibi durumlarda, Lambert Konformal Konik gibi alternatif projeksiyonlar, bozulmaları en aza indirmek için daha uygun olabilir (Elmiro vd. 2017). Uygun bir harita projeksiyonunun seçimi, ormancılık veya tarımla ilgili uygulamalarda alan bozulmalarını en aza indirmek gibi çeşitli projeksiyon özelliklerinin ve CBS uygulamasının özel gereksinimlerinin değerlendirilmesini içeren karmaşık bir süreçtir (Eldrandaly 2006; Yıldırım ve Kaya 2008). ArcGIS gibi uzman sistemler ve yazılımlar, farklı seçenekleri ve bunlarla ilişkili bozulmaları karşılaştırarak en uygun projeksiyonu seçmeye yardımcı olacak araçlar sağlar (Eldrandaly 2006; Yıldırım ve Kaya 2008). Örneğin, Güney Amerika'da, silindirik projeksiyonlar açısız ve alan bozulmalarını değerlendirmek için Tissot Indicatrix gibi araçlar kullanılarak uygunlukları açısından analiz edilir ve seçilen projeksiyonun bölgenin karasal yüzeyini en iyi temsil etmesini sağlar (Barbosa vd. 2021). Bu nedenle, doğru harita projeksiyonunu anlamak ve seçmek, mekansal verilerin güvenilirliğini ve coğrafi analizlerin sonuçlarını doğrudan etkilediğinden, etkili CBS analizi ve veri temsili için çok önemlidir. Harita projeksiyonları CBS işlevselliği için gerekli olsa da CBS eğitiminde etkili eğitim stratejilerine duyulan ihtiyaç vurgulayarak acemi kullanıcılar için anlayışı zorlaştırabilir (Greco 2018). Bu karmaşıklık, CBS veri tabanlarının değerini artırmak için projeksiyon seçiminde uzmanlaşmanın önemini altını çizmektedir (Eldrandaly 2006).

Türkiye' de kullanılan yatay datum WGS84'tür. Projeksiyon sistemi olarak veri setleri CGS WGS84 küresel sistemi ve UTM düzlemsel sistemindedir. Bu çalışmada WGS-1984 UTM Zone35N kullanılmıştır.

3.1.4. Çalışmada kullanılan veriler

Çalışma alanına ait; yerleşim alanı, yol, düşey engel, arazi örtüsü ve kullanımı, sayısal yükseklik modeli, nüfus veri setleri kullanılmıştır. Yol verisi OpenStreetMaps'ten, düşey engel verisi Harita Genel Müdürlüğünden, arazi kullanımı verisi

OpenStreetMaps'ten ve yapı alanları/bina verisi GitHub/Woldwide uydu görüntülerinden türetilen bina ayak izi Microsoft Global ML buildings aracılığı ile temin edilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verisine göre köylerin nüfusları veri setine eklenmiştir. Eğim haritaları ALOS PALSAR uydusu 12,5 çözünürlükteki DEM verisi üzerinden elde edilmiştir. Bu noktada amaçlanan veri setlerinin mümkün olduğu kadar açık kaynak veri setleri temin edilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışma alanı veri setleri

Veri seti	Veri Formatı	Kaynak
Yollar	Vektör	(OSM 2022)
Arazi örtüsü ve kullanımı	Vektör	(OSM 2022)
Düşey engeller	Vektör	(HGM 2022)
Sayısal yükseklik modeli (DEM)	Raster	ALOS PALSAR (2022)
Nüfus	Tablo	(TÜİK 2021)
Yapı alanları, binalar	Vektör	(GlobalMLBuildingFootprints)

Çizelge 3.2. Yerleşim yeri nüfus dağılımı (TÜİK 2021)

Yerleşim yeri	Toplam
Merkez/Aşağı Müslümler Köyü	193
Merkez/Boğaziçi Köyü	133
Merkez/Çallıca Köyü	548
Merkez/Düğer Köyü	537
Merkez/Hacılar Köyü	380
Merkez/Karaçal Köyü	241
Merkez/Karakent Köyü	287
Yeşilova/Alanköy Köyü	239
Yeşilova/Başkuyu Köyü	372
Yeşilova/Beyköy Köyü	24
Yeşilova/Büyükyaka Köyü	269
Yeşilova/Çardak Köyü	104
Yeşilova/Çeltekin Köyü	214
Yeşilova/Çuvallı Köyü	264

Çizelge 3.2.'nin devamı

Yeşilova/Dereköy Köyü	324
Yeşilova/Gençali Köyü	208
Yeşilova/Gökçeyaka Köyü	158
Yeşilova/Harmanlı Köyü	411
Yeşilova/Kavak Köyü	208
Merkez/Kocapınar Köyü	280
Merkez/Kumluca Köyü	98
Merkez/Yarıköy Köyü	371
Merkez/Yaylabeli Köyü	176
Merkez/Yazıköy Köyü	572
Yeşilova/Onacak Köyü	54
Yeşilova/Orhanlı Köyü	184
Yeşilova/Sazak Köyü	203
Yeşilova/Yarışlı Köyü	535

3.2. Yöntem

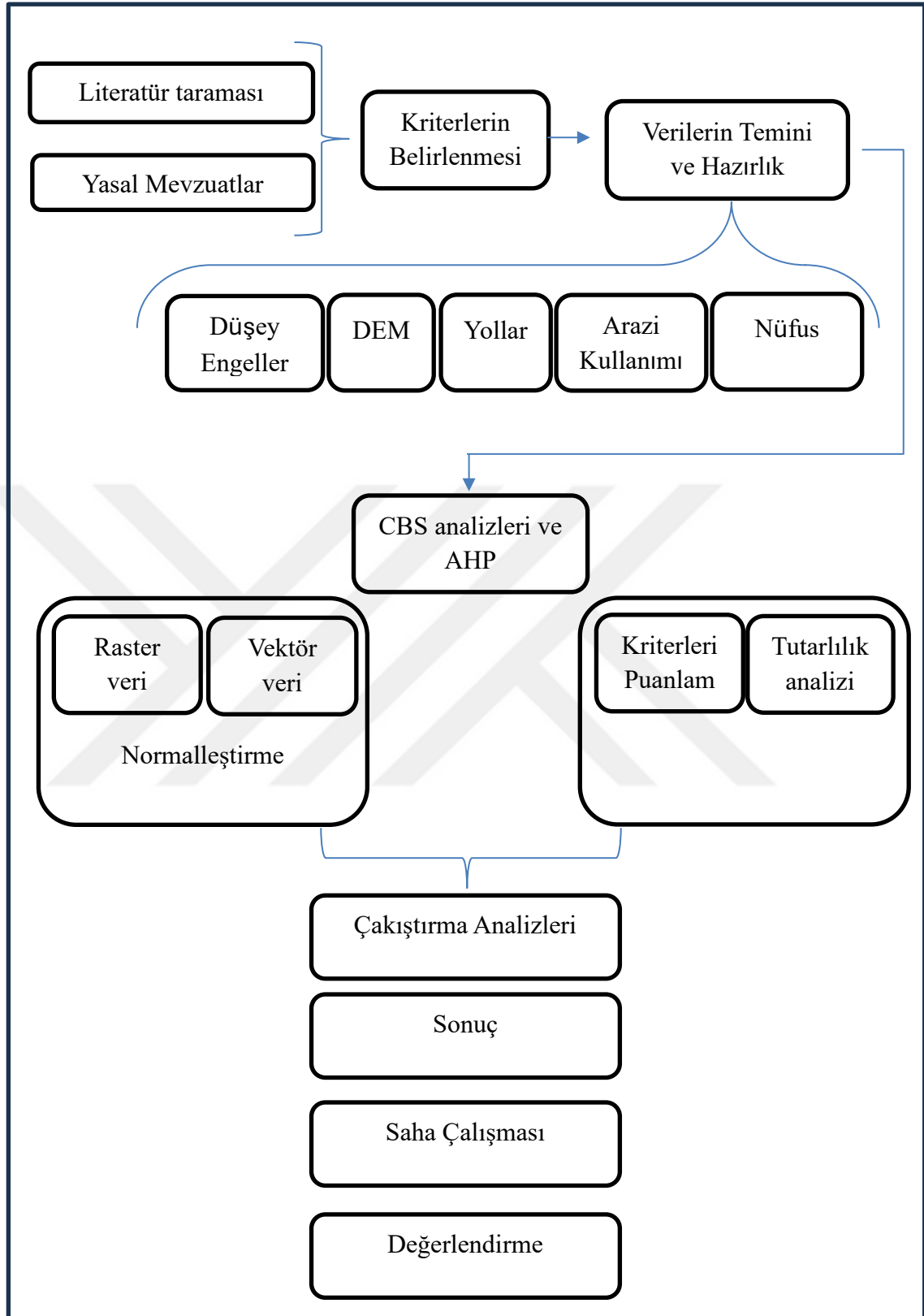
Bu tez çalışmadaki amacımız belirlenen çalışma alanı içerisinde helikopter operasyonların kullanılabilecek uygun heliport alanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. İş akış şeması Şekil 3.3.'te verilmiştir. Heliport alanları için gerekli kriterler literatür ve yasal mevzuat araştırmaları sonucunda çıkarılmıştır. Kriterler çerçevesinde veri setleri temin edildikten sonra kriterler, alt kriterler şeklinde hiyerarşik bir yapıya dönüştürülüp Karşılaştırma Matrisleri oluşturulmuştur. AHP işlem adım sırası olan ağılıkların hesaplanması ve tutarlılık kontrolü adımlarından sonra çalışma haritalandırılmıştır.

3.3.Ön İşlemeler

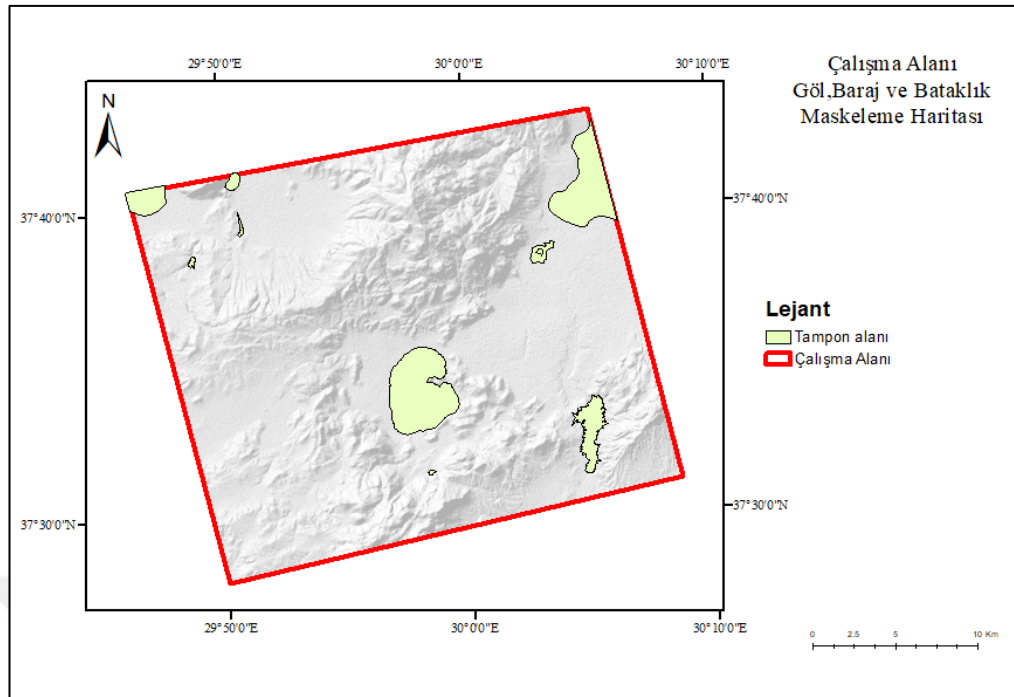
Uygulamada kullanılacak tüm veri setleri, ortak bir koordinat sistemi içinde tanımlanmıştır. ArcGIS 10.8 yazılımında "Data Management Tools > Projections and Transformations > Define Projection" aracı kullanılarak WGS-1984 UTM Zone 35 sistemine dönüştürülmüştür.

3.2.2. Maskeleme işlemleri

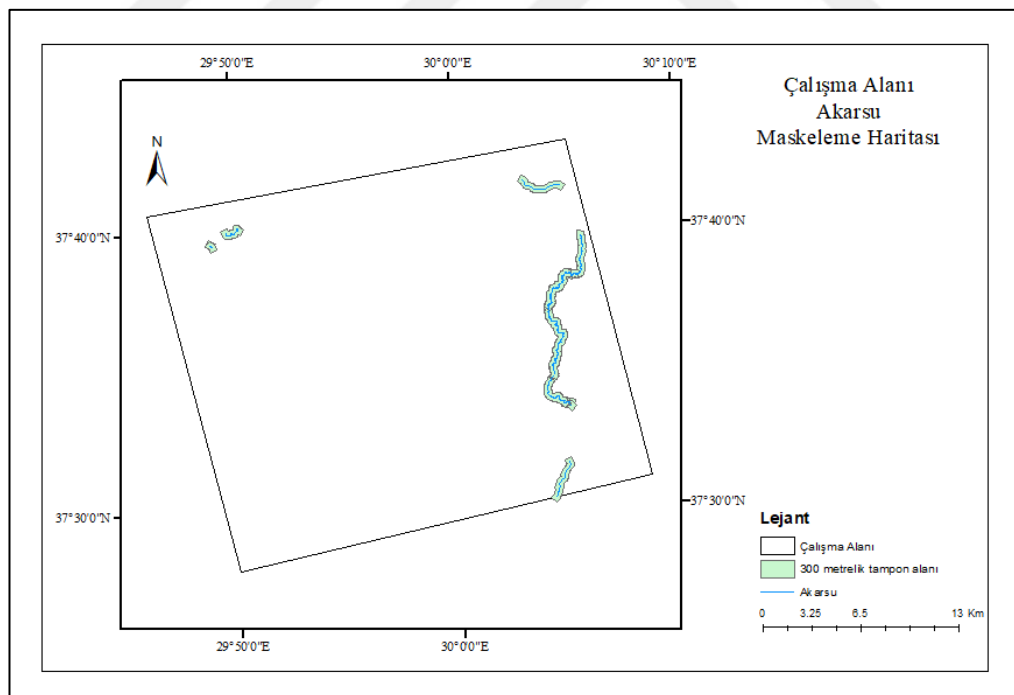
Kriterler çerçevesinde göl, akarsu gibi doğal engellerin yanı sıra yapay engellerinde inişe elverişsiz alanlar olduğu varsayılmıştır. Ayrıca literatür taraması çerçevesinde bu engellerden hepsinden farklı uzaklıklarda tampon uygulaması yapılmıştır. Bu hatalı sonuçları engelleyecektir. Bu maksatla her veri seti kendi kriterleri çerçevesinde değerlendirilip çalışma alanında sırayla maskeleme işlemine tabi tutulmuştur. Tüm maskeleme işlemleri sonrası kalan değerlendirme alanı Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. İş Akış Şeması



Şekil 3.6. Göl, baraj ve bataklıklar maskeleme haritası (OSM 2022)

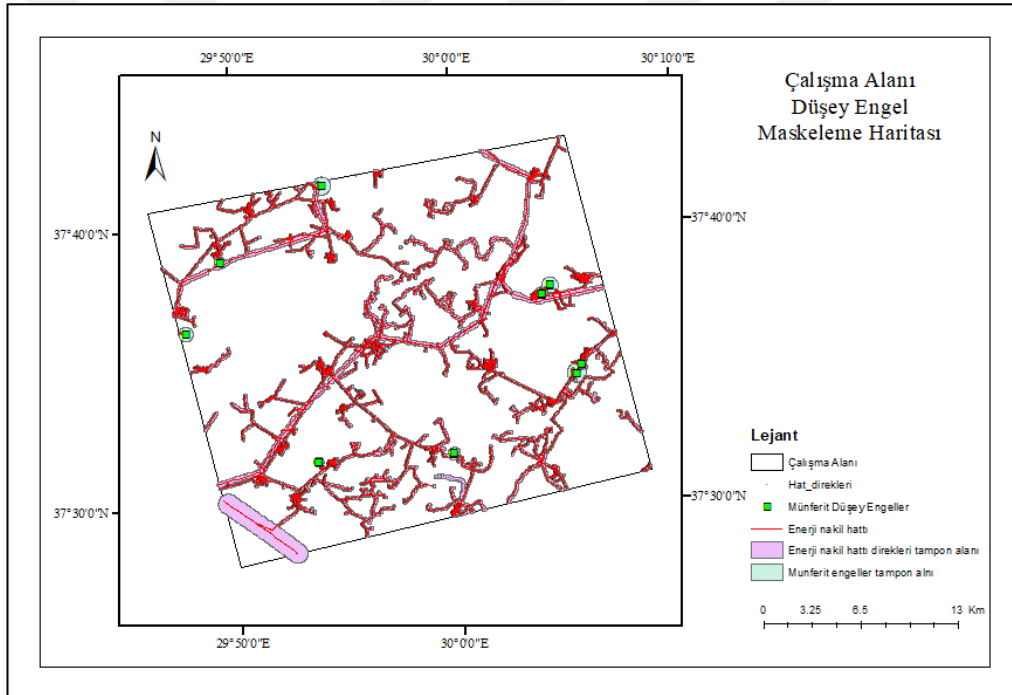


Şekil 3.7. Akarsu maskeleme haritası (OSM 2022)

3.2.2.3. Düşey engel maskeleme uygulaması

Çalışma alanına ait düşey engel verileri heliport seçimi için oldukça değerlidir. Kalkış veya iniş profilindeki bir hava aracının bu engellere çarpmaması için konum bilgisinin tam doğruluklu biliniyor olması gerekir. Bu engellerin uçuş esnasında mürettebat tarafından tespit edilebilmeleri için çeşitli aydınlatma ve ikaz küreleri ile donatılsa da bu engellerden yeterli uzaklık heliport seçimi yapmak gerekir. Bu kapsamda münferit engeller ve enerji nakil hattı direklerinin yüksekliklerine göre belirlenen bir tampon bölge uygulaması yapılmıştır.

Helikopterlerin emniyetli bir şekilde alçalma veya yükselme açısı, genellikle operasyonel gereksinimlere ve helikopterin performans özelliklerine bağlıdır. “*Safe Heliports Through Design and Planning*” (FAA 1994) yayımlarına göre iniş bölgesine yaklaşma ve kalkış esnasında engelleri aşma mesafesi için en az 8:1 oranı sağlayacak bir mesafede olması gerektiği belirtilmektedir. Bu referans alınarak engel yüksekliklerine göre ile tampon alanları oluşturulmuştur.

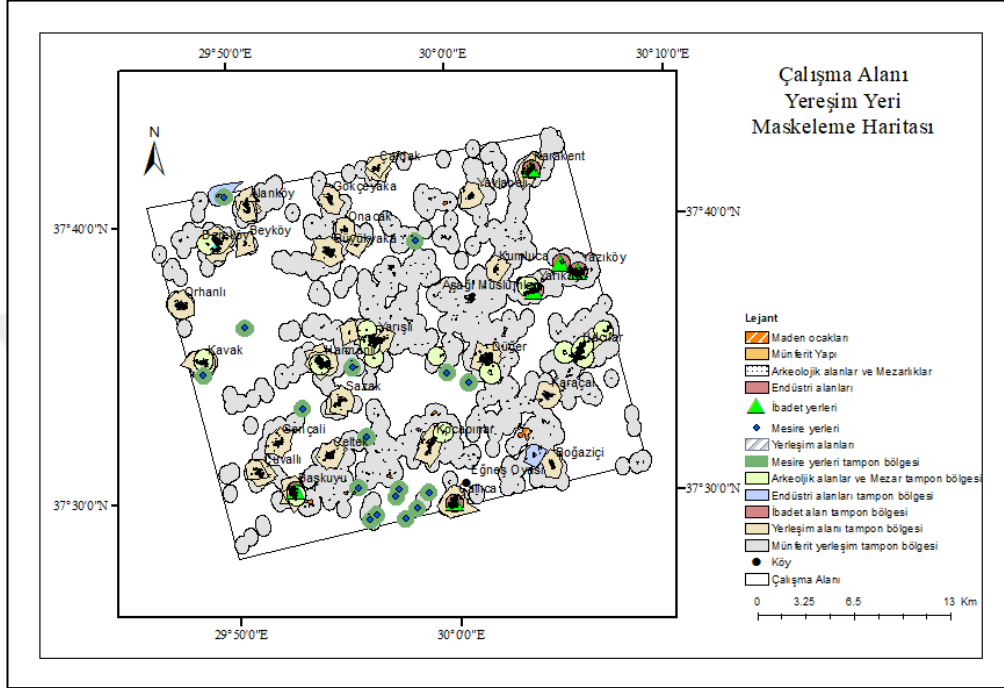


Şekil 3.8. Düşey engel maskeleme uygulaması (HGM 2022)

3.2.2.4. Yerleşim yeri maskeleme uygulaması

Yerleşim alanları için Türk hava sahasında hava kuralları sınırlaması VFR uçuşların meskun mahal üzerinde uçuş hava aracı merkez olmak üzere 600 m’lik bir yarıçap dahilinde en yüksek manianın üzerinde 300 m’den az bir yükseklikte açık havadaki insan toplulukları üzerinde yapılmasını yasaklamıştır. Bu nedenle OSM verisinden maden ocakları, arkeolojik alanlar, mezarlıklar, endüstri alanları, ibadet

yerleri, mesire alanları ve turistik yerler ile Microsoft Global ML buildings üzerinden temin edilen çalışma bölgesine ait uydu görüntülerinden türetilen bina verisi birleştirilerek oluşturulan veriye 600 metrelik bir tampon alan uygulaması yapılmıştır. Böylece bu tampon alan içerisinde bir heliport alanı seçilemeyecek ve özellikle uçuşun en kritik safhalarından olan iniş kalkış süresince meskun mahaller üzerinde 300 metreden alçak uçuş gerçekleşmesinin önüne geçilecektir.



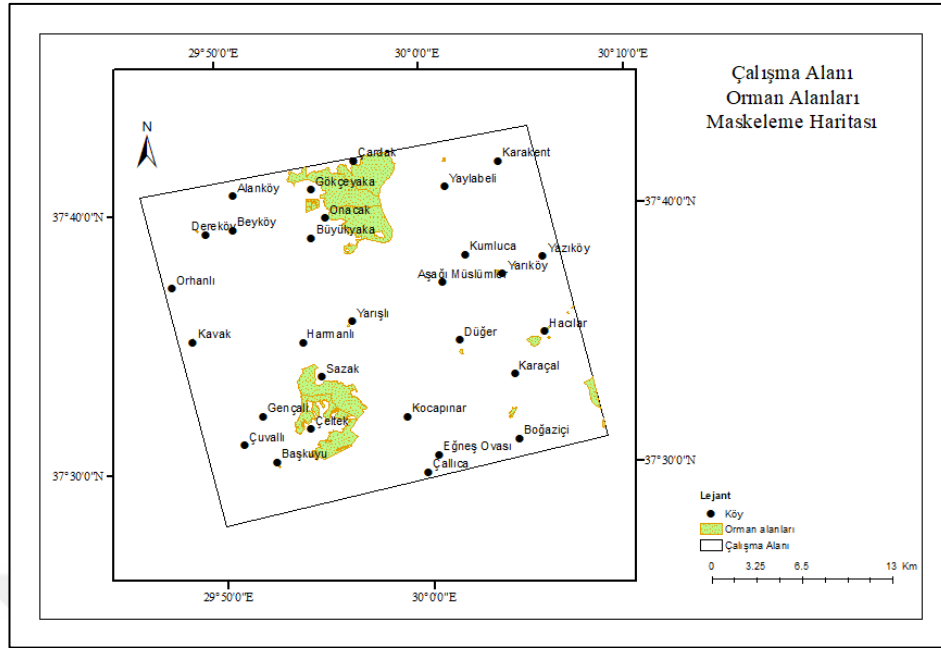
Şekil 3.9. Yerleşim yeri maskeleme haritası (OSM 2022)

3.2.2.5. Orman alanları maskeleme uygulaması

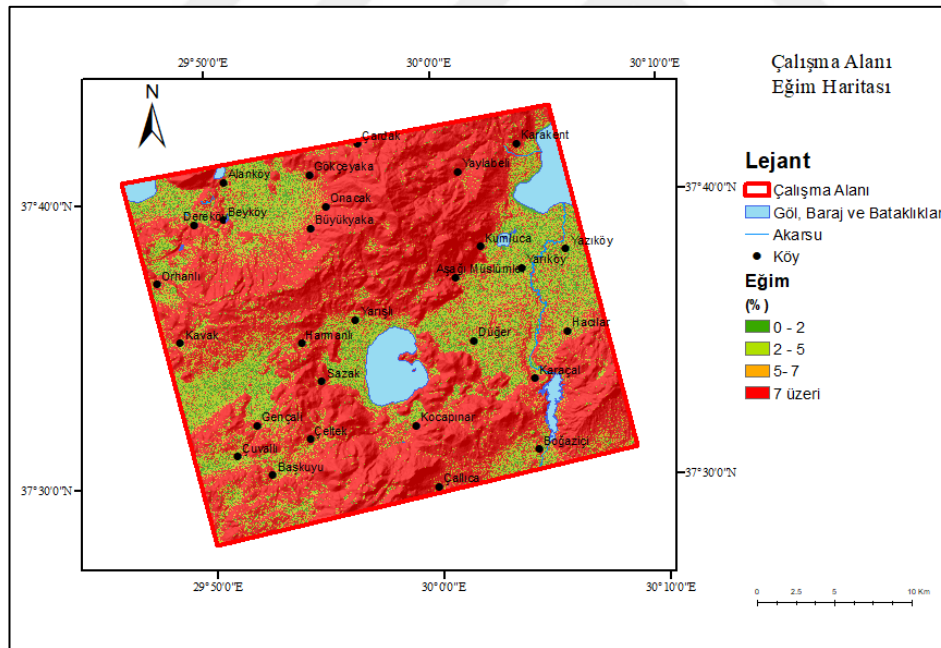
Uygun heliport alanlarının seçiminde orman arazi olarak tanımlanan tüm bölgeler değerlendirme dışında tutulmuştur. Bu maksatla bu katman olduğu şekilde maskeleme işlemine dahil edilmiştir.

3.2.3.6. Yüksek Eğimli Alanların Maskelenmesi

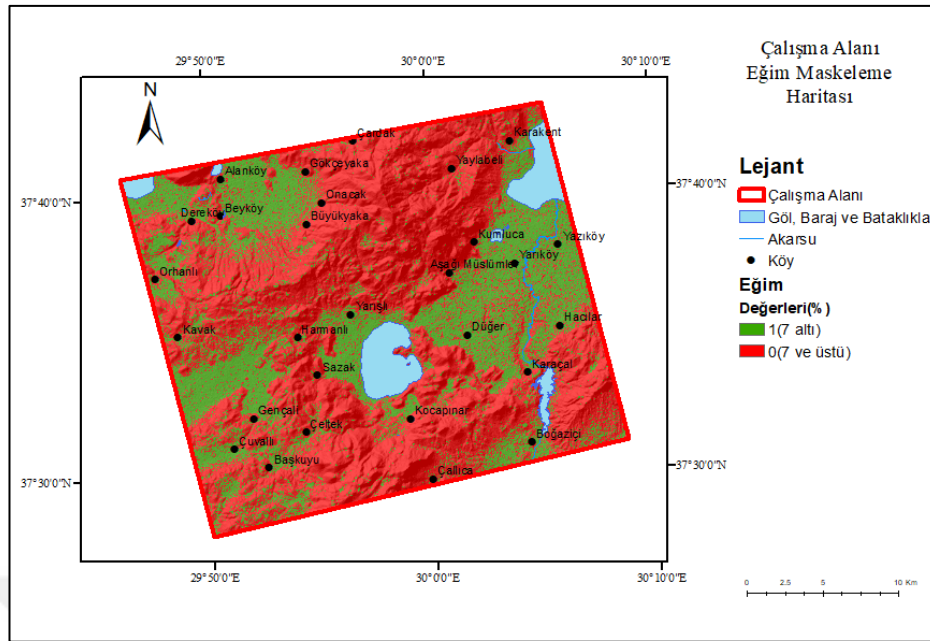
ICAO yayınları ve NATO Stanag 2999'a göre iniş alanlarının eğim değerleri çerçevesinde DEM verisinden yüzde cinsinden Eğim Haritası üretilmiştir (Şekil 3.12). Bu Eğim Haritası ile uygun olmayan alanların hesaplara dahil edilmemesi için maskeleme işleminde kullanılmak üzere tekrar sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 3.13'te Yüzde 7 ve üzeri eğime sahip alanlar 0 değeri, yüzde 7 altındaki alanlar 1 değeri ile istenen kriterler çerçevesinde gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Orman alanları maskeleme haritası (OSM 2022)



Şekil 3.11. Yüzde cinsinden eğim haritası



Şekil 3.12. Eğim maskeleme haritası

Tüm maskeleme işlemi için seçilen kriterlerin ardından AHP'ne dahil edilecek yaklaşık alan 1932,11 hektar olup toplam çalışma alanının yüzde 2,91'lik kısmını kapsamaktadır.

3.2.3. Kriterlerin belirlenmesi ve haritalandırılması

Bu çalışmada, uygun heliport alanlarının seçilmesi amacıyla yapılan literatür taramaları sonucunda eğim, boyut, yollara yakınlık, elektrik hatlarına yakınlık, nüfus yoğunluğuna yakınlık ve arazi kullanım veri setleri ölçüt olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Kriterler çizelgesi

Kriterler	Referanslar
Eğim	ICAO Annex 14 NATO Stanag 2999
Boyutlar	ICAO Annex 14 NATO Stanag 2999
Yollara yakınlık	Ashford (2014)
Elektrik hatlarına yakınlık	Ashford (2014), ICAO Doc 9261
Nüfus yoğunluğuna yakınlık	ICAO Doc 9261
Arazi kullanımı	ICAO Doc 9261

3.2.3.1. Vektör veri tiplerinin raster veri tiplerine dönüştürülmesi

Çalışma alanına ait yol, enerji nakil hattı, alan ve nüfus veri setlerine ilişkin bilgiler vektörel formatta bulunmaktadır. Bu veri setleri raster veri formatına dönüştürülmüş ve böylece tüm kriterlerin aynı veri tipi içinde analiz edilmeye uygun hale getirilmiştir. Bu maksatla Spatial Analyst Tools > Distance > Euclidean Distance aracı ile yakınlık haritası üretilmiştir. Bu haritada raster değerleri yakından uzağa doğru büyüyerek ifade edildiği için bunun tersine çevrilmesi amacı ile "Spatial Analyst Tools" > "Map Algebra" > "Raster Calculator"

$$\text{Inverted Distance} = \frac{1}{(\text{Euclidean Distance Raster} + 1)} \quad (3.1)$$

formülü ile tersine çevrilmiştir. Ayrıca tüm raster veri setlerini 0 ile 1 değer aralığında olacak şekilde hesaplamalarda kullanmak için her biri için ayrı ayrı Spatial Analyst Tools > Raster Calculator aracını kullanarak

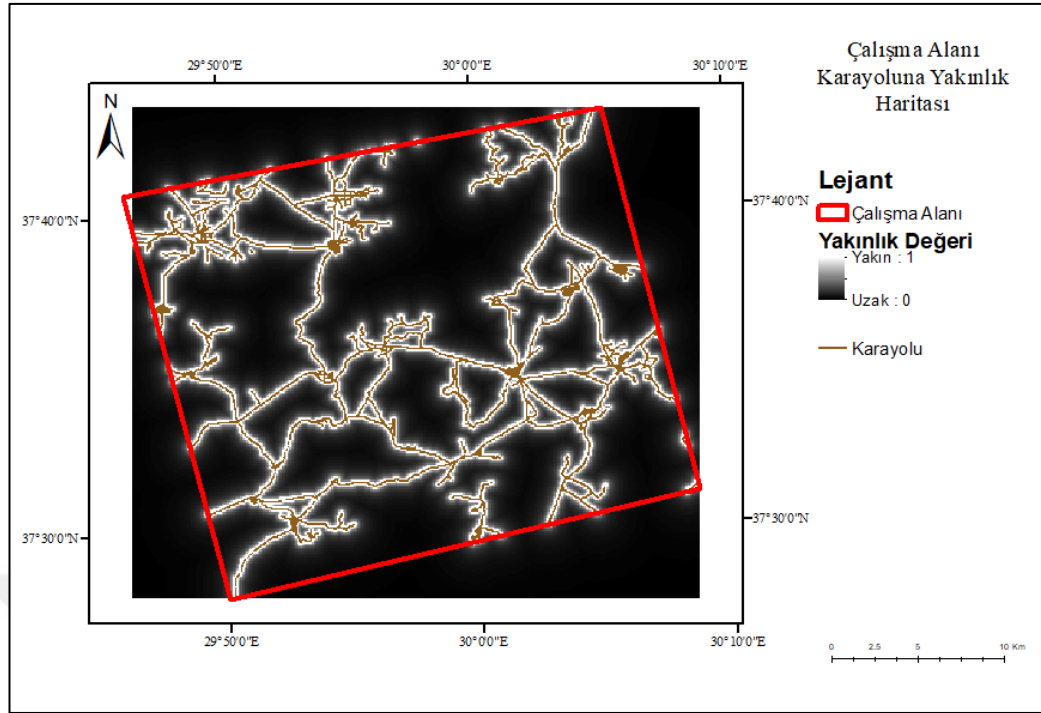
$$\frac{\text{"Raster veri"} - \min(\text{"Raster değeri"})}{\max(\text{"Raster değeri"}) - \min(\text{"Raster değeri"})} \quad (3.2)$$

formülü ile normalize edilip hesaplamalara dahil edilmiştir.

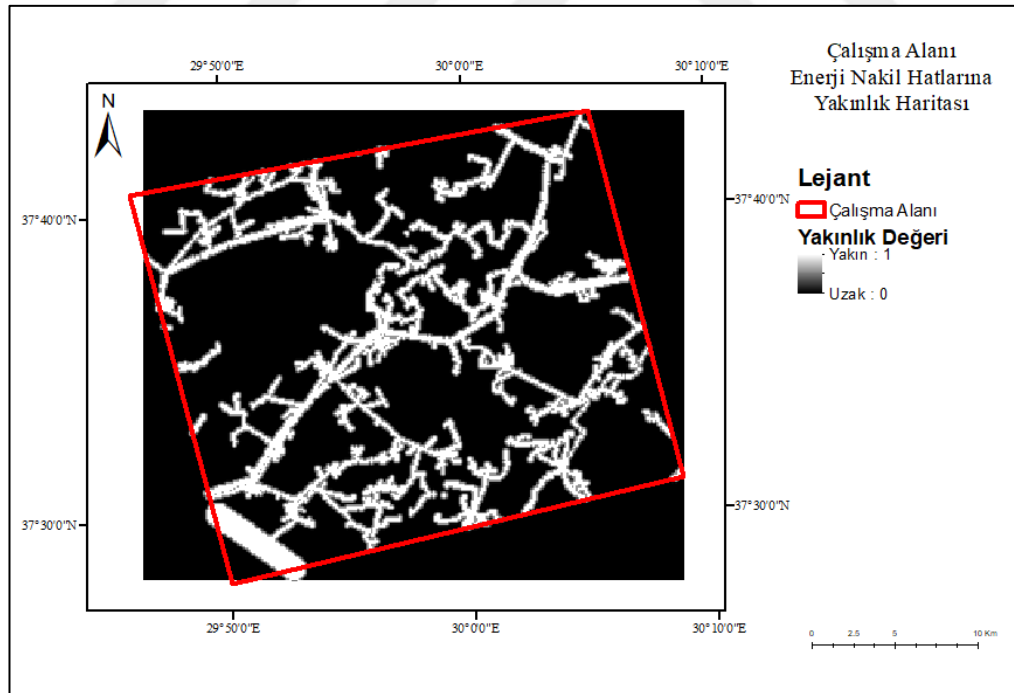
Yola yakınlık katmanı, heliportlara ulaşım açısından büyük önem taşır. Heliportların acil durumlar, bakım ve operasyonel faaliyetler gibi çeşitli amaçlarla hızlı ve kolay erişilebilir olması gerekmektedir. Yola yakınlık, karayolu ile ulaşımın hızlı ve verimli bir şekilde sağlanmasını kolaylaştırır. Bu, özellikle acil tıbbi müdahale veya afet durumlarında zaman kaybını en aza indirir ve operasyonların etkinliğini artırır. Ayrıca, lojistik destek ve malzeme tedariki için de yola yakınlık kritik bir faktördür, çünkü bu tür ihtiyaçların hızlı ve güvenilir bir şekilde karşılanmasını sağlar.

Enerji nakit hatlarını ilk etapta belirli bir oranda inişe engel teşkil eden alanlar olarak maskeleyiş işlemi ile değerlendirme dışında bırakılmıştır. Uygun heliport alanları seçiminde maliyet etkinlik hesaplarında altyapı kolaylıklarına yakınlık önemli bir etken olarak ayrıca bir değerlendirme yapmak gerekir.

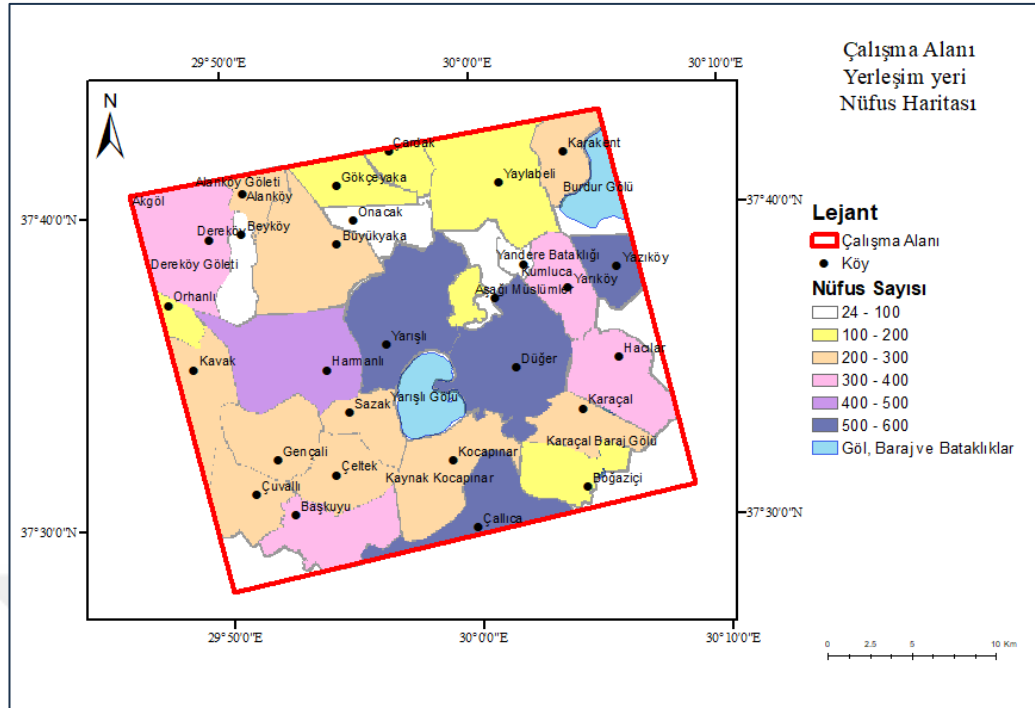
Çalışma alanı içinde farklı nüfuslara sahip 28 adet yerleşim yeri bulunmaktadır. TUİK aracılığı ile elde edilen nüfus verisi öncelikle Köy nokta verisine eklemek için ArcMap Editör aracılığı ile her köy ismine karşılık gelen population sütununa değerlerin girişi yapılmıştır. Köy nokta verisini Spatial Analyst Tools > Interpolation > Inverse Distance Weighted (IDW) ile raster veri şekline dönüştürülmüştür. IDW, mevcut veri veya örnekleme noktalarının doğrusal kombinasyonuna göre yapılan tahminlerle oluşturulan, jeostatistiksel olmayan bir enterpolasyon yöntemidir (Xie vd. 2011). Bu örnekleme noktalarındaki değerler, çevresindeki bilinmeyen değeri tahmin etmek için ters bir fonksiyonla ağırlıklandırılır. Birbirine yakın konumlanan örnekleme noktaları, uzak olanlara göre daha benzer özellikler ve değerlere sahiptir (Li ve Heap 2008).



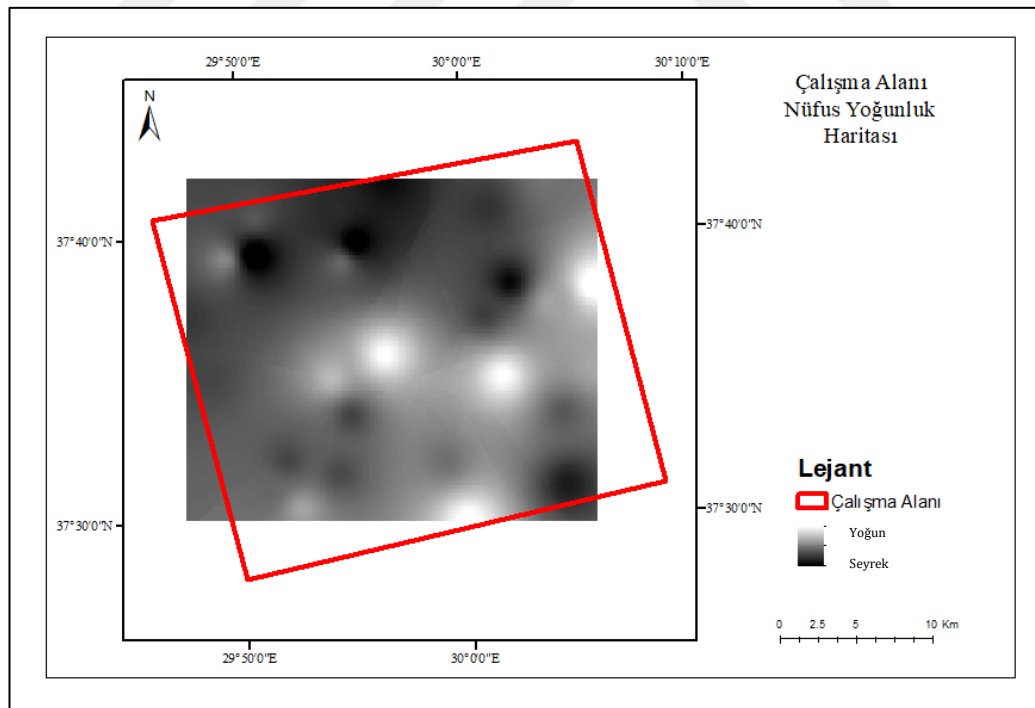
Şekil 3.13. Karayoluna yakınlık haritası



Şekil 3.14. Enerji nakil hatlarına yakınlık haritası



Şekil 3.15. Yerleşim yeri Nüfus haritası



Şekil 3.16. Nüfus yoğunluk haritası

3.2.4. Normalize etme işlemleri

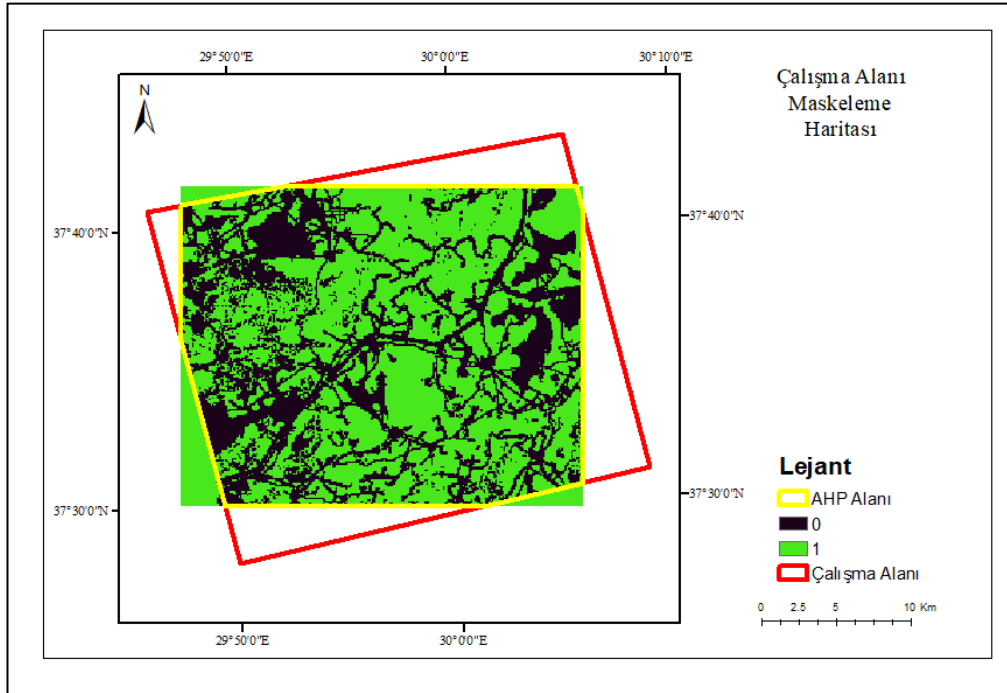
AHP yöntemi, karmaşık karar verme problemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemde, çeşitli kriterler ve alt kriterler hiyerarşik olarak düzenlenir ve her bir kriterin önemi belirlenir. Bu bağlamda, doğru veri elde etmek ve hataları minimize etmek, AHP sonuçlarının güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Çalışma alanı içerisindeki bazı yerlerde veri olmaması ve vektör veri setlerinin raster veri setlerine dönüştürülmesi sırasında meydana gelen veri kaybı hatalı sonuçlar doğurabilir. Bu hatayı en aza indirmek için, invers işlemi ile oluşturulan tüm yakınlık katmanlarının kesişim alanını bulunması gerekmektedir. Elde edilen yeni alanın bir kısmı çalışma alanının dışında yer aldığı için, tekrar çalışma alanı ile kesişimi alınarak AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) için kullanacağımız alan elde edilmiştir.

Çakışmayan alanları belirlemek için bir maskeye ihtiyaç vardır. Bu maske, yalnızca tüm raster veri setlerinin değer içerdiği alanları temsil eder. Spatial Analyst Tools > Raster Calculator aracını kullanarak, tüm raster verilerinin değerinin geçerli olduğu alanları belirleyen bir maskeleme için

$$\text{Con(IsNull("Eğim") | IsNull("Yol") | IsNull("Hat") | IsNull("Nüfus") | IsNull("Alan"), 0, 1)} \quad (3.3)$$

formülü ile veri eksikliği olan hücreleri 0 (geçersiz), diğerlerini 1 (geçerli) olarak işaretler. Bu maskeleme için raster veri ile tüm veri setlerimizi teker teker maskeleme işlemine tabi tutmamız gerekmektedir. Şekil 3.17’de raster verilerin maskeleme haritası görülmektedir.



Şekil 3.17. AHP için normalize edilmiş verilerin Maskeleme haritası

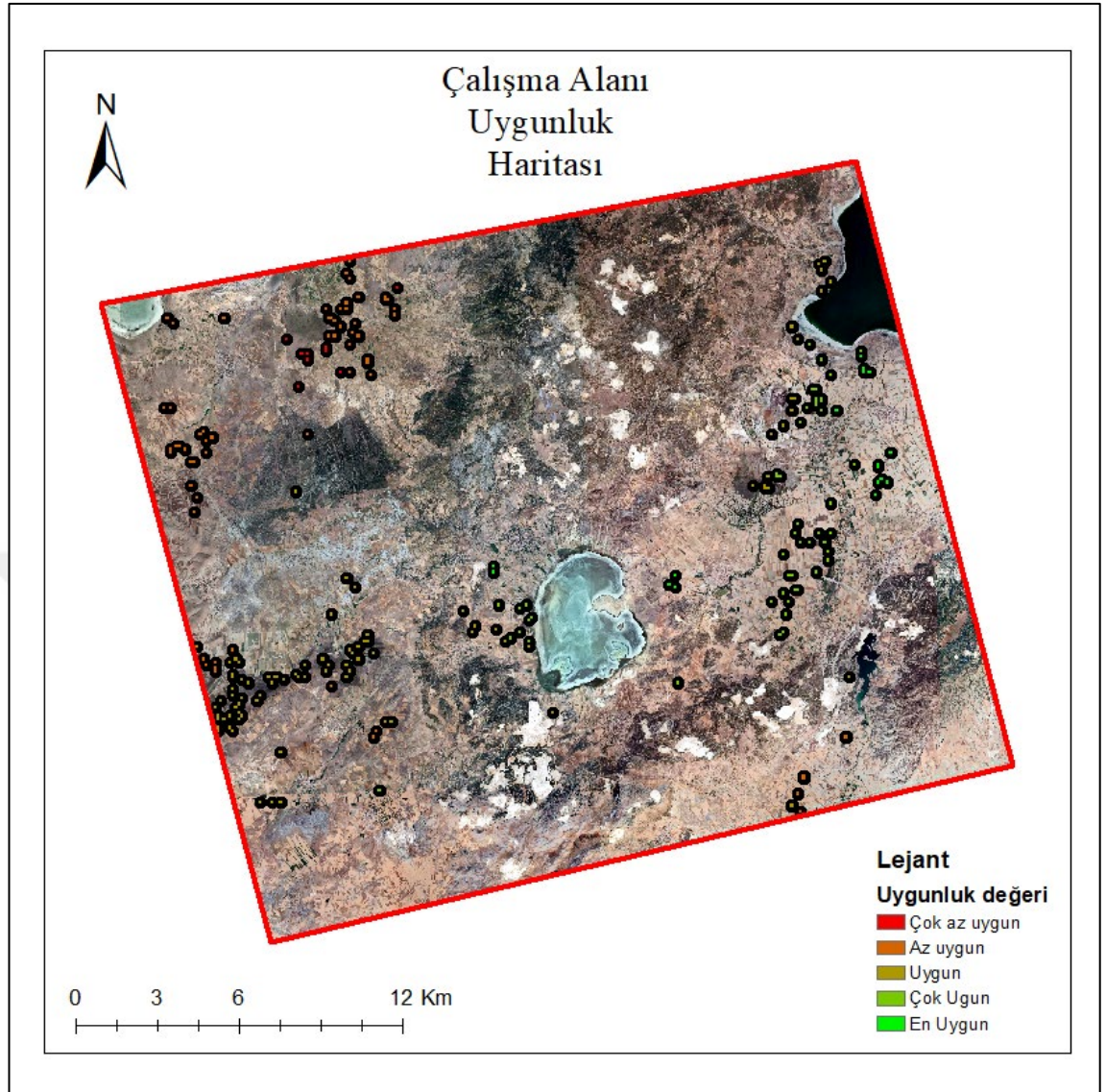
3.2.5. AHP uygulaması

Bu çalışmada uygun heliport alanlarının tespiti için eğim, yola yakınlık, enerji nakil hatlarına yakınlık, nüfus yoğunluğu ve potansiyel alanların Yüzölçümü kriter olarak alınmıştır. Bu beş adet kriter kendi içlerinde değerlendirmeye tabi tutulmuştur. En yüksek öneme sahip olan kritere 5 en düşük değere kritere sahip olana 1/5 puan verilmiştir. Puanlama sonucunda her katman için ağırlık değeri hesaplanmıştır. Önem derecesi eşit olan kriterler köşegen matrisinde 1 değerini almıştır. Puanlama işlemi sonucunda her katman için ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Tutarlılık hesaplama işlemleri MS Excel yazılımında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada tutarlılık ölçüsü 0,04 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. Kriterlerin puanlandırılması ve ağırlıklandırılması

AHP	Eğim	Nüfus Yoğunluğu	Yola Yakınlık	Potansiyel Alanların Yüzölçümü	Enerji Nakil Hatlarına Yakınlık	Ağırlık (w)
Eğim	1	1	5	5	5	0,39
Nüfus Yoğunluğu	1	1	4	4	4	0.34
Yola Yakınlık	1/5	1/4	1	3	1	0.11
Potansiyel Alanların Yüzölçümü	1/5	1/4	1/3	1	1	0.07
Enerji Nakil Hatlarına Yakınlık	1/5	1/4	1	1	1	0.08

En uygun alanları hesaplamak için “Raster Calculator” aracında kullanacağımız 0 ile 1 arasında normalize edilmiş ve birbirleri ile çakışan alanlarından oluşan ilgili raster veri setleri ile ağırlık değerlerinin çarpımlarının toplamı bize Şekil 3.18’de gösterilmekte olan uygunluk haritasını sunmaktadır.



Şekil 3.18 Uygunluk haritası (Google Earth 2024)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Helikopter pilotları, karmaşık ve detaylı bir eğitim sürecinden geçerler. Helikopter uçuşu, üç boyutlu hareket kontrolü gerektirir ve bu da pilotaj becerilerini önemli ölçüde zorlaştırır. Özellikle iniş ve kalkış sırasında yüksek hassasiyet gerektirir. Helikopterlerin mekanik yapıları oldukça karmaşıktır. Rotor sistemleri, motorlar ve diğer mekanik bileşenler, düzenli bakım ve denetim gerektirir. Mekanik arızalar, ciddi uçuş emniyeti riskleri oluşturabilir. Bu nedenle pilotların acil durum prosedürlerini düzenli olarak çalışması, olası acil durumlarda mürettebat ve yolcuların hayatta kalma şanslarını artırır.

Zorlu pilotaj eğitiminin yanı sıra uçuş emniyetini artıran bir diğer unsurda uygun iniş alanlarının tespiti. Heliport alanlarının belirlenmesi yalnızca güvenlik ve maliyet etkinliği açısından değil, aynı zamanda çevresel ve toplumsal etkiler açısından da önemli sonuçlar doğurabilir. Heliportların inşası ve operasyonu sırasında çevresel faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşır. Gürültü kirliliği, hava kalitesine olan etkiler ve doğal habitatların bozulması gibi konular, çevresel değerlendirmelerde dikkate alınmalıdır (ICAO Doc 9261 2023). Heliportların acil durumlarda kullanılabilirliği, yer seçiminde kritik bir faktördür. Bu nedenle, hastanelere ve acil durum merkezlerine yakınlık, doğal afetler sırasında erişilebilirliği sağlamak için stratejik noktalarda konumlandırılmaları da büyük önem taşır (Bruglieri vd. 2016).

Toplamda beş adet kriter ele alınmış ve bu kriterlerin önem derecelerine göre ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Her bir ağırlık değeri ile çarpımların toplamı alınarak uygunluk haritası oluşturulmuştur. Çalışmada seçilen kriterler yola yakınlık, enerji nakil hatlarına yakınlık, nüfus yoğunluğu ve potansiyel alanların yüzölçümüdür.

Bu çalışmada sınırlı bir alan içerisinde belirlenen kriterler doğrultusunda AHP uygulaması ile uygun heliport alanlarının tespiti yapılmıştır.

Tüm kriterler doğrultusunda uygun heliport alanlarının seçiminde doğru planlama ve değerlendirme süreçleri ile avantajlar en üst düzeye çıkarılabilir ve potansiyel olumsuz etkiler minimize edilebilir. Uygun Heliport alanların seçimi ve inşasında fiziki yasal mevzuatın esaslarına bağlı kalırken; doğal hayatın korunması, sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler gibi faktörler seçilmelidir. Bu kapsamda, yer seçimi yapılırken multidisipliner bir yaklaşım benimsenmeli ve tüm ilgili faktörler dikkate alınmalıdır.

Uygunluk haritasından çıkarılan alanlardan tamamı incelendiğinde yaklaşık %95'inin tarım alanı üzerinde yer aldığı uydu görüntülerinden tespit edilmiştir. Rasgele seçilmiş 3 adet uygun olması beklenen alan arazi keşfinde yerinde incelenmiştir. Bu alanların Id numarası 4, çok uygun alan ve Id numarası 3 ve uygun alan niteliğindeki iki arazi parçaları incelendiğinde temel kriter çerçevesinde hata gözükme de veri setlerinde yer almayan su kanalları göze çarpmaktadır. Daha iyi sonuçlar elde etmek için veri setlerinde yüksek güvenilirlik ve çözünürlüğe ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma sahasında hatalı değerlendirme ile hiç uygun olmayan maskeleyen alanların doğruluğu tespit edilememiştir.

Çizelge 4.1. AHP sonuçlarına göre uygunluk sınıflarının alan ve oranları

Uygunluk Durumu	Oran (%)
En uygun	9,33
Çok uygun	27,1
Uygun	27,1
Az uygun	20,8
Çok az uygun	15,5

Heliportların inşası ve operasyonu sırasında çevresel faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşır. Çalışma alanı göller yöresinde kuş göç yollarının bulunduğu bir konumda yer almaktadır. Gürültü kirliliği, hava kalitesine olan etkiler ve doğal habitatların bozulması gibi konular, çevresel değerlendirmelerde dikkate alınmalıdır.

Heliportların acil durumlarda kullanılabilirliği, yer seçiminde kritik bir faktördür. Bu nedenle, hastanelere ve acil durum merkezlerine yakınlık, doğal afetler sırasında erişilebilirliği sağlamak için stratejik noktalarda konumlandırılmaları da büyük önem taşır. Çalışma alanı içinde mevcut hastane veya acil durum planlarına yönelik veri setleri yer seçiminde farklı sonuçlar çıkarabilirdi.

Heliport inşasında altyapı ve yollara yakınlık hem operasyonel verimlilik hem de maliyet etkinliği açısından önemli etkilere sahiptir. Heliportların ana yollara ve altyapıya yakın olması, yolcuların ve personelin heliporta kolay ve hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlar. Bu, özellikle acil durumlarda ve ticari uçuşlarda önemli bir avantajdır. Altyapıya yakınlık, inşaat sürecinde ve sonrasında gerekli malzemelerin ve ekipmanların hızlı bir şekilde tedarik edilmesini kolaylaştırır. Bu da inşaat süresini kısaltır ve maliyetleri düşürür.

Tüm kriterler doğrultusunda uygun heliport alanlarının seçiminde doğru planlama ve değerlendirme süreçleri ile avantajlar en üst düzeye çıkarılabilir ve potansiyel olumsuz etkiler minimize edilebilir. Bu kapsamda, yer seçimi yapılırken multidisipliner bir yaklaşım benimsenmeli ve tüm ilgili faktörler dikkate alınmalıdır.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, döner kanatlı platformlar için uygun heliport alanlarının seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak etkin bir model geliştirilmiştir. Çalışmada belirlenen kriterler, literatür taraması ve yasal düzenlemeler çerçevesinde dikkatlice seçilmiş ve çalışma alanında uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, helikopter operasyonlarının güvenli ve etkin bir şekilde yürütülmesinde uygun iniş alanlarının kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle acil durum operasyonlarında, helikopterlerin hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşabilmesi için doğru yer seçiminin yapılması hayati bir faktördür. Bu bağlamda, yol ve altyapıya yakınlık, engel durumu, eğim ve çevresel faktörler gibi birçok parametre dikkate alınmıştır.

CBS'nin sunduğu mekânsal analiz yetenekleri ile AHP yöntemi entegre edilerek oluşturulan model, heliport alanlarının seçiminde güçlü ve tutarlı bir çözüm sağlamıştır. Bu çalışma, özellikle acil durum operasyonları, sağlık hizmetleri ve sivil havacılık gibi alanlarda kullanılabilecek stratejik heliport planlamasına katkıda bulunmaktadır.

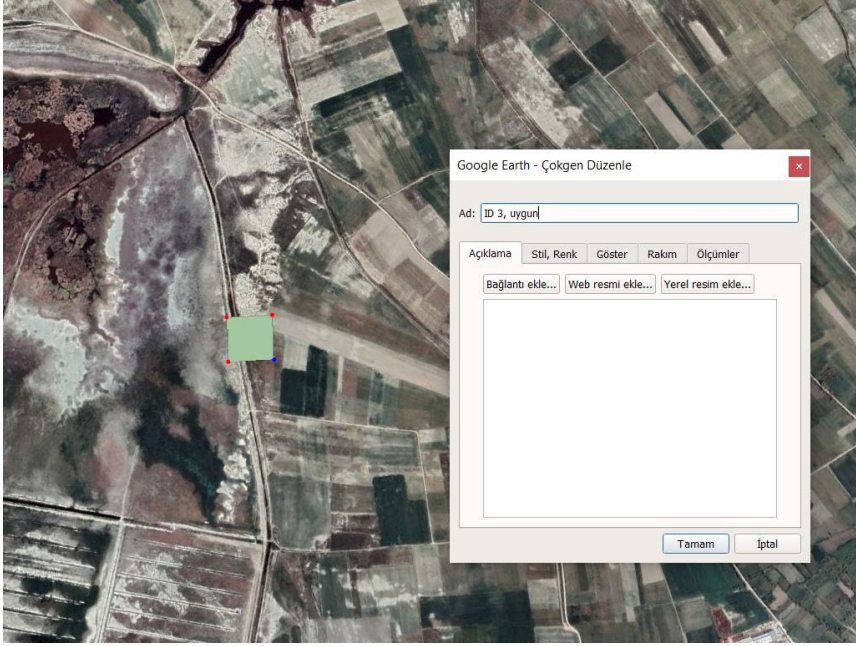
Ancak çalışma ile ilgili aşağıdaki hususlar ayrıca göz önüne alınmalıdır:

1. **Veri Kısıtlılıkları:** Çalışma sırasında kullanılan veri setleri, genellikle açık kaynaklardan temin edilen verilerle sınırlı kalmıştır. Bu durum, daha güncel ve yüksek çözünürlüklü verilerin eksikliğinden dolayı analiz sonuçlarının doğruluğunu kısmen sınırlamaktadır. Özellikle daha detaylı ve yerel bazlı verilerin kullanılması, heliport alanlarının seçimi sürecine daha büyük katkı sağlayabilir.
2. **Çevresel Faktörlerin Sınırlı İncelenmesi:** Arazi kullanımı, zemin yapısı, kuş göç yolları gibi bazı çevresel faktörler bu çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu faktörlerin detaylı bir şekilde incelenmemesi, seçilen heliport alanlarının uzun vadeli kullanımı ve çevresel sürdürülebilirliği açısından risk oluşturabilir.
3. **Modelin Genel Geçerliliği:** Çalışma modeli sadece belirli bir coğrafi bölgeye uygulanmış ve sınırlı bir alanda test edilmiştir. Farklı coğrafi ve iklimsel koşullarda modelin nasıl performans göstereceği net bir şekilde bilinmemektedir. Bu sebeple modelin daha geniş çaplı ve farklı bölgelerde test edilmesi gerekmektedir ve mutlaka saha çalışmaları ile doğrulukları değerlendirilmelidir.
4. **Kriterlerin Ağırlıklandırılması:** AHP yöntemi ile yapılan kriter ağırlıklandırmalarında, uzman görüşlerine dayalı kararlar kullanılmıştır. Ancak bu kararların subjektif olması, analiz sonuçlarını etkileyebilir. Farklı uzmanların katılımı ile daha geniş bir değerlendirme yapılması, modelin tutarlılığını artırabilir.

Sonuç olarak, bu araştırma heliport planlaması konusunda önemli veriler ve yöntemler sunmuş olsa da veri kalitesinin artırılması, çevresel faktörlerin daha detaylı ele alınması ve modelin farklı bölgelerde test edilmesi gelecek çalışma olarak değerlendirilmelidir.



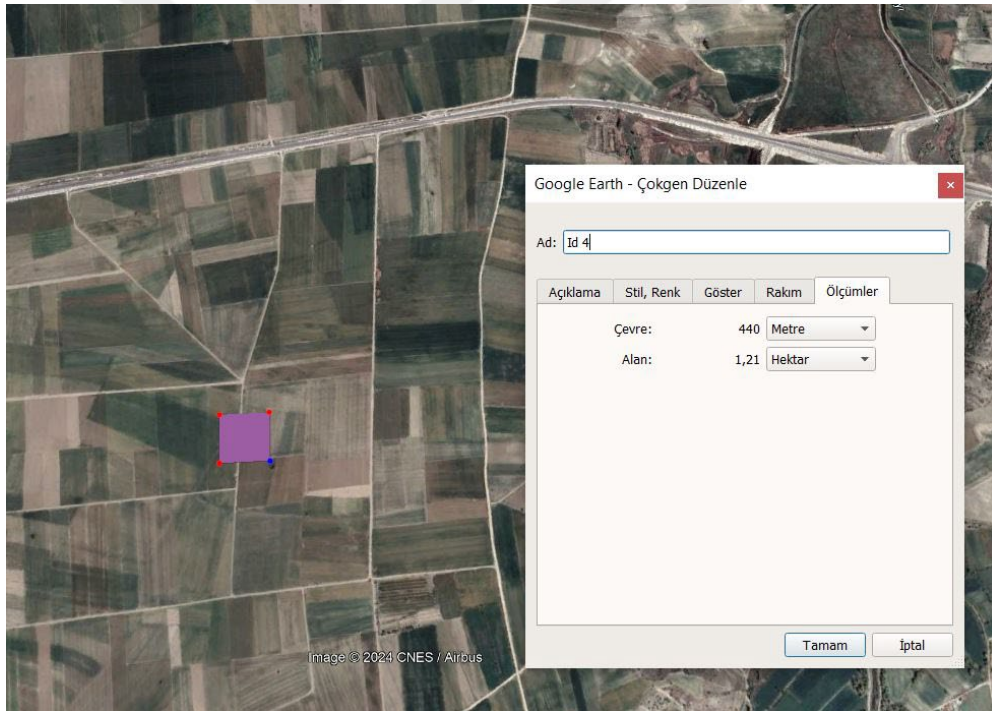
Şekil 5.1. ID 3 numaralı Uygun nitelikteki bölgeye ait arazi keşif görüntüsü



Şekil 5.2. ID 3 numaralı Uygun nitelikteki bölge uydu görüntüsü (Google Earth)



Şekil 5.3. ID 4 numaralı Uygun nitelikteki bölgeye ait arazi keşif görüntüsü



Şekil 5.4. ID 4 numaralı Uygun nitelikteki bölge uydu görüntüsü (Google Earth)

7. KAYNAKLAR

- Aerospaceweb.org. (2024). *Helicopter history*.
<https://aerospaceweb.org/design/helicopter/history.shtml> [Son erişim tarihi: 24.03.2024].
- Alharasees, O., & Kale, U. (2024). Aviation operators' total loads analysis by multi-criteria decision-making. *Journal of Air Transport Management*, 102596. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102596>
- Ashford, N. J. (2024). *Airport*. *Encyclopedia Britannica*.
<https://www.britannica.com/technology/airport>
- Ayan, T., Deniz, R., Gürkan, O., Öztürk, E., & Çelik, R. N. (2003). Ulusal jeodezik referans sistemleri ve CBS. Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK), Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, 24-25
- Baijal, R., Arora, M. K., & Ghosh, S. K. (2018). A GIS Assisted Knowledge-Based Approach for Military Operations. Indian Institute of Technology Roorkee. <https://www.researchgate.net/publication/327727912>
- Barbosa, L. C., do Canto, L. F. C., Ferreira, W. S., Torres, M. V. E., & e Silva, A. A. T. (2021). Diagnosis of cylindrical projections and analysis of suitability for the territorial area of South America. *Journal of Civil Engineering*, 7(1), 12068-12079. <https://doi.org/10.18540/JCECVL7ISS1PP12068-01-09E>
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Bayón-Yusta, J. C., Gutiérrez-Iglesias, A., Galnares-Cordero, L., & Gutiérrez-Ibarluzea, I. (2024). Synthesis of relevant information around non-core domains to support Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for decision making. *GMS Health Innovation and Technologies*, 18, Doc02. <https://doi.org/10.3205/hta000139>
- Bilim Genç. (2023). *Helikopteri kim, ne zaman icat etti?* TÜBİTAK. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/helikopter-kim-ne-zaman-icat-etti> [Son erişim tarihi: 02.06.2024].
- Bruglieri, M., Cardani, C., & Putzu, M. (2016). Optimizing the location of helicopter emergency medical services (HEMS) bases. *Annals of Operations Research*, 249(1-2), 149-165. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1915-9>
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Chang, K.-T. (2019). Geographic information system. In *Wiley encyclopedia of electrical and electronics engineering*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.WBIEG0152>
- Cohen, B. S., Bronzaft, A. L., Heikkinen, M., Goodman, J., & Nádas, A. (2007). Airport-related air pollution and noise. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5(2), 119-129. <https://doi.org/10.1080/15459620701815564>
- Degbelo, A., Kruse, J., & Pfeiffer, M. (2019). Interactive maps, productivity and user

- experience: A user study in the e-mobility domain. *Transactions in GIS*, 23(6), 1352-1373. <https://doi.org/10.1111/tgis.12583>
- Eldrandaly, K. A. (2006). A COM-based expert system for selecting the suitable map projection in ArcGIS. *Expert Systems With Applications*, 31(4), 772-785. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.09.008>
- Erskine, J., Oxendine, C., Wright, W., O'banion, M., & Philips, A. (2022). Evaluating the relationship between data resolution and the accuracy of identified helicopter landing zones (HLZs). *Applied Geography*, 139, 102652. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102652>
- Esri. (2024). *ArcGIS Online Overview*. <https://www.arcgis.com>
- Federal Aviation Administration. (2023). *FAA Advisory Circular AC 150/5390-2D: Heliport design*. U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5390_2D.pdf
- Foo, C. P. Z., Ahghari, M., & MacDonald, R. D. (2010). Use of geographic information systems to determine new helipad locations and improve timely response while mitigating risk of helicopter emergency medical services operations. *Prehospital Emergency Care*, 15(1), 1-8. <https://doi.org/10.3109/10903127.2010.493983>
- Google Earth Engine. (2024). *Google Earth Engine Platform Overview*. <https://earthengine.google.com>
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31-45. <https://doi.org/10.1080/02693799208901893>
- Greco, S. E. (2018). Seven possible states of geospatial data with respect to map projection and definition: A novel pedagogical device for GIS education. *Geospatial Information Science*, 21(4), 333-344. <https://doi.org/10.1080/10095020.2018.1536406>
- Griffith, D. A. (2014). Geographic information systems. In *Wiley StatsRef: Statistics reference online*. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.STAT03430>
- Halpern, N., & Bråthen, S. (2011). Impact of airports on regional accessibility and social development. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1145-1154. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.11.006>
- Harris, F. D., Kasper, E. F., & Iseler, L. E. (2000). *U.S. civil rotorcraft accidents, 1963 through 1997* (NASA/TM-2000-209597). U.S. Army Aviation and Missile Command.
- Hu, B., Chen, X., & Han, S. (2022). Helicopter takeoff and landing point location in cities for emergency services. *Applied Sciences*, 12(19), 9570. <https://doi.org/10.3390/app12199570>
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). *Airport planning manual: Part II – Land use and environmental management* (4th ed.).

- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2020). *Annex 14, Volume II: Heliports*.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2009). *Heliport manual* (Doc 9261).
- International Civil Aviation Organization. (2024). *Strategic objectives of ICAO*. ICAO. <https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/Strategic-Objectives.aspx> [Son erişim tarihi: 10.05.2024].
- Ison, D. (2024). Compatible land use for heliports and vertiports: A safety perspective. *International Journal of Aviation Research*, 16(1).
- Janic, M., & Reggiani, A. (2002). An application of the multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new hub airport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2(2), 113-141.
- JAXA (2024). *ALOS PALSAR Overview*. <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/palsar.htm>
- Jones, P., & Thompson, R. (2020). The Evolution of Cloud GIS: Enhancing Spatial Data Sharing and Collaboration. *Geospatial Research*, 22(3), 87-102.
- Keumi, C., & Murakami, H. (2012). The role of schedule delays on passengers' choice of access modes: A case study of Japan's international hub airports. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48, 1023-1031.
- Kim, M.-S., Hong, W.-H., Lee, Y.-H., & Baek, S.-C. (2022). Selection of take-off and landing sites for firefighter drones in urban areas using a GIS-based multi-criteria model. *Drones*, 6(12), 412. <https://doi.org/10.3390/drones6120412>
- Koster, P., Kroes, E., & Verhoef, E. (2011). Travel time variability and airport accessibility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(10), 1545-1559. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.05.027>
- Kovarik, V., & Rybansky, M. (2014). Selecting locations for landing of various formations of helicopters using spatial modelling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18(1), 012132. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012132>
- Lee, Y. C., & Zhang, G. (1989). Developments of geographic information systems technology. *Journal of Surveying Engineering*, 115(3), 304-310. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(1989\)115:3\(304\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(1989)115:3(304))
- Lew, P., Zhang, L., & Olsina, L. (2010, July). Usability and user experience as key drivers for evaluating GIS application quality. *Proceedings of the IEEE International Conference on Geoinformatics*. <https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567803>
- Li, J., & Heap, A. D. (2008). A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Australian Geological Survey Organisation*, 68(2008/23), 154. http://www.ga.gov.au/image_cache/GA12526.pdf
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographical information systems: Principles, techniques, management and applications*. Wiley.

- Maraş, E. E., Dönmez, K., & Emecen, Y. (2023). GIS-based determination of the optimal heliport and water source locations for forest fire suppression using multi-objective programming. *Aerospace*, 10(305), 1-29. <https://doi.org/10.3390/aerospace10030305>
- Märkle-Huß, J., Feuerriegel, S., & Neumann, D. (2020). Cost minimization of large-scale infrastructure for electricity generation and transmission. *Omega*, 96, 102071. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.05.007>
- Obi Reddy, G. P. (2018). Geographic information system: Principles and applications. In *Geospatial technologies for land degradation assessment and management*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78711-4_3
- Ömürbek, N., Üstündağ, S., & Helvacıoğlu, Ö. C. (2013). Kuruluş yeri seçiminde analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanımı: Isparta bölgesinde bir uygulama. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 101-116.
- Paul, A., Longley, P. A., & Goodchild, M. F. (1999). Modern geographic information systems and model linking. In *Book Title*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9217-8_6
- Rahmat, Z. G., Niri, M. V., Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A. A., Baboli, Z., & Hosseinzadeh, M. (2017). Landfill site selection using GIS and AHP: A case study: Behbahan, Iran. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(1), 111-118. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0296-9>
- Ramirez, J. R. (2008). Geographic information systems. In *Encyclopedia of Computer Science and Engineering* Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470050118.ecse170>
- Rangsaritvorakarn, N. (2023). Decision-making criteria in airport site selection: A systematic review. *Journal for Strategy and Enterprise Competitiveness*, 2(5), 78-94.
- Saaty, T. L., & Wind, Y. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 26(7), 641-658.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Sachdeva, R., Kalra, S., & Sharma, M. (2018). Geographic information system: A modern approach. *International Journal of Research*, 5(2), 123-130.
- Schuurman, N. (2004). *GIS: A short introduction*. Blackwell Publishing.
- Shi, X., Kindratenko, V., & Yang, C. (2013). Modern accelerator technologies for geographic information science. In *Title of the Book*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8745-6_1
- Smith, J., Brown, L., & Taylor, A. (2019). Cloud-Based GIS: Opportunities and Challenges in Spatial Data Management. *Journal of Geographic Information Science*, 15(4), 123-145.
- Smith, R. D. (1994). *Safe heliports through design and planning: A summary of FAA research and development* (Final report). U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Research and Development Service.
- Theilig, K., Merk, D., Blömer, T., Lang, W., Winter, S., & Birk, S. (2024). Multi-criteria

- decision making for timber constructions: Analysis of ceiling types using utility analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012096>
- Theus, M. (2002). Data visualization for domain exploration: Geographical information systems. In *Book/Conference Title*.
- Timbó, M. A., Nero, E. A., Dutra, D. J., Rodrigues, E. L. L., & Borges, A. F. (2017). Sistema de coordenadas planas e projeção cartográfica para a representação da área territorial completa de Minas Gerais. *Revista Geografias*, 13(2), 107-123. <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2017.16060>
- U.S. Department of the Army. (2006). *FM 3-21.38: Pathfinder operations*. Headquarters, Department of the Army.
- Uçar, D., İpbüker, C., & Bildirici, İ. Ö. (2004). *Matematiksel kartografya: Harita projeksiyonları teorisi ve uygulamaları*. Atlas Yayın Dağıtım.
- Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.042>
- Vikipedi. *Helikopter*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Helikopter> [Son erişim tarihi: 11.12.2023].
- Wikipedia. (2024). *Geographic information system*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system [Son erişim tarihi: 6 Haziran 2024].
- Yildirim, F., & Kaya, A. (2008). Selecting map projections in minimizing area distortions in GIS applications. *Sensors*, 8(12), 7809-7821. <https://doi.org/10.3390/s8127809>
- Zhang, X., H. Hu, & P. Li. (2010). Use of GIS and remote sensing for cropland management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(2), 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.10.006>

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Vahit ÖZER

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Lisans 2004-2008	Kara Harp Okulu / Ankara Sistem Mühendisliği
Yüksek Lisans 2022-2024	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Kr.Pl. Tğm. 2009-2012	2'nci Kara Havacılık Alay Komutanlığı Helikopter Pilotu
Kr.Pl. Ütğm.. 2012-2015	1'inci Kara Havacılık Alay Komutanlığı Helikopter Pilotu
Kr.Pl. Ütğm.. 2015-2016	Afganistan Türk Görev Kuvveti Komutanlığını Helikopter Pilotu
Kr.Pl. Yzb. 2016-2020	Kara Havacılık Okul Komutanlığı Uçuş Öğretmeni
Kr.Pl. Bnb. 2020-2024	Kara Havacılık Okul Komutanlığı Test/Tecrübe Pilotu