

**HAVALİMANI AĞAÇ MÂNİALARININ TESPİTİ VE  
İNCELENMESİ: TOKAT ÖRNEĞİ**

**DETECTION AND INVESTIGATION OF AERODROME  
TREE OBSTACLES: TOKAT CASE STUDY**

**ULAŞ ŞAHİN**

**PROF. DR ALİ ÖZGÜN OK**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Geomatik Mühendisliği Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023

## ÖZET

### HAVALİMANI AĞAÇ MÂNİALARININ TESPİTİ VE İNCELENMESİ: TOKAT ÖRNEĞİ

Ulaş ŞAHİN

Yüksek Lisans, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Özgün OK

Mart 2023, 49 sayfa

Bir havalimanı tesis edilirken dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri havalimanının içi ve dışındaki doğal ve yapay yapılarıdır. Bu unsurlar kalkış ve iniş mesafelerinin sınırlandırılmasına neden olabilmekte olup, ülkemizde de konum seçimi nedeniyle yaklaşma-kalkış hattında bulunan doğal tepelerin uçuş kısıtlamalarına neden olduğu havalimanları bulunmaktadır. Havalimanı çevresindeki mâniaların tespiti, uçuş emniyetini sağlamak ve seyrüsefer birimlerinin usul tasarımına altlık oluşturması için gerekliliktir. Bir pisti olan bir havalimanı için yaklaşık 220 km<sup>2</sup> bir alana tekabül eden mânia planı dahilindeki binlerce yapının ölçülerek yersel yöntemlerle tespit edilmesi oldukça zor ve maliyetli bir yöntemdir. Bunun yerine yüksek çözünürlükteki uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından üretilmiş olan haritalar ve yüzey modelleri kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yazılımları yardımıyla üç boyutlu analizlerle mâniaları kısa sürede ve yüksek doğrulukta tespit etmek mümkündür. Bu çalışmada, hava fotoğraflarından üretilen ortofoto, SAM ve SYM verileri ve yüzey modeline dönüştürülen mânia planı pikselden piksele çıkartılarak mânia tespiti yapıp, öğrenilen ağaç sürgün verme miktarı ile ağaç mânia projeksiyonu Tokat Havalimanı örneği için yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** havalimanı, ağaç tespiti, mânia tespiti, uçuş emniyeti, uzaktan algılama

# **ABSTRACT**

## **DETECTION AND INVESTIGATION OF AERODROME TREE OBSTACLES: TOKAT CASE STUDY**

**Ulaş şAHİN**

**Master of Science, Department of Geomatics Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Ali Özgün OK**

**March 2023, 49 pages**

One of the most important factors to consider when establishing an airport is the natural and artificial structures inside and outside the airport. These natural and artificial factors may cause the limitation of take-off and landing distances, and there are airports in our country where the natural hills on the approach-departure line cause flight restrictions due to the location of the airport. In order to ensure flight safety, it is necessary to detect obstacles around the airport and to provide them to the navigation units to form a basis for procedural design. For an airport with a runway, it is a very difficult and costly method to measure and detect thousands of structures within the obstacle plan, which corresponds to an area of approximately 220 km<sup>2</sup>, by terrestrial methods. Instead, it is possible to detect obstacles in a short time and with high accuracy with the support of geographic information system software using maps and surface models produced from satellite images and aerial photographs with high resolution. In this study, the orthoimage, DTM and DSM data generated from the aerial images and the obstacle plan converted to the surface model were extracted from pixel to pixel, the obstacles were detected, and the

projection of tree obstacles was made for the Tokat Airport with the amount of tree sprout learned.

**Keywords:** airport, tree detection, obstacle detection, flight safety, remote sensing

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında içten yardımlarını esirgemeyen, sabır gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Özgün OK'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez savunma sınavımda jüri olarak yer almayı kabul eden ve değerli görüşleri ile tezimi geliştirmemi sağlayan hocalarım Doç. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU, Doç. Dr. Fatih NAR, Doç. Dr. Saygın ABDİKAN ve Dr. Öğr. Üyesi Murat DURMAZ'a çok teşekkür ederim.

Her an olduğu gibi yüksek lisans sürecinde de en büyük destekçim olan sevgili eşim ve aileme çok minnettar olduğumu burada da belirtmek isterim.

Tez çalışması ve çalışma hayatımda her zaman yanımda olan çok değerli mesai arkadaşım Gizem BAYBAŞ DAĞLI 'ya, bu süreçte sabır ve anlayış gösteren çok kıymetli Nurdan GEDAR, Hakan ÇÖL ve Kurum verilerini kullanmama izin veren diğer yöneticilerime, veri ve bilgi temininde büyük desteği olan başta Sayın Metin Soylu olmak üzere değerli TKGM Harita Dairesi Başkanlığı çalışanlarına çok teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Kapsam ve Amaç .....	1
1.2. Literatüre katkı.....	4
1.3. Çalışma Organizasyonu .....	4
2.HAVALİMANI MÂNİALARI KONUSUNDA TEMEL BİLGİLER VE HAVACILIK ÇALIŞMALARI .....	5
2.1. Havalimanı referans kodu.....	5
2.2. Mânia Yüzeyleri .....	5
2.3. Doğal Mânia .....	10
2.4. Ülkemizde Mânia Planlarının Hazırlanması ve Sonrası .....	11
2.5. Havacılık Çalışması .....	13
2.6. Mâniaların Havacılık Bilgi Yayınlarında (AIP) Yayınlanması.....	14
2.7. Mâniaların İşaretlenmesi ve Işıklandırılması.....	14
2.8. Kullanılan Koordinat Sistemi .....	15
3.LİTERATÜRDE YER ALAN İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	17
4.ÇALIŞMA ALANI ve YÖNTEM .....	22
4.1 Çalışma Alanı .....	22
4.2 Yöntem.....	24
4.2.1 Yer Kontrol Noktası Tesisi .....	25

4.2.2 Hava Fotoğrafi Çekimi ve Fotogrametrik İşlemler.....	26
4.2.3 2B Mânia Planı Temini/Üretimi ve Mânia Planının Yüzey Modeline Dönüştürülmesi.....	27
4.2.4 Yüzey Analizlerinin Yapılması .....	32
4.2.5 Mâniaların Sayısallaştırılması.....	33
4.2.6 Ağaç Mânia Tahmini .....	34
4.3 Doğruluk Analizi Yöntemi .....	38
5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR .....	46
ÖZGEÇMİŞ .....	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Sanal yüzeyi aşan mânialar.....	3
Şekil 2.1.	Mânia Planı.....	6
Şekil 2.2.	Şerit Saha ve Geçiş Yüzeyi. ....	7
Şekil 2.3.	Yaklaşma Yüzeyi.....	8
Şekil 2.4.	Kalkış-Tırmanış Yüzeyi. ....	9
Şekil 2.5.	Mânia Yüzeyini Aşan Doğal Mânia. ....	10
Şekil 4.1.	Tokat eski ve yeni havalimanları.....	23
Şekil 4.2.	Tokat Havalimanının şehir merkezine uzaklığı.....	24
Şekil 4.3.	Yöntem akış şeması. ....	25
Şekil 4.4.	Yer Kontrol Noktaları Dağılımı. ....	26
Şekil 4.5.	Tokat Yeni Havalimanı Mânia Planı. ....	28
Şekil 4.6.	Mânia Planı Yüzeyindeki Çizgilere Atılan Kotlu Noktalar( Kırmızı). ....	29
Şekil 4.7.	Yüzey oluşturmak için noktalara Z değeri verilmesi.....	29
Şekil 4.8.	Shapefile'dan üretilen TIN.....	31
Şekil 4.9.	Enterpolasyon Yöntemi Çıktıları.....	32
Şekil 4.10.	TIN verisinden üretilen Raster. ....	33
Şekil 4.11.	Sayısallaştırılmış mânialar.....	34
Şekil 4.12.	Ağaç Tespit modeli ile tespit edilen ağaçlar.....	36
Şekil 4.13.	2022 yılı sadece ağaç olan tahmini mânialar.....	36
Şekil 4.14.	2022 Temmuz sonrası 16 aylık mânia ağaç tahmini (her 3 ay açıktan koyuya renklendirilmiş).....	38
Şekil 4.15.	Doğruluk analizi sonucunda elde edilen TP, FP, TN, FN.....	39
Şekil 5.1.	Kökten kesilen ağaçlar.....	42



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Mâniaların AIP’de yayınlanması.....	14
Çizelge 4.1. Enterpolasyon Yöntemi Sonuçları.....	31
Çizelge 5.1. Doğruluk Analizi Alansal Çıktıları.....	41
Çizelge 5.2. Doğruluk Analizi Sonuçları.....	41

## KISALTMALAR

### Kısaltmalar

2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
AIP	Aeronautical Information Publications
CNS	Communication, Navigation and Surveillance
DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
ICAO	International Civil Aviation Organization
SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SHT-HES	Havaalanı Emniyet Standardı Talimatı
SHY-CNS	Haberleşme, Seyrüsefer, Gözetim Sistemleri Mânia Kriterleri Hakkında Yönetmelik
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
TP	Doğru Pozitif
TN	Doğru Negatif
FP	Yanlış Pozitif
FN	Yanlış Negatif

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Kapsam ve Amaç

Havacılık sektörü, artan nüfus ve ulaşımda verimlilik ihtiyacı nedeniyle hızla gelişme göstermiş, yüzyıl gibi görece kısa bir zaman diliminde havalimanları ve hava yolları ülkelerin reklam yüzü haline gelmiştir. Günümüzde milyarlarca dolarlık ciroların konuşulduğu havacılık sektörü ülke ekonomilerinde önemli yer tutmaktadır.

Ülkemiz sivil havacılığı da dünya ile paralel olarak gelişme göstermekte, insanların ulaşımını daha hızlı ve konforlu sağlayabilmeleri için havalimanları yatırımları artarak devam etmektedir. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü istatistiklerine [1] bakıldığında hava yolu kullanımında Covid-19 pandemisinin yaşandığı 2020 yılına kadar sürekli bir artış gözlenmiştir. Covid-19 pandemisinin bitimi ile birlikte hava yolu kullanımında artış olduğu ve Covid-19 pandemi öncesi kullanım sayılarının kısa süre içinde yakalanacağı öngörülmektedir. Türk sivil hava yolu şirketleri Avrupa’da uçuş sayılarında üst sıralarda bulunmakta, İstanbul Havalimanı, Sabiha Gökçen Havalimanı ve Antalya Havalimanı ise kendi yolcu ve trafik rekorlarını sürekli kırarak [1] [2] ülkemiz havacılığını dünyada söz sahibi yapar konuma getirmektedir [3].

Havacılığın gelişmeye başlamasıyla birlikte sivil havacılık temel prensiplerini tek çatı altında toplama ihtiyacı doğmuş olup, sivil havacılığa hizmet edecek havalimanları, havayolları ve seyrüsefer tesislerinin gelişimini desteklemek ve uluslararası sivil havacılığın güvenli ve düzenli bir şekilde büyümesini sağlamak amacıyla ülkemizin de üyesi olduğu Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO) Birleşmiş Milletler tarafından 1947 yılında kurulmuştur. Merkezi Kanada’da olup, 7 bölgesel ofisi bulunmaktadır.

ICAO’nun koymuş olduğu standartlar ve tavsiyeler ilgi konusuna göre hazırlanmış 19 ek ile sunulmaktadır. ICAO standartlarına uyacağını Chicago Sözleşmesi ile bildirmiş olan devletlerin, ICAO’nun belirlediği havacılık standartlarındaki farklılıklar konusunda bildirimde bulunmaları ve hazırlanan eklerde yer alan tavsiyelerden farklılıkları bildirmeleri istenmektedir.

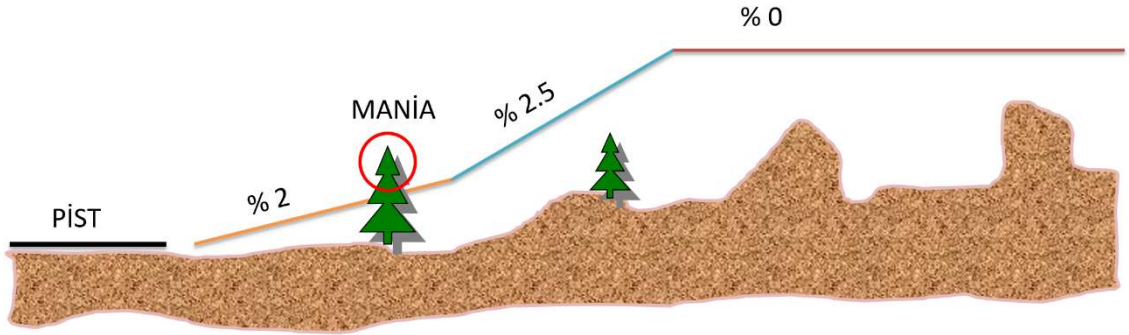
Uçuş emniyetini sağlamak için ICAO’nun getirdiği standartlardan biri de havalimanı çevresindeki yapılaşma sınırlamalarıyla ilgilidir. Havacılığın ilk zamanlarında yapılaşmada yükseklik kısıtlaması bulunmayıp insanlar sahip oldukları parseller üzerinde

sınırsız yapılaşma ve buradan uçak geçmesi halinde kullanım hakkı alması gerektiğini düşünmekteydi. Havacılığın gelişmesini engelleyen bu anlayış yerini yapının üstündeki alan kamunundur anlayışına bırakarak havacılığın gelişmesinin önü açılmıştır [4]. Uçakların havalimanı pistine emniyetli bir şekilde iniş ve kalkışlarını gerçekleştirebilmeleri için yapılaşmalarda kısıtlamaya gidilme ihtiyacı olmuş, bu amaçla ICAO Ek-14'te [5] belli kriterlere sahip sanal yüzeyler tanımlanmıştır.

Bir havalimanı tesis edilirken sıcaklık, rüzgâr yönü, şehre uzaklığı gibi faktörlerin yanı sıra dikkat edilmesi gereken belki de en önemli faktör havalimanı içi ve dışındaki doğal ve yapay yapılardır. Bu doğal ve yapay unsurlar kalkış ve iniş mesafelerinin sınırlandırılmasına neden olabilmekte olup, ülkemizde de bulunduğu konum nedeniyle yaklaşma-kalkış hattında bulunan doğal tepelerin uçuş kısıtlamalarına neden olduğu havalimanları bulunmaktadır. Sadece doğal yapılar değil, piste çok yakın konumda bulunan yerleşimler ya da enerji nakil hattı vb. yapılar pistin başlangıcının kaydırılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, havalimanı çevresi havalimanının ayrılmaz bir parçası olarak görülmelidir. Bir havalimanı için pist ve terminal ne kadar önemliyse, hava araçlarının emniyetli olarak iniş, kalkış ve diğer hareketlerini yapabilmelerini teminen havalimanı çevresinin de doğal ve yapay engellerden arındırılmış ya da tespitin yapılarak takibinin yapıyor olması aynı derecede önemlidir.

Havalimanı içi ve çevresindeki doğal ve yapay engeller “mânia” olarak adlandırılmakta olup, *“uçakların yüzey hareketi için öngörülen bir alanda bulunan veya uçuş halindeki uçakların korunması için öngörülen belirli bir yüzey üzerinde uzanan ya da bu tanımlanmış yüzeylerin dışında duran ve hava seyrüseferine bir tehlike olarak tayin edilmiş olan geçici veya daimî tüm sabit ve hareketli cisimler veya bunların parçaları”* olarak Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nce (SHGM) tanımı yapılmaktadır. Mâniaların belirlenebilmesi için mânia tahdit yüzeyleri olarak adlandırılan sanal yüzeyler ICAO Ek-14'te [5] oluşturulmuş olup, mânia değerlendirmesi bu yüzeylerin getirdiği kısıtlamalara göre yapılmaktadır (Şekil 1.1). Bir havalimanı açılmadan önce yapılan yer tespitinde sayısal arazi modeli altlık olarak kullanılarak pistin yaklaşık konumuna göre mânia planı çizilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus yaklaşma-kalkış yüzeyinde doğal mânia yani dağ, tepe gibi yükseklikler bulunmamasıdır. Havalimanı konumu belirlendikten ve mânia planı resmi olarak yayımlandıktan sonra mevcut mâniaların tespiti havalimanı işletmecisince yapılır. Tespiti yapılan mânialar sayısal arazi modeli ile görülen doğal

mâniolar ile birlikte değerlendirilerek piste iniş ve kalkış usulleri belirlenir. Mevcut mânioların tamamının kaldırılması mümkün olmadığından yapılacak analizler sonucunda usulleri ve seyrüsefer cihazlarını etkileyenler kaldırılır, geri kalanların ise işaretlenip ışıklandırılması gerekmektedir. Ancak uygulamada tüm mânioların işaretlenip ışıklandırılması mümkün değildir. Mânia tespiti yapıldıktan sonra yeni bir mânianın oluşması Türk Sivil Havacılık Kanunu ve ilgili mevzuatlarca engellenir. Havalimanı mânia planları SHGM tarafından hazırlanır, uygulanmak üzere belediyeler, valilikler ve imar planı yapmaya yetkili diğer kuruluşlara gönderilerek imar planlarına işlenmesi istenir. Bundan sonra yeni bir mânia oluşması halinde sorumluluk başta belediyeler olmak üzere ilgili kurumlarda olmaktadır.



Şekil 1.1 Sanal yüzeyi aşan mâniolar

Sadece bir piste sahip bir havalimanı için yaklaşık 220 km<sup>2</sup> bir alana tekabül eden mânia planı dahilindeki binlerce yapının yerinde ölçülerek mânioların yersel yöntemlerle tespit edilmesi oldukça zor olmakla birlikte maliyetli ve uzun zaman gerektiren bir yöntemdir. Bunun yerine yüksek çözünürlükteki uydu görüntüleri ve/veya hava görüntülerinden üretilmiş olan haritalar ve yüzey modelleri kullanılarak coğrafi bilgi sistemi yazılımları yardımıyla üç boyutlu analiz metodu kullanılarak mânioları görece daha kısa sürede ve tatmin edici bir doğrulukta tespit etmek mümkündür.

Bu çalışmada, Tokat Havalimanı mâniolarının bir kısmı, sayısal yüzey modeli ve üç boyutlu sanal mânia planı kullanarak tespit edilmiştir. Tokat Havalimanı için yapılan mânia tespit sonucunda mânioların yaklaşık %90'ının ağaç olduğu görülmüştür. Özellikle Tokat Havalimanı yakınında yaklaşma kalkış koridorunda ve geçiş yüzeyinde kavak ağaçları yoğun olarak bulunmakta olup, bu ağaçlar hızlı sürgün vermeleri ve yüksek boylara ulaşabilmeleri ile bilinmektedir. Bir ağacın yıllık ne kadar uzayacağı ve ne zaman

mânia haline geleceğinin takibi bir sistem altına alınmazsa gözden kaçabilecek ve hiç arzu edilmeyen bir kaza sonucu insan hayatına mal olabilecek ciddi sonuçları olabilecek bir husustur. Ağaç dikimlerinin yoğun olduğu bölgelerde bir mânia tahmin haritası daha ağaçlar dikilmeden bile önce oluşturmak ilerleyen yıllarda ağaçların sahibi tarafından devlet kurumlarına açılacak olası davaların da önüne geçebilecektir.

## **1.2. Literatüre katkı**

Havalimanı mânialarının yersel ölçümle tespit edilmesi zaman gerektiren ve oldukça zahmetli bir görev olup, fotogrametrik çalışmalar ile üretilen üç boyutlu yüzey modelleri yardımıyla mânia tespitinin daha hızlı yapılması ve güncel tutulabilmesi nedeniyle bu yöntem tercih edilmektedir. Havalimanı çevresindeki yeni yapıların mânia olmaması için imar planına işleme ve işletmeci tarafından rutin inşaat devriyesi yapılmakta olup, ağaçların sürgün vermelerine ilişkin ülkemizde halihazırda bir bilgi, sistem veya kolaylık bulunmamaktadır. Bu çalışma ile, mânia tespiti ile birlikte bugün mânia olmayan ancak oldukça hızlı uzayan ve uzunluğu nedeniyle uçuş emniyeti için risk teşkil edebilecek bir veya birden fazla ağacın ne zaman veya hangi tarihte mânia olacağını gösteren tahmin haritalarının hazırlanması ve bu şekilde doğal mâniaların takip edilmesi amaçlanmaktadır. Bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar ve kazanılan öğretilerle havalimanları doğal mânialarının ve ağaç sürgün vermelerinin daha doğru ve hızlı şekilde tespit edilmesine katkıda bulunulacağı beklenmektedir. Bununla birlikte havalimanı çevresindeki ağaçların sürgün vermelerinin takibinin yapılacağı bir tahmin ülkemizin diğer havalimanlarındaki mânia takip çalışmalarını da öncü olacak ve bir sistematik altlık olacaktır.

## **1.3. Çalışma Organizasyonu**

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümü giriş kısmı olup, havacılığın gelişimi, önemi ve mânia tespiti ve takibi hakkında genel bilgiler sunulmuş ve çalışmanın literatüre katkısı belirtilmiştir. Tezin ikinci bölümünde, mânia yüzeyleri, yayını ve ilgili kanunlar hakkında bilgi verilmiştir. Tezin üçüncü bölümünde konu ile ilgili literatür özetine yer verilirken, dördüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemin aşamaları ve çalışma alanı anlatılmıştır. Tezin beşinci bölümünde, yöntem sonucunda elde edilen bulgular sunulmuş ve tartışılmıştır. Son bölümde ise tez çalışması sonuçları özet olarak paylaşılmış ve gelecekte yapılacak çalışmalara değinilmiştir.

## 2. HAVALİMANI MÂNİALARI KONUSUNDA TEMEL BİLGİLER VE HAVACILIK ÇALIŞMALARI

Bu bölümde havalimanı referans kodu, mânia tahdit yüzeyleri, mânianın yayınlanması, kaldırılması, ışıklandırılması ve havacılık çalışması ile ilgili bilgi sunulacaktır.

### 2.1. Havalimanı referans kodu

Havalimanı mânialarının sınırlanması ve kaldırılması konusuna girilmeden önce mânia planları kriterlerinin anlaşılabilmesi için havalimanı referans kodunun nasıl belirlendiğinin bilinmesi gerekmektedir.

Referans koduyla, havalimanına uçuş yapması öngörülen uçaklar için elverişli olan standartları sağlamak için birtakım özellikleri birbiriyle ilişkilendiren basit bir yöntem sağlanması amaçlanmaktadır. Referans kodunun pist uzunluğunun belirlenmesinde kullanılması amaçlanmamaktadır. Kod uçağın performans özelliği ve boyutlarıyla ilgili iki unsurdan oluşur.

Unsur 1, uçak referans baz uzunluğuna dayanan bir rakam olup, unsur 2 ise uçak kanat açıklığıdır. İlk önce havalimanının hizmet vermeyi amaçladığı uçaklar ve daha sonra kodun iki unsurları tanımlanır. Örneğin bir havalimanı planlanırken referans alınan uçak B777-300ER ise uçak referans baz uzunluğu 3120 metre, kanat açıklığı ise 64.8 metre olduğu için referans kodu 4E'dir.

### 2.2. Mânia Yüzeyleri

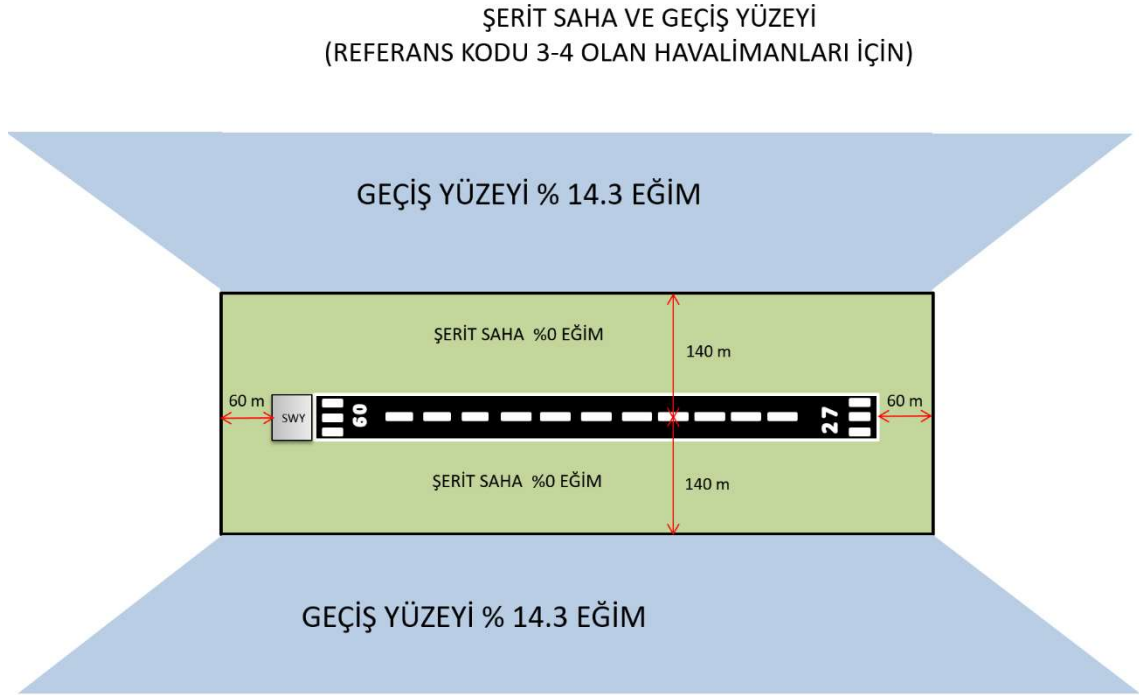
Uçuş operasyonlarının emniyetli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi ve havalimanları çevresindeki yapılaşmalar nedeniyle havalimanlarının kullanılamaz hale gelmesini önlemek için Ek 14'te [5] mânia tahdit yüzeyleri olarak tanımlanan sanal yüzeyler oluşturulmuştur (Şekil 2.1). Bu yüzeyler aşağıdaki gibidir:

- Şerit Saha
- Geçiş Yüzeyi
- Yaklaşma Yüzeyi
- Kalkış Yüzeyi
- İç Yatay Yüzey
- Konik Yüzey





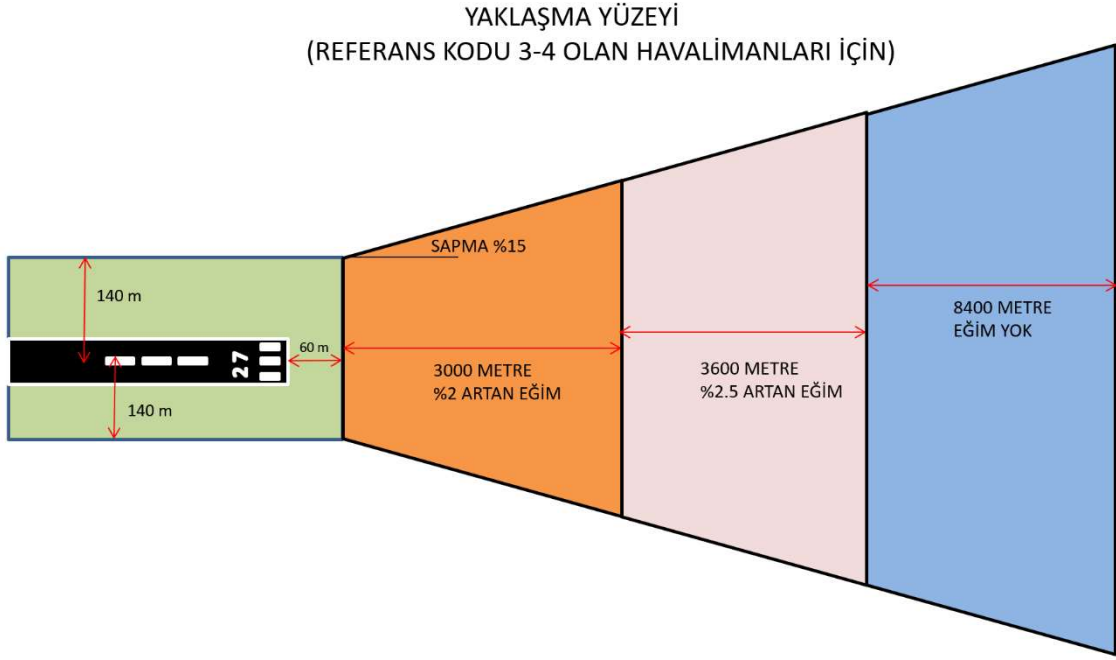
tanımlanır (Şekil 2.2). Geçiş yüzeyi hesaplaması yapılırken noktanın pist merkez hattına ya da uzantısına dik olduğu noktanın kotu esas alınır. Geçiş yüzeyinin yaklaşma yüzeyi üst tarafında kalan kısmındaki mânia hesaplaması geçiş yüzeyi ve yaklaşma yüzeyi hesaplamasının toplamıyla bulunur.



Şekil 2.2 Şerit Saha ve Geçiş Yüzeyi (DHMİ Mâniaların Kontrolü Eğitimi ders notunun düzenlenmiş halidir.)

*Yaklaşma yüzeyinin* amacı piste iniş yapacak bir uçak için mâniadan arındırılmış emniyetli bir saha oluşturmaktır (Şekil 2.3). Uçak kazalarının büyük çoğunluğunun son yaklaşımda olduğu bilindiğinden korunması gereken en önemli yüzeydir. Yaklaşma yüzeyi pist eşiğinden 60 metre sonra başlar. Alt kenarı şerit saha ile aynıdır. Yüzde on beş açılarak 15 km devam eder. Yaklaşma yüzeyi üç bölümden oluşur. Birinci bölüm alt kenardan itibaren ilk 3000 metre olup, bu bölümde eğim %2'dir. İkinci bölüm ise 3600 metre uzunlukta olup, eğim %2,5'tir. Üçüncü bölüm 8400 metre boyunca yatay olarak uzanır. Yaklaşma yüzeyi kotları pistin merkez hattını içeren dikey düzlemde ölçülmelidir. Birden fazla paralel pist olması ve paralel pistler arasındaki yatay mesafenin SHT-HES Talimatı [3] HAD-ADR-0340'da yer alan bağımsız paralel kalkış ve yaklaşımlar için belirtilen mesafelere eşit veya daha fazla olması durumunda yaklaşma ve kalkış-tırmanış yüzeyleri her pist için ayrı ayrı olacak şekilde mânia planı hazırlanır. Birden fazla paralel

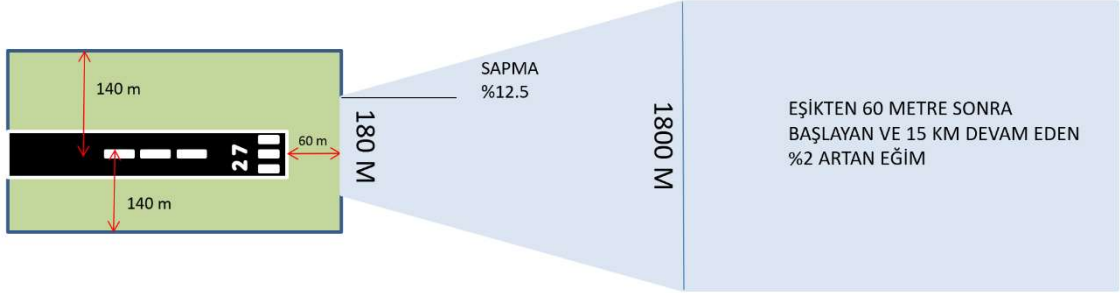
pist olması ve paralel pistler arasındaki yatay mesafenin SHT-HES Talimatı [6] HAD-ADR-0340'da yer alan bağımsız paralel kalkış ve bağımsız paralel yaklaşımlar için belirtilen mesafelerden daha az olması durumunda yaklaşma ve kalkış-tırmanış yüzeyleri söz konusu pistler için ortak olacak şekilde düşük kotlu pist eşiği koordinatları esas alınarak mânia planı hazırlanır.



Şekil 2.3 Yaklaşma Yüzeyi (DHMİ Mâniaların Kontrolü Eğitimi ders notunun düzenlenmiş halidir.)

*Kalkış yüzeyinin* amacı kalkış yapacak bir uçağı mânialardan korumaktır (Şekil 2.4). Pist sonundan 60 metre sonra pist ortası merkez olacak şekilde 90 metre sağa ve sola olmak üzere 180 metre genişliğinde bir alt kenar, alt kenarın iki ucundan sağa ve sola nihai genişlik 1800 metreye varana kadar %12,5 yana açılma, 1800 metre genişliğe ulaşıktan sonra 15 km'ye kadar düz devam eden alandır. Kalkış yüzeyi eğimi başlangıçtan itibaren %2'dir. 15 km sonunda yükseklik 300 metreye ulaşır.

KALKIŞ TIRMANIŞ YÜZEYİ  
(REFERANS KODU 3-4 OLAN HAVALİMANLARI İÇİN)



Şekil 2.4 Kalkış-Tırmanış Yüzeyi (DHMİ Mâniaların Kontrolü Eğitimi ders notunun düzenlenmiş halidir.)

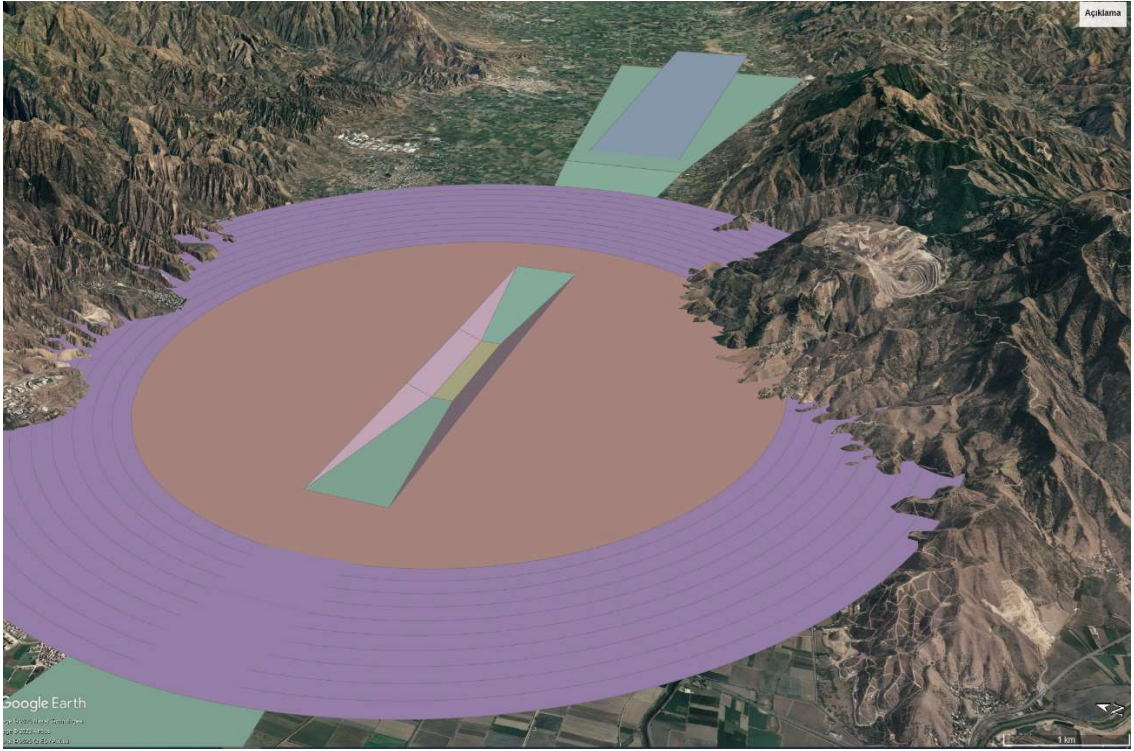
*İç yatay yüzeyin* amacı görerek turlama için korunaklı bir alan sağlamaktır. Yüzeyin yarıçapı belirlenecek referans noktası ya da noktalarından 4000 metredir. İç yatay yüzey yatay bir düzlemdir. 1800 metreden uzun pist veya pistler için pist eşikleri esas alınarak SHT-HES Talimatı [6] Tablo 4-1 İç Yatay başlığı içerisinde yer alan uzunluklarda çift daire çizilerek iç yatay yüzey elde edilir. Pist veya pistlerin en yüksek ve en düşük pist eşikleri arasındaki kot farkı değerinin 6 metreden düşük olması durumunda iç yatay ve konik yüzey oluşturulmasına esas teşkil eden kot değeri olarak yüksek olan pist başı kot değeri esas alınır.

Bunlardan başka olarak iç yatay yüzeyin dış kenarına 2000 metre paralel alınarak bulunan ve %5 eğimle yükselen yüzeye ise *konik yüzey* denilmektedir. Hassas yaklaşmalı pistlerde oluşturulması gereken, geçiş yüzeyine benzeyen ancak piste daha yakın bir yüzey *iç geçiş yüzey* olarak adlandırılmaktadır. Pist merkez hattından sağa sola 60 metre mesafeden başlayarak %33,3 eğimle yükselir. Geçiş yüzeyinin sonunda yükseklik 45 metredir. Hassas yaklaşmalı pistlerde oluşturulması gereken, eşikten 60 metre sonra başlayan 120 metre genişliğinde 900 metre uzunluğundaki yaklaşma yüzeyinin dikdörtgen bölümü *iç yaklaşma yüzeyi* olup, eğimi %2'dir. Hassas yaklaşma pistlerinde beklenmedik bir şekilde vazgeçilen iniş için korunması gereken yüzey ise *zorunlu olarak vazgeçilen (balked) iniş yüzeyi*dir. İniş yönünde pist eşikinden itibaren 1800. metreden başlar. İç kenar uzunluğu 120 m, her bir tarafa %10 ile saparak %3,33 eğimle 45 metre yüksekliğe ulaştığı yerde yüzey biter.

Mânia sınırlama yüzeylerinin her birinin matematik modeli, mesafeleri ve eğimleri farklı olup, bu kriterler havalimanı kategorisi ve yaklaşma tipi esas alınarak belirlenir. Mânia sınırlama yüzeyleri bazı noktalarda birbirleriyle çakışmaktadır. Bu durumda daha kısıtlayıcı olan yüzey esas alınmalıdır. Mânia sınırlama yüzeylerini aşan herhangi bir obje mânia olarak kabul edilir. Bu mânialar doğal mânialar (bitki, dağ, tepe vb.) ve insan yapımı mânialar (bina, direk, kule, araç, gemi vb.) olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

### 2.3. Doğal Mânia

Mânia planında belirtilen mânia tahdit yüzeyini delen dağ, tepe vb. arazi parçalarının mânia müsaade limitlerini aşan kısımları doğal mâniadır (Şekil 2.5). Yukarıda belirtilen kriterlere göre bu arazi zaten mânia olduğu için üzerinde yapılacak yapı sınırına ilişkin kriter bulunmamaktadır. Ancak bu alanlardaki yapılaşmalarda SHGM tarafından hazırlanan havalimanları çevresindeki doğal mânialar üzerinde yapılaşma talimatı esas alınmaktadır.



Şekil 2.5 Mânia yüzeyini aşan doğal mânia

## 2.4. Ülkemizde Mânia Planlarının Hazırlanması ve Sonrası

Bir havalimanının inşa edilebilmesi için öncelikle ilgili kurumlardan yetkililerce doğru yerin tespiti çalışmaları yapılır. Alternatif yerler mânia durumu, şehre uzaklığı, mülkiyet hakları, rüzgâr yönü kriterlerince değerlendirilerek yapım prosedürü başlatılır. Buradaki en önemli etken mânia değerlendirmesidir. Bir pistin özellikle yaklaşma-kalkış hattında doğal ve yapay mâniaların olması istenmez. Yer seçimi sonucunda iniş hattında doğal mânia bulunmasından dolayı kullanımı kısıtlanmak zorunda kalınan havalimanları ülkemizde de mevcuttur. Yer seçimi aşamasında da doğal mâniaların konumunu görebilmek için yaklaşık bir pist konumu belirlenerek taslak mânia planı oluşturulur. Bu taslak mânia planı üç boyutlu hale getirilir. Doğal mâniaların tespiti içinse üç boyutlu arazi modeli ile karşılaştırılarak analiz yapılır. Bu sayede güvenli bir uçuş tasarlanıp tasarlanamayacağıın ön çalışması yapılır. Bu aşamada yapay mânialara dikkat edilmez, sadece pistin çok yakınında gözle görülebilecek büyüklükte enerji nakil hattı, bina vb. yüksek yapı varsa dikkate alınabilir. Ancak havalimanı planlama aşamasında tüm mâniaların değerlendirilmesinin yapılması yatırım sonrası kullanım problemlerinin önüne geçebilir.

SHGM, 14/10/1983 tarihli ve 18196 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu’nun 47’nci ve 48’inci maddelerine, 15/07/2018 tarihli ve 30479 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum ve Kuruluşlar ile Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkında 4 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesine, 05/06/1945 tarihli ve 4749 sayılı Kanun ile onanmış olan Chicago Sözleşmesi’nin 14 Numaralı Ek dokümana, 23/08/2013 tarihli ve 28744 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Haberleşme, Seyrüsefer, Gözetim Sistemleri Mânia Kriterleri Hakkında Yönetmeliğe (SHY-CNS) ve 04/11/2018 tarihli Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı (SHT-HES)’na dayanarak mânia planlarını hazırlar [7].

Mânia planlarının hazırlanmasına esas olan koordinatlar, kotlar ve pist kullanım türü bilgileri havalimanı işletmecisi ya da Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü tarafından, CNS Sistemlerine ait kot ve koordinatlar ise havalimanı işletmecisi tarafından SHGM’ye bildirilir. Mânia planı hazırlanırken SHT-HES Talimatı Tablo 4-1 ve Tablo 4-2’de yer alan kriterler esas alınır. Hazırlanmış olan mânia planı ile ilgili, havalimanı işletmecisinden, hava seyrüsefer hizmet sağlayıcısından ve sivil-asker ortak havalimanlarında Millî Savunma Bakanlığı’ndan görüşler alınarak mânia planı yayınlanır

ve uygulanmak üzere başta ilgili belediyeler ve valilikler olmak üzere imar planı yapma yetkisine sahip ilgili tüm kurum ve kuruluşlara gönderilir. Mânia planı onaylandıktan sonra havalimanı henüz açılmamış olsa dahi bu plana uyulması zorunludur.

Mânia planı yürürlüğe girdikten sonra yapılacak olan her türlü ve ölçekte imar planının ve yapılaşmaların, mânia planı kriterlerine uygun olması zorunludur. Mânia planları imar planlarına ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından en geç 6 ay içerisinde derç edilir. Bu 6 aylık süre içerisinde son mânia planı kriterlerine aykırı uygulama yapılamaz.

Bir havalimanı kullanıma açılmadan önce mânia planı dâhilindeki tüm mâniaların havalimanı işletmesince kot ve koordinatlarının belirlenerek bu mâniaların uçuş emniyetine etkileri için analiz yapılması gerekmektedir. Bu analiz sonucunda uçuş emniyeti için kritik olanların kaldırılması, diğerlerinin ise uçucuların bilgilendirilmesi amacıyla havacılık bilgi sayfalarında yayınlanması gerekmektedir. Bunun dışında, havalimanı kullanılmaya başlandıktan sonra da belli zaman aralıklarında mânia tespitinin güncellenmesi gerekebilir.

Havalimanı kullanıma açıldıktan sonra da yeni bir mânianın engellenebilmesi için havalimanı işletmesince düzenli olarak mânia kontrolü yapılır. Havalimanı işletmecisi, mânia sınırlama yüzeylerinden herhangi birini ihlal edebilecek herhangi bir inşaat faaliyetinin veya doğal büyümenin (ağaç gibi) bir problem haline gelmeden önce fark edilmesini sağlamak amacıyla havalimanı etrafındaki tüm alanların düzenli ve sık görsel denetimlerine ilişkin bir program oluşturmalıdır. Bu kontrol programı aynı zamanda mânia ışıklarının gözlemine de içermelidir.

Havalimanı işletmecisince yapılan rutin kontrollerde mânia planına aykırı yapılaşmaların tespit edilmesi halinde bu durum önce ilgili belediyeye, sonuç alınmaması halinde ilgili valiliğe bildirilir. Valilikten de sonuç alınmaması durumunda havalimanı işletmesince SHGM'ye bildirilir. Türk Sivil Havacılık Kanununun 47 ve 48. maddeleri gereği SHGM mânia planına uyulması hususunda ilgili valilik nezdinde yaptırımda bulunur. Belediyelerin imar planlarını mânia planı sınırlamalarına göre yapmaları kritik rol oynamaktadır. Mânia teşkil edebilecek bir yapının temel aşamasında tespit edilmesi havalimanı işletmecisinin sorumluluğundadır. Mânia planının ve plan notlarının imar planlarına işlenmesinden ve uygulanmasından imar planı yapmaya, yaptırmaya ve onaylamaya yetkili kurum ve kuruluşlar sorumludur [8].

Ulusal mevzuatımız SHT-HES'e göre mânia planlarında yer alan kriterlerin sağlanıp sağlanmadığının sürekli olarak kontrolünden havalimanı işletmecisi sorumludur. Havalimanı işletmecisi, bu kapsamda mânia kontrol ekibi oluşturmalı ve düzenli saha gözlemi yapmalıdır.

## **2.5. Havacılık Çalışması**

Dünyadaki havalimanları ülkelerin oluşturdukları ulusal standartlara göre işletilmekte olup, bu standartların çoğu ICAO standartları ve önerileri ile uyumludur. Ülkemizde de bu uyum bulunmaktadır. Devletlerin havacılık otoriteleri, hava operasyonları için minimum gereklilikleri karşılamak üzere yeterli ve uygun altyapı, personel ve operasyon prosedürleri sağlamak için havalimanlarını denetleme yükümlülüğüne sahiptir. Havalimanı gerekliliklere uyamıyorsa, yetkili makam uygunsuzluk beyanı (bulgu) düzenler ve havalimanının bu uygunsuzluğu düzeltilmesi için süre tanır.

Bazı bulgular ise havalimanının ve çevresinin arazi yapısı, bulgunun kapatılmasının çok maliyetli olması nedeni ile çözüme ulaşamaz. Böyle durumlarda havalimanlarının, altyapı veya çevre coğrafyasında imkânsız olan düzenlemeleri yapmak zorunda kalmadan, havacılık çalışması olarak adlandırılan bir çalışma yapması ulusal ve uluslararası dokümanlarda yer almaktadır. ICAO, havalimanının standartlardan veya gerekliliklerden bariz bir sapmasının üstesinden gelmek için havacılık çalışması yaklaşımını önermektedir. Havacılık çalışmaları, olası çözümleri bulmayı ve bu çözümlerin uçak operasyonunun güvenliği açısından etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Havacılık çalışmasının bileşenleri, bulguya ilişkin tehlike tanımlama ve risk değerlendirmelerini içerir. Bu, uygunsuzluğu düzeltmek için temel yaklaşımdır. Ayrıca, teknik değerlendirmede havalimanı işletmecisi, CNS sistemleri sorumlusu, hava seyrüsefer hizmet sağlayıcısı ve uçak performansçısının görüşleri alınır. Havacılık çalışmasının çıktıları, çalışmanın kapsamını (esas olarak bulgulara odaklanan), seçilen çözümleri, teknik analiz değerlendirmesini ve havalimanının ve paydaşların, uygunsuzluk koşulları altında havalimanını işletmek için kabul edilebilir güvenlik seviyesini koruyabilmelerini sağlamak için izleme mekanizmasını içeren ayrıntılı bir rapordur. Havacılık çalışmasının onaylanması sivil havacılık otoritesince yapılır.

Ülkemizde, bir havalimanı ya da yeni bir pist açılmadan mânialara yönelik bir havacılık çalışması yapmak gereklidir. Havalimanının işletilmesi sırasında standartlara aykırı bir

sapma için de havacılık çalışması yapılabilmektedir. Havacılık çalışmasının en yoğun olarak kullanıldığı alan ise yapılaşmaların arttırılmasıdır. Örneğin mânia planında doğal mânia üzerinde iki katlı yapılaşmaya izin verilen geniş bir alanda havacılık çalışması yapılması sonucu on katlı yapılara izin verilebilir. Bu mânia planına aykırı bir yöntem olsa da ulusal ve uluslararası standartlara dayanmakta olup, yasaldır. Bununla birlikte bir pist sonu emniyet alanının fiziki nedenlerden dolayı sağlanamaması durumunda da havacılık çalışması yapılabilir. Önemli olan bu çalışmada alınan önlemlerin uygulanmasıdır.

## 2.6. Mâniaların Havacılık Bilgi Yayınlarında (AIP) Yayınlanması

AIP, bir devlet veya o devletin yetkili kıldığı otorite tarafından yayınlanan ve hava seyrüseferine temel teşkil eden en son nitelikli havacılık bilgilerini içeren bir yayındır. Türkiye AIP'si iki cilt halinde yayınlanmakta olup, GEN (Genel Bilgiler), ENR (Yol Bilgileri), AD (Havaalanları) bölümlerinden oluşmaktadır. Türkiye AIP'sinin güncellenmesi, hazırlanması ve yayımından Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü Hava Seyrüsefer Dairesi Başkanlığı bünyesindeki AIM Şube Müdürlüğü sorumludur. Mânialar da tespit edildikten sonra AIP formatında (Çizelge 2.1) yayımlanmak üzere ilgili birime gönderilir.

Çizelge 2.1 Mâniaların AIP'de yayınlanması

<b>Obstacle Designator</b>	<b>AIXM NAME</b>	<b>Type</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Elevation at top (FT)</b>	<b>Height (FT)</b>
LTAW1	TREE	TREE	401613.51N	0362154.49E	2978.9664	75.219

## 2.7. Mâniaların İşaretlenmesi ve Işıklandırılması

Mânialar kaldırılmadığı takdirde hava araçları için risk teşkil etmekte olup, bu riski azaltmak için mânialar işaretlenmeli ve ışıklandırılmalıdır. İşaretten kasıt detayları SHT-HES Bölüm 6'da yer almakla birlikte eşit aralıklı kırmızı ve beyaz şeritler ile mâniayı boyamaktır. İşaretlemenin örneğine genellikle fabrika bacaları, rüzgâr gülü ve enerji nakil hatlarında rastlanır. Işıklandırma ise düşük, orta ve yüksek yoğunlukta olup, genellikle mânianın tepesine takılır. Ancak mânianın uzunluğuna göre tepesine ek olarak orta kısımlarına da takılır ki bu örnek çok yüksek katlı binalarda görülmektedir. Kullanılacak



ışık tipi yapı yüksekliği ile değişmekle birlikte orta ve yüksek yoğunluklu ışık kullanımında işaretleme zorunluluğunun olmadığı durumlar vardır.

Teoride ışıklandırma ve işaretleme zorunlu olmakla birlikte pratikte tüm mâniyeler için bunu uygulamak mümkün değildir. Örneğin Tokat Havalimanı'nda tespit edilen 25.000 mâniyayı işaretleyip ışıklandırmak imkansızdır. Özellikle ışıklandırmanın bakımı, montajı ve elektrik ücretinin kimin üstleneceği hususu net değildir. Hepsini işaretleyip ışıklandırmak mümkün olmasa da cami minaresi, enerji nakil hatları, fabrika bacaları, köprü direkleri ve yüksek katlı binaların ışıklandırılması elzemdir. Bir mâniyenin işaret ve ışık durumu AIP ilgili kısımda bildirilir. Bununla birlikte mâniya olmasa bile yüksekliğinden dolayı yukarıda bahsedilen yapılar ışıklandırılır. Özellikle enerji nakil hatları ve yüksek yapılar son kazalardan da anlaşılacağı üzere helikopterler için risk oluşturmaktadır.

## **2.8. Kullanılan Koordinat Sistemi**

Bugün dünyada, kullanımda olan birçok jeodezik referans datumu bulunmaktadır. Havacılıkta ortak bir referans datumu bulunmaması nedeniyle geçmişte yaşanan sorunların çözümü için WGS 84 datumu ICAO tarafından ortak referans datumu olarak belirlenmiştir [9]. Konuya ilişkin olarak SHT-HES'te *WGS-84, yatay (geodetik) referans sistemi olarak kullanılmalıdır. Rapor edilen, enlem ve boylam belirten havacılık coğrafi koordinatları WGS-84 geodetik referans başlangıç noktası bakımından ifade edilmelidir. ve Yerçekimine ilişkin yüksekliğin (irtifanın) geoid olarak bilinen bir yüzeye ilişkisini veren MSL başlangıç noktası, dikey referans sistemi olarak kullanılmalıdır.* ifadeleri yer almaktadır.

Pist eşik kot ve koordinatları ölçüm sonucu belirlenen, arazide karşılığı olan noktalardır. Bu noktalar esas alınarak hesaplanan mâniya planı yüzeyleri ise hayali yüzeyler olup, arazide belirli bir noktaya karşılık gelmemektedirler. Pist eşik koordinatları havalimanı işletmecisine, istediği koordinat sisteminde ölçülüp mâniya tespiti bu koordinat sisteminde yapılabilir. Ancak hangi sistemde ölçülürse ölçülsün mâniyelerin yayını WGS 84 datumunda derece dakika saniye cinsinden ve ortometrik kotları ile yayınlanır. Bu çalışmada uçuş sonucu üretilen veriler UTM Projeksiyonu ITRF 96 datumunda olduğundan mâniya yüzeyleri çizilirken pist başı koordinatları da aynı koordinat sisteminde alınmıştır. Yükseklik verisi de ortometriktir. Mâniyeler tespit edildikten sonra,

uluslararası yayın formatı olan WGS 84 datumu derece dakika saniye cinsine dönüştürülmüştür.

Havacılık Bilgi Yayınlarında yayınlanan bir verinin doğruluğuna ilişkin detaylı bilgi ICAO'nun World Geodetic System -1984 Manuel dokümanında verilmektedir [9]. Burada, veri doğruluğu '*tahmin edilen veya ölçülen değerle gerçek değer arasındaki uygunluk derecesi*' olarak tanımlanmakta olup, aynı dokümanın Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'sinde mânialar için yatay doğruluğun 3 metre, düşey doğruluğun ise 1 metre olabileceği belirtilmektedir.

Çalışmada kullanılan 21 cm ve 4cm yer örnekleme aralığına sahip verilerin yükseklik doğruluğu 1 metrenin altında olup, bu verilerin uluslararası standartlarda mânia tespiti için kullanılabilir olduğu görülmektedir.

### 3. LİTERATÜRDE YER ALAN İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde havalimanı mânia tespiti ve takibi konularında geçmişte yapılmış bilimsel çalışmalar hakkında özet bilgiler sunulmuştur.

Mitsevich (2020) çalışmasında, yersel ölçümlerle mânianın takibinin zorlukları nedeniyle daha etkili bir çözüm olarak fotogrametrik yöntemler ile mânia tespiti ve değerlendirmesinin nasıl yapılacağından bahsetmektedir [10]. Araştırmanın amacı, konumsal verilerin birincil kaynağı olarak stereo uzaktan algılama görüntüsünü kullanan bir dijital fotogrametrik sistemde havalimanı mânia tanımlama ve değerlendirme süreçlerini birleştiren bir teknoloji geliştirmenin olduğu söylenmektedir. Çalışmanın işlem adımları mânia yüzeylerinin üç boyutlu modellerini üretmek, optimize edilmiş bir mânia veri dizisi oluşturmak, ölçüm doğruluğunun matematiksel kontrolü ve dönüştürme sırasında veri bütünlüğü kaybını en aza indirmektir. Çalışmada ağaç ve arazi gibi doğal mânialar tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda stereo görüntüler ve üç boyutlu mânia planı modellemesiyle fotogrametrik yöntemlerin aşağıdaki sorunları çözmek için havalimanı ve hava seyrüsefer hizmetleri tarafından kullanılabilceği söylenmektedir:

- En güncel uzaktan algılama verilerine göre havalimanı mânialarının dinamiklerinin izlenmesi yapılabilir.
- Havalimanı mânia planı alanında yeni yapıların inşası için bir yer seçmek veya bir binanın izin verilen maksimum yüksekliğini belirlemek için, bir stereo modelin seçilen yerinde tasarlanan binanın üç boyutlu bir modeli oluşturulabilir (içerilebilir) ve sınırlama yüzeylerine göre değerlendirilebilir.
- Pist ve mânia sınırlama yüzeylerinin üç boyutlu bir modeli ile yapılması planlanan bir pist için en uygun konum belirlenebilir.

Sonuç olarak stereo görüntüler yardımıyla havalimanları mâniaları tespiti ve düzenli olarak takibinin yapılmasının kolay ve uygulanabilir bir yöntem olduğu sonucuna varılmaktadır.

Qiao vd. (2016) yaptıkları çalışma ile mânia tespit çalışmalarında sayısal yüzey modelinin uygulanabilirliğini göstermeyi amaçlamışlardır [11]. Sayısal yüzey modeli hem hava fotoğrafı hem de uydu görüntüsünden elde edilmiş olup, çalışma iki kısma ayrılmıştır. İlk kısım konik yüzey ile sınırlanmış, ikinci kısım ile çok daha geniş bir alanı kapsayan dış

yatay yüzeydir. Bu iki kısımda doğruluk hassasiyeti değişkenlik göstermektedir. Konik yüzey ile sınırlandırılmış alanda daha hassas kotlara ihtiyaç duyulduğu için bu alanda sayısal yüzey modeli üretiminde hava fotoğrafları kullanılmış olup, Airborne Digital Sensor 100 (ADS100) ile 5 cm yer örnekleme aralığında stereo görüntüler toplanmıştır. Oldukça geniş bir alan olan dış yatay yüzeyi ise hava fotoğrafı ile görüntülemek oldukça maliyetli ve zaman alan bir iştir. Hem bu nedenlerden hem de hassasiyetin görece daha düşük olabileceğinden ötürü bu alanda sayısal yüzey modelini üretmek için Ziyuan-3 (ZY-3) uydusu kullanılmıştır. İki boyutlu mânia planı ArcMap programı TIN fonksiyonu ile üç boyutlu hale getirilmiştir. Sonrasında ise üçgenlenen her yüzey hücresel (raster) yapılarak yüzeyler birleştirilmiştir. Sayısal yüzey modeli ve mânia yüzeyleri üç boyutlu olarak hazırlandıktan sonra SYM-mânia yüzeyi pikselden piksele çıkarma işlemi yapılarak sayısal yüzey modelinden mânia olan yapılara ait piksellerin yukarıda kalması sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda mâniaların toplamda 35 günde tespit edildiği ve bu zamanın diğer ölçüm yöntemlerine göre yüzde elli daha az olduğu ve maliyetten de büyük tasarruf edildiği belirtilmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda daha avantajlı olan yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile sayısal yüzey modeli oluşturulmasının tercih edilmesinin uygun olacağı sonuç olarak belirtilmektedir.

Contreras-Alonso vd. (2020) yaptıkları çalışmada Barselona havalimanı çevresinde 2011-2018 yılları arasında ölçüm yaparak ağaçların mânia değerlendirmelerini yapmışlardır [12]. Bu yıldan önce yapılan çalışmalarda mânia tespitlerinin dört yılda bir yapıldığı ancak ağaçların sürgün vermelerine ilişkin bir analiz yapılmadığı bildirilmiştir. Günden güne boyları değişen ağaçlara ilişkin mânia gözlemeleme çalışmasında coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinden yararlanmışlardır. Ağaçların boyları GeoEye uydusundan belli aralıklar ile temin edilen veriden elde edilmiştir. Çalışmada geliştirilen metodoloji, mâniaların izlenmesi ve kontrolü için havalimanı yöneticisine kolaylık sağlamaktadır. Mânia yüzeyini korumak için gerçekleştirilecek eylemleri en aza indirgemede coğrafi bilgi sistemi tabanlı çalışmanın tercih edilebilir olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada uydu görüntülerinin kullanılmasının da maliyet olarak uygun olduğu ifade edilmektedir.

Ayeni vd. (2018) çalışmasında, Murtala Mohammed havalimanı gibi yoğun bir havalimanında havalimanı çevresindeki mâniaların tespiti ve gözlemlenmesi için coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak elde ettiği sonuçları paylaşmıştır [13]. Çalışmada ArcGIS programı ve daha önceden ölçümü yapılmış mânialar kullanılmıştır. Çalışma sonucunda

mânialar müsamaha edilebilir ya da edilemez olarak sınıflandırılarak ilgili otoritelere uçuş emniyetini arttıracak tavsiyelerde bulunulmuştur.

Zhukovskaya ve Mitsevich (2018) havacılık bilgi veri tabanı oluşturmak için fotogrametrik yöntem ve coğrafi veri oluşturma sürecini açıkladığı çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılmıştır [14]. Fotogrametrik işlemede, otomatik ve yarı otomatik yöntemler kullanılarak üç boyutlu modellerin oluşturulması ve filtrelenmesi, sayısal yükseklik modeli ile algılama yüzeyinin üzerindeki mânia aşımalarının hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra özniteliklerin üç boyutlu topolojik olarak ilişkili vektörleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama yöntemini kullanmanın avantajları olarak öznitelik verilerinin eksiksizliği, stereo ölçümler ve coğrafi verilerin karşılıklı kontrolü olduğu belirtilmektedir. Çalışma alanı farkı bölümlere ayrılmış olup, yüzeylerin doğruluk gereklilikleri farklı olduğundan farklı çözünürlükte modeller kullanılabilmiştir. Yine yüksek çözünürlüklü görüntü ile havalimanı harita veri tabanı ortofoto üzerinden sağlıklı bir şekilde oluşturulmuştur. Birçok benzer çalışmada belirtildiği üzere bu çalışmada da fotogrametrik yöntemle havacılık bilgi veri tabanının oluşturulmasının uygun maliyetli ve avantajlı olduğu belirtilmektedir.

Zhukovskaya ve Mitsevich (2021) çalışmalarında, havalimanı çevresinde ağaç yetiştirmenin kontrolü ve ağaç ekimi planlaması için bir temel olarak dijital fotogrametrik ve kartografik modellerin oluşturulmasına ve kullanılmasına yönelik yöntemleri açıklamışlardır [15]. Makalede, ağaçların büyümelerinin sürekli olması nedeniyle büyümelerinin periyodik olarak izlenmesi gerektiği belirtilerek yapılan çalışmanın, ağaç yaşı ile boyu arasındaki orantı kullanılarak izin verilen mânia yüksekliğine ne zaman ulaşacağına ilişkin veriler sunulmuştur. Çalışmada stereo görüntüler kullanılarak modeller üretilmiş olup, belirli bir noktada izin verilen maksimum yüksekliğe mânia planı yüzeyinden arazi yüzeyi çıkartılarak ulaşılmıştır. ICAO Annex 14'e göre mânianın düşey ölçüm doğruluğunun 3 metre olduğu belirtilerek 0.3-0.5 çözünürlük aralığında verinin kullanımının uygun olduğu söylenmektedir.

Gavran vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada, bir havalimanı için yer tespiti yapılırken meteoroloji, çevre ve navigasyon analizlerinin yapıldığı belirtilerek navigasyon analizi yapılırken özellikle dağlık bölgede arazi modelinin esas alındığı belirtilmektedir [16].

Yaptıkları çalışma ile pistin yönünü oluşturulan arazi modeline göre belirlemişlerdir. Arazi modeli oluştururken TIN yöntemini kullanmışlardır. TIN ile oluşturulan modele ek olarak mânia yüzeyleri de modellenmiş ve bunlar birlikte analiz edilerek dağ, tepe gibi doğal mânialar tespit edilmiştir. Bu çalışmada yapay mâniaların incelemesi yapılmamıştır.

Chang (2016) çalışmasında mânia yüzeylerini coğrafi bilgi sistemi ortamında belirli algoritmalarla üç boyutlu hale getirerek yüzey üzerindeki her bir noktada izin verilen yapılaşma yüksekliğine kolayca erişebilmeyi sağlamış ve bunu manuel hesaplamalarla teyit etmiştir [17]. Yapılan bu çalışmanın daha kapsamlı hali sivil havacılık otoritesi tarafından oluşturularak vatandaşın ve ilgili kurumların işi oldukça kolaylaşmıştır.

Ulubay ve Varol (2013) tarafından yapılan “Havaalanları Etrafında Emniyetli Sahaların Oluşturulması ve Sunulması” adlı çalışmada üç boyutlu hazırlanacak mânia planları ile havalimanları etrafındaki mâniaların belirlenmesi ve söz konusu verilerin ihtiyaç duyan kurumlar arasında paylaşılmasına yönelik bilgilendirme yapılmaktadır [18].

Silva ve Barros (2016) tarafından yapılan çalışmada uçakların yaklaşma ve kalkış hattındaki gerçek radar verileri kullanılarak takip etmeleri gereken rotadan sapmalarına yönelik analiz yapılmıştır [19]. Analiz sonucunda mevcut mânia yüzeyi kriterlerinin fazla kısıtlayıcı olduğu, yüzey eğimlerinin arttırılabileceği belirtilmiştir. Ancak bu değerlendirmenin havalimanı tipine göre değişebileceği de belirtilmiştir.

Selim vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada düşük çözünürlüklü yüzey modeli ile farklı arazi yapılarına sahip 5 alanda ağaçların tespiti yapılmış, ağaçların en az %65’i tespit edilmiş, ağaçların çağının, yüzey modelinin çözünürlüğünün ve arazi yapısının ağaçların tespitinde etken faktörler olduğu bildirilmiştir [20].

Hanapi vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada uzaktan algılama yöntemiyle yapılan çalışmalar ve metotlar incelenerek gelecekte kullanılacak yöntemlere ilişkin bilgi sunulmuştur [21]. Uzaktan algılama verilerinin teminin kolaylaşması ile birlikte çalışmaların daha çok düşük ücret ve yüksek kalitedeki verilerin kullanılabilirliğine odaklanacağı, pasif ve aktif sensör verilerinin birleştirilmesinin ağaç tespit doğruluğunu arttırabileceği söylenmektedir.

Özdarıcı-Ok (2014) çalışmasında, yüksek mekânsal çözünürlüklü optik uydu görüntülerinden narenciye ağaçlarının otomatik olarak tespitine yönelik yeni bir yaklaşım sunmuş olup yöntemin, uydu görüntülerine ait yakın-kızıl ötesi bant kullanılarak HISD yöntemi yoluyla görüntüye ait simetrik bölgelerin bulunmasının ardından ağaçların bireysel tespitine yönelik bir dizi hiyerarşik işlem adımı içerdiği, elde edilen sonuçların piksel- ve nesne tabanlı olarak değerlendirildiği ve test alanları için yaklaşık %65 - %95 arasında doğruluk oranları elde edildiği belirtilmektedir [22]. Düşük sonuçların, piksel tabanlı değerlendirme yaklaşımından, alanlarda bulunan farklı bitki türlerinden kaynaklanan spektral karışmalardan ve narenciye ağaçlarının tepe taç bölgelerinin birbiriyle kesişmesinden kaynaklandığı sonucuna varıldığı, önerilen yöntemin gölge, model ağaç vb. kritik bilgilere ve karmaşık kurallara ihtiyaç duymaması, yöntemin literatüre kazandırdığı avantajlar olarak değerlendirildiği ifade edilmektedir.

Khan vd. (2018) yazdıkları makalede, uydu görüntülerinin görüntü işlemesine dayalı otomatik bir zeytin ağacı sayma yöntemi sunmuştur [23]. Görüntülerin, keskinliği azaltan maskeleye ve ardından geliştirilmiş çok seviyeli eşiklemeye dayalı segmentasyon kullanılarak önceden işlendiği, ortaya çıkan dairesel lekelerin, tanımlama için dairesel Hough dönüşümü aracılığıyla algılandığı bildirilerek önerilen algoritma algılamada %96 doğruluk elde edildiği, 300×300 piksel görüntü boyutu için hesaplama süresinin 24 ms olarak kaydedildiği, önerilen metodolojide daha az spektral bilgi kullanıldığı ve bunun da en yeni tekniğe kıyasla düşük hesaplama maliyetiyle rekabetçi bir doğruluk sağladığı bildirilmektedir.

## 4. ÇALIŞMA ALANI VE YÖNTEM

Bu bölümde, öncelikle Tokat Havalimanı çalışma alanı için toplanan veriler tanıtılmış ve devamında çalışmada kullanılan genel veri işleme yöntemi tanıtılmıştır.

### 4.1 Çalışma Alanı

Tokat yeni havalimanı açılmadan önce mânia tespit çalışması yapılması gerektiğinden hassas bir çalışma yapılabilmesi için Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı ile iş birliği yapılarak mânia planını içeren haritalar temin edilmiş ve mânia tespit çalışması bu tezi hazırlayan Ulaş ŞAHİN tarafından çalıştığı kurum olan DHMİ için yapılmıştır. Hassas ve güncel verinin bulunması nedeniyle verilerin kullanım izni DHMİ'den alınarak mânia tespit çalışması ve ağaç sürgün vermelerini takip tahmin haritası oluşturmayı amaçlayan bu çalışmada, çalışma alanı olarak Tokat ilinin yeni havalimanı seçilmiştir.

Tokat ili Karadeniz bölgesinde yer almakta olup, Samsun, Ordu, Amasya, Yozgat ve Sivas illeri ile komşudur. 2022 yılı verilerine göre nüfusu 605.000'dir. Nüfusun %80'i şehirlerde yaşamaktadır. Verimli toprakları bulunan Tokat'ın geçim kaynakları tarım, hayvancılık ve ticarettir.

Tokat havalimanı valilik tarafından 1990'lı yılların başında yapılarak ileriki yıllarda işletimi için DHMİ'ye devredilmiştir. İlk yapılan havalimanının konumu ve ebatları belirlenirken belki de o günün koşullarında en uygun yer olduğu düşünülen 40.303585N 36.362324E koordinatları merkez olarak seçilmiş, o günün ihtiyaçlarına uygun olması muhtemel havalimanı inşa edilmiştir. Ancak aynı dönemde valiliklerce yapılan birçok havalimanında olduğu gibi havalimanı konumu belirlenirken çevresindeki doğal arazi dikkate alınmadığından Tokat havalimanı da özellikle yaklaşma hattındaki dağ ve tepelerden ötürü uçak tiplerinin büyümesiyle kullanılabilirliğini kaybetmiştir. 1700 metre uzunluktaki pisti ve çok küçük olan terminali de günümüz ihtiyaçlarını karşılamamış, 2017 yılında kapatılmıştır.

Valilik tarafından yaptırılan Tokat havalimanının kullanışlı olmaması nedeniyle yapılan analizler sonucunda mevcut havalimanının kuzey-doğusunda yeni havalimanı için yer belirlenerek kamulaştırma işlemleri tamamlanıp DHMİ tarafından havalimanı yapım



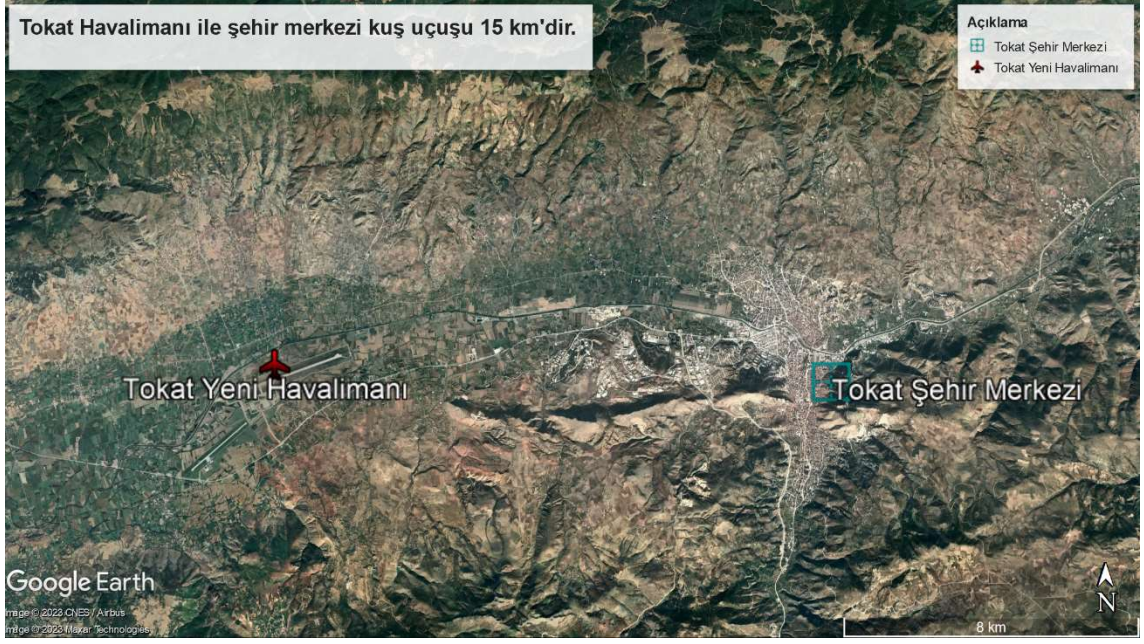
çalışmalarına 2018 yılında başlanmıştır. 40°19'29"N 36°23'25"E koordinatında bulunan Tokat yeni havalimanı 2022 yılında hizmete açılmıştır (Şekil 4.1). Yıllık 2 milyon yolcu kapasiteli havalimanında 7 adet park pozisyonu bulunmaktadır. Havalimanı yan al yüzeylerinde ve doğu yaklaşmasının 12. kilometresinde doğal mânia bulunmakta olup, daha çok iniş yapılan batı yaklaşmasında birkaç ağaç dışında doğal ve yapay mânia bulunmamaktadır.



Şekil 4.1 Tokat eski ve yeni havalimanları

Çalışmaya esas olan Tokat yeni havalimanı pisti 2700 metre uzunluğundadır. Havalimanını kullanacak olan uçaklardan en büyüğü olarak kanat açıklığı 52 metreye kadar olabilen uçaklar seçildiğinden havalimanı kategorisi 4D'dir ve PAT (Pist, Apron, Taksi yolu) sahaları ölçüleri buna göre belirlenmiştir.

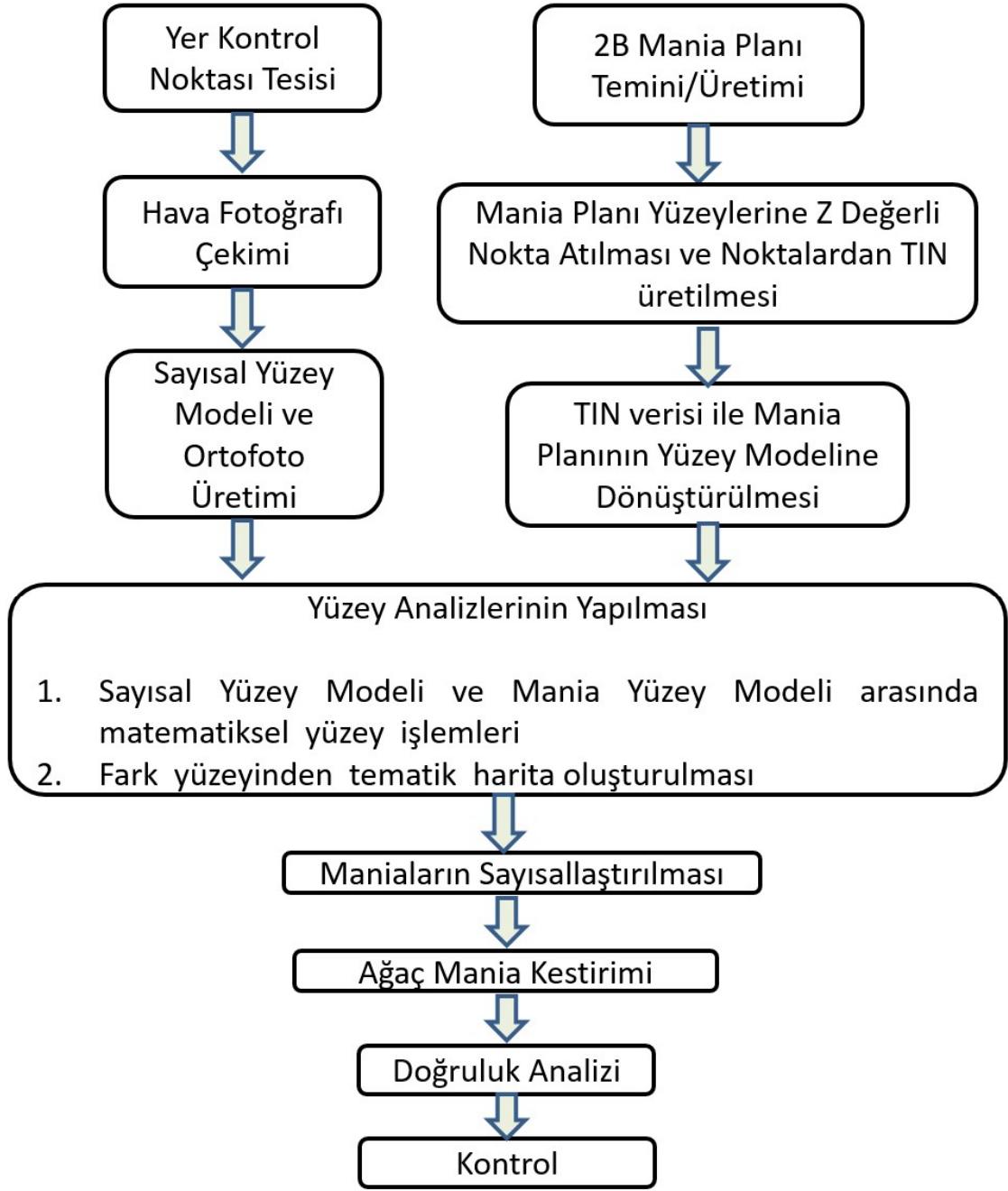
Havalimanı rakımı 566 metre olup, en yakın havalimanı olan Sivas havalimanına kuş uçuşu uzaklığı 72 kilometredir. Tokat yeni havalimanı şehrin batısında olup, şehir merkezine 18 kilometre mesafededir (Şekil 4.2). Havalimanı çevresinde yoğun yapılaşma bulunmayıp küçük ölçekte köyler bulunmaktadır.



Şekil 4.2 Tokat yeni havalimanının şehir merkezine uzaklığı

#### 4.2 Yöntem

Bu tez kapsamında uygulanan yöntemin özeti Şekil 4.3'te sunulmuştur. Çalışma alanına homojen olarak dağılmış 30 adet YKN tesisi sonrasında uçuş yapılarak fotoğraflar çekilmiş, fotogrametrik yöntemle SYM ve ortofoto üretilmiştir. 2B mânia planı yüzey modeline dönüştürülerek SYM'den mânia planı yüzey modeli çıkartılıp pozitif piksellerin temsil ettiği mânialar bulunmuştur. Bu mânialar sayısallaştırılarak ağaç mânia tahmini yapılmıştır.

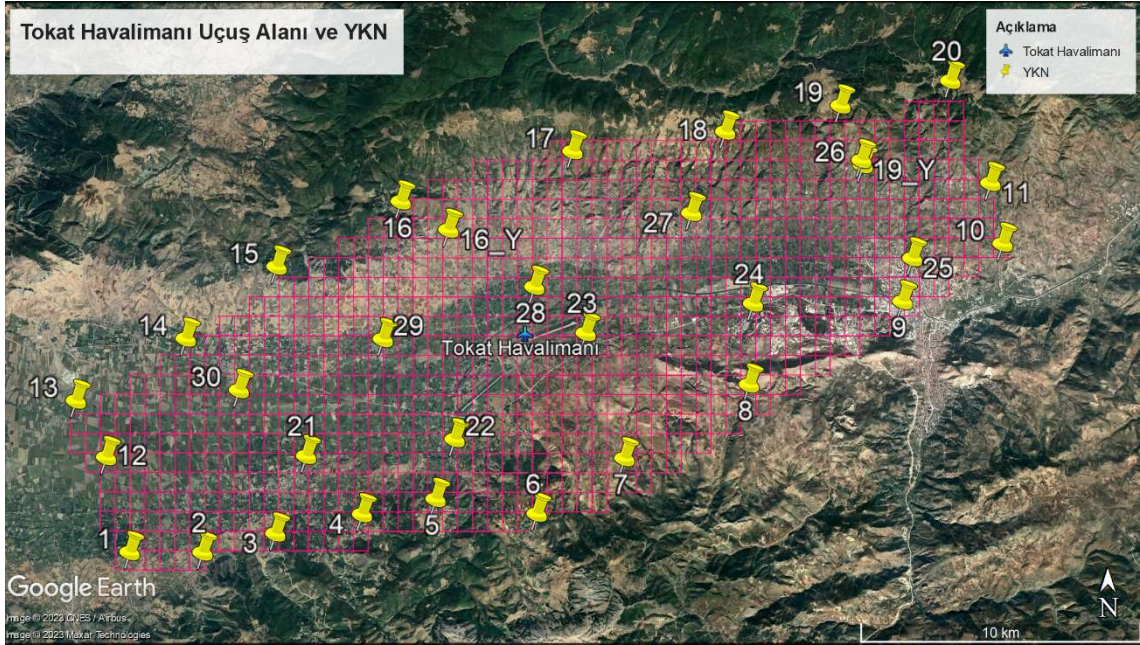


Şekil 4.3 Yöntem Akış Şeması

#### 4.2.1 Yer Kontrol Noktası Tesisi

Uçuş yapılacak alana homojen dağılmış 30 adet yer kontrol noktasının (Şekil 4.4.) koordinatı Topcon Hiper GPS cihazı ile ölçülerek UTM 3 derece ITRF 96 koordinat sisteminde noktalar üretilmiştir. Yer kontrol noktaları, çizgileri 1 metre uzunluğunda artı işareti olacak şekilde yere pist boyası ile boyanmış olup, görünürlüğünü kapatacak objelerden kaçınılarak açık alanlara tesisine özen gösterilmiştir. Özellikle köylerde

işaretin hangi amaçla yapıldığı anlatılarak belli bir süre için silinmemesi ve üzerinin kapanmayacak şekilde muhafaza edilmesi gerekliliği bildirilmiştir. Yer kontrol noktalarının tesisi DHMİ Genel Müdürlüğü'nce yapılmıştır. Sonrasında hava fotoğraflarında tamamının görünür olduğu görülmüştür.



Şekil 4.4 Yer Kontrol Noktaları Dağılımı

#### 4.2.2 Hava Fotoğrafı Çekimi ve Fotogrametrik İşlemler

Tek bir pisti olan bir havalimanının mânia planı yaklaşık 220 km<sup>2</sup> alanı kapsamakta olup, bu kadar geniş bir alandaki yapıların ölçümü, yersel ölçüm yöntemleri ile oldukça fazla zaman gerektiren, maliyetli ve zahmetli bir iştir. Bu nedenle kolay ve hassas veri elde etme yöntemi olan hava fotoğrafları ile harita üretimi yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır.

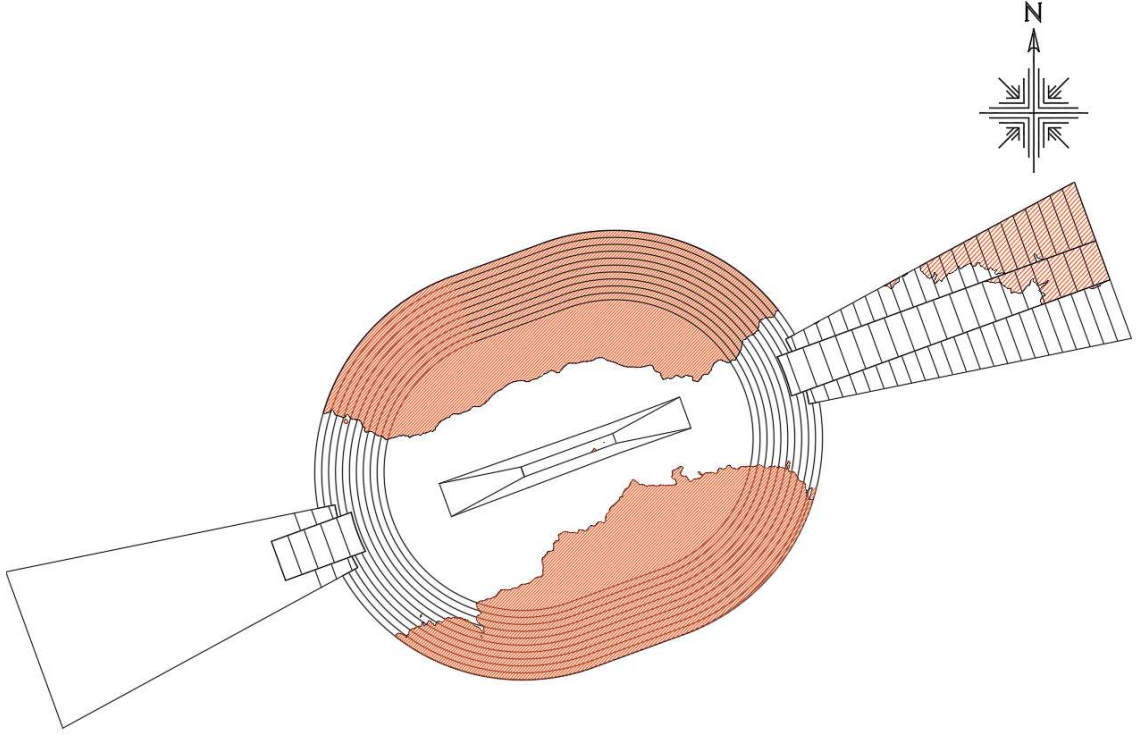
2020 yılı hava fotoğraflarının çekimi Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı tarafından yapılmıştır. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün Islander BN2T uçağı üzerindeki Ultracam Osprey Mark 3 marka kamera ile görüntü alımı gerçekleştirilmiştir. Toplam 671 görüntü alınmış olup, ortalama uçuş yüksekliği 4300 metre, yer örnekleme aralığı 20 cm, bindirme oranlar ise %80-60 ve sonuç verilerin konum doğruluğu 10 cm dir.

Aynı alana ait referans verilerinin üretildiği 2022 yılı hava fotoğrafları çekimi ise DJI Matrice 300 RTK drone ile yapılmış olup, uçuş yüksekliği 280 metre, yer örnekleme aralığı 1.88 cm, fotoğraf sayısı 1206, bindirme oranları ise %80-60'dır.

Sayısal yüzey modeli modellenen alandaki insan yapımı nesnelere ve bitki örtüsünün yükseklik bilgilerini içerir. Sayısal arazi modelinin aksine, yer üstü özellikleri hakkında bilgi sağlar ve bu nedenle kentsel alanlarda yapılaşmada değişiklik tespiti ve ormansızlaşmanın izlenmesi konularında tercih edilmektedir. Bu çalışmada da mânia olarak sayısallaştırılacak bina, ağaç, direk vb. cisimlerin en üst noktalarının kotlarına ihtiyaç olduğu için en uygun yöntem sayısal yüzey modelinin kullanımını içerendir.

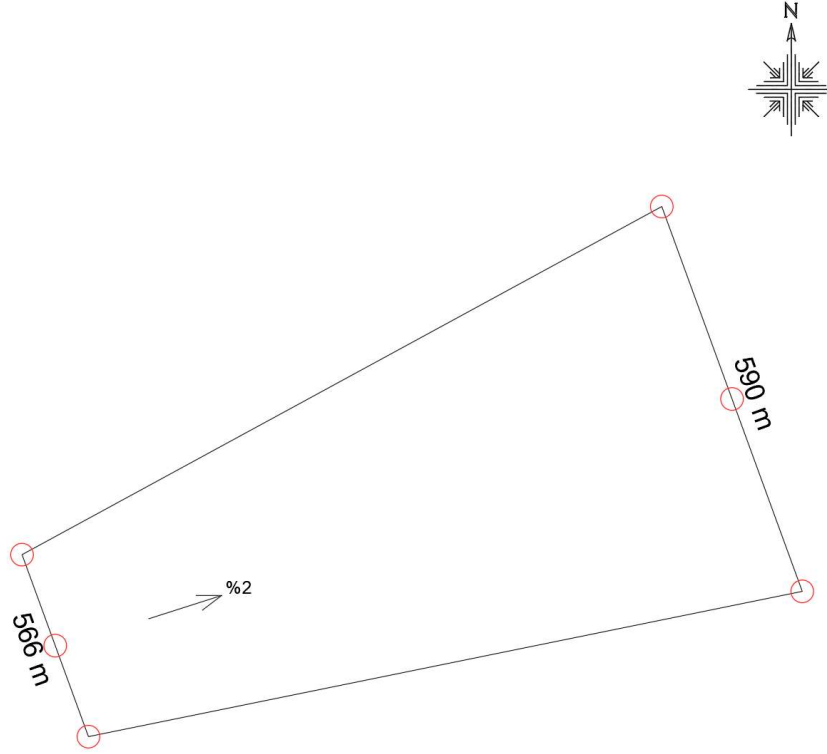
#### **4.2.3 2B Mânia Planı Temini/Üretimi ve Mânia Planının Yüzey Modeline Dönüştürülmesi**

Bir havalimanının mânia planı hazırlanmadan önce havalimanı referans kodu, yaklaşma kategorisi ve her pistin kalkış, yaklaşma gibi kullanım amacı belirlenir. Bölüm 3'te belirtilen havalimanı özellikleri doğrultusunda coğrafi pist başı koordinatları ve ortometrik kotları esas alınarak hazırlanan mânia planında şerit sahanın 280 metre olduğu görülmektedir. İç yatay kotu belirlenirken pist başı kotları arasındaki fark yaklaşık 6 metre olduğundan 21.12.2020 tarihli SHT-MANİA PLANI Talimatı Madde 5 (e) bendi gereğince yüksek olan pist başı esas alınarak 612 metre olarak alınmıştır. SHGM tarafından hazırlanan mânia planları Autocad 3D yazılımıyla pist başı koordinatları esas alınarak yükseklik verisi olmayan çizgilerin birleştirilmesi ile iki boyutlu olarak hazırlanmakta olup, yapılaşma sınırı gösteren ortometrik kotlar "text" formatındadır. Bu çalışmada mânia planı (Şekil 4.5.) SHGM'den alınan mânia planının güncellenmesi ile oluşturulmuş olup, CAD programları ile de Ek 14 kriterleri dikkate alınarak hazırlanabilir.

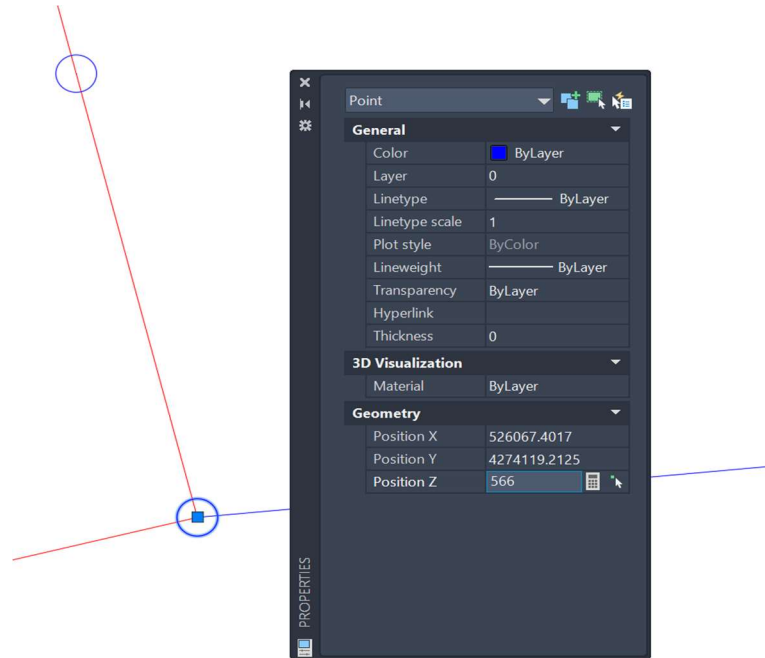


Şekil 4.5. Tokat Yeni Havalimanı Mânia Planı (Taralı alanlar doğal mâniadır)

Yükseklik bilgisi içermeyen iki boyutlu mânia planını üç boyutlu hale getirmek için öncelikle yüzeylerin başlangıç köşe noktalarına ve yüzey boyunca yardımcı olarak çizilen her çizgiye homojen olarak noktalar atılarak noktalara mânia planına göre o noktada izin verilen yükseklik değeri girilmiştir (Şekil 4.6 ve 4.7). Bu işlem mânia planı .dwg uzantılı olduğu için yine aynı yazılımda yapılmıştır. Bu noktalardan her bir yüzey için ayrı yüzey modeli oluşturulacağından her yüzey, içinde noktaları ile birlikte farklı bir .dwg uzantılı dosya olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.6. Mânia Yüzeyi Üzerindeki Çizgilere Atılan Kotlu Noktalar (Kırmızı)

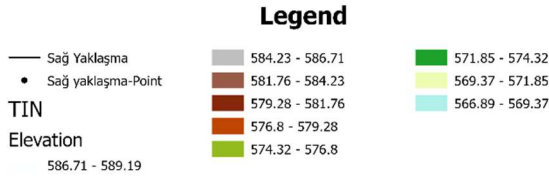
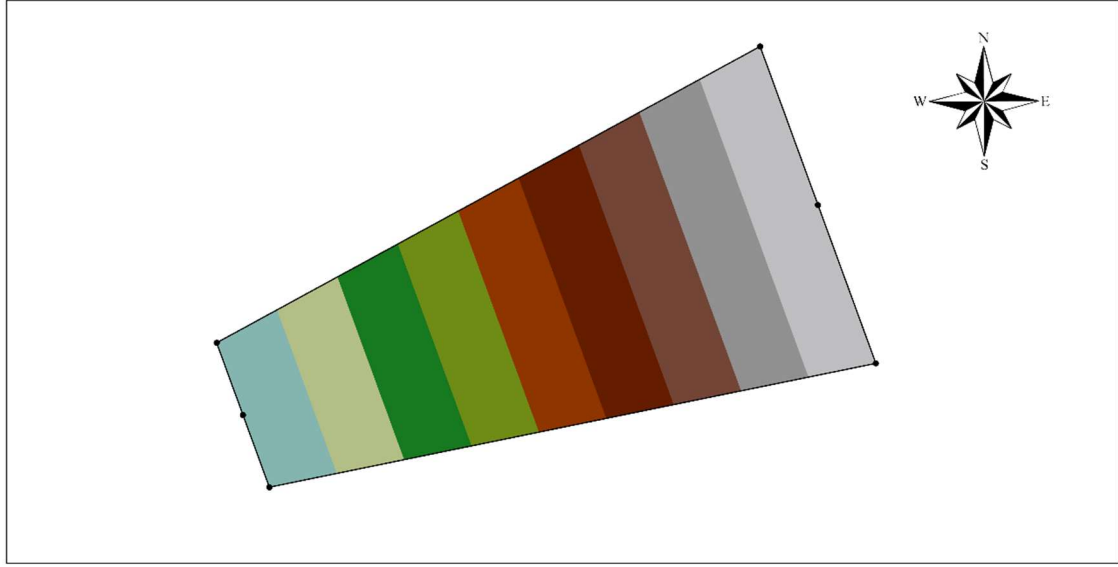


Şekil 4.7. Yüzey oluşturulmak için noktalara Z değeri verilmesi

Bu noktalardan yüzey oluşturmak ve sonrasında mânia tespitini yapmak için ArcMap yazılımı kullanılmıştır. Her yüzeyde .dwg formatında ayrı olarak kaydedilen nokta ve çizgiler yazılımda çağrılıp noktalar kullanılarak shape (.shp) dosyası üretilmiştir. Shape dosyası nokta, çizgi, poligon gibi geometrik verilerin vektör koordinatlarında saklandığı anlamına gelen bir vektör veri formatıdır. Shape dosyası üretilirken dosyadaki diğer öznitelik bilgileri elenerek sadece yükseklik (elevation) bilgisi kullanılmıştır.

Üretilen nokta verisinden ilk aşama olarak TIN (Triangulated Irregular Networks) üretilmiştir (Şekil 4.8). TIN'ler yüzey modelini ifade etmek için kullanılan vektör veridir. Nokta, çizgi ve poligon verileri girdi olarak kullanılarak TIN oluşturulur. TIN oluşturulurken girdi noktaları üçgenlerin köşeleri olur. Köşeler üçgenlerin kenarlarını oluşturacak çizgiler ile bağlanır. Sonuçta köşelerden ve kenarlardan oluşan sürekli bir üçgenler yüzeyi elde edilir. TIN verisinde yüzeye ait yükseklik bilgileri mevcuttur. ArcMap yazılımında noktalardan her bir yüzey için oluşturulan shapefile'lar girdi olarak kullanılarak TIN oluşturulmuştur. Parametrelerde yükseklik olarak nokta verisinin özniteliğinde otomatik olarak gelen 'elevation' seçilmelidir. Oluşturulan TIN'ler kullanılarak devamında 3B hücreli yüzeyler üretilmiştir.



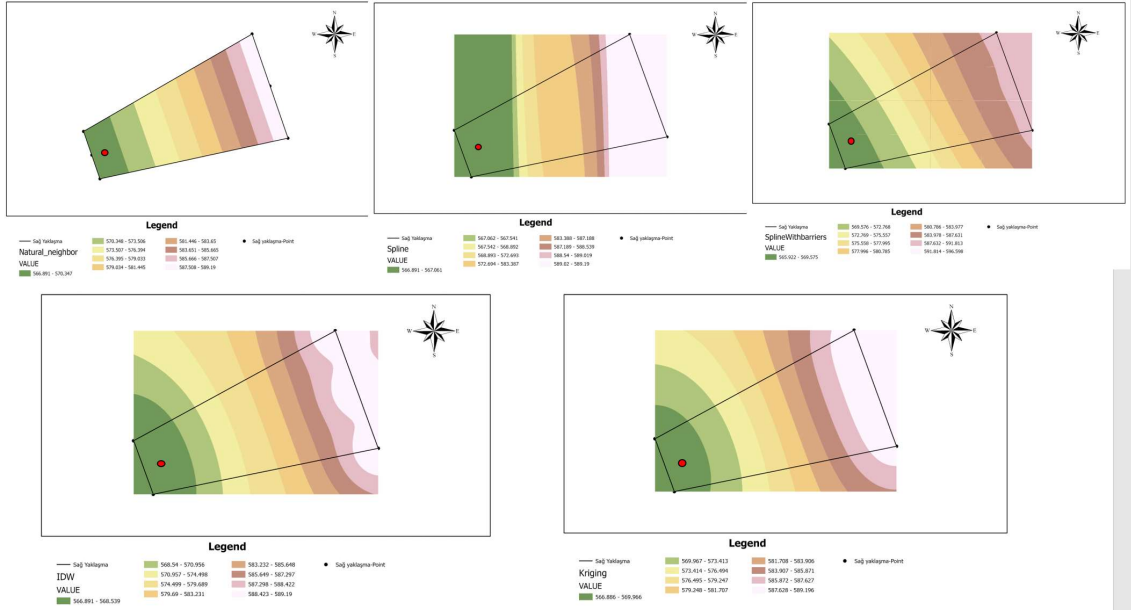


Şekil 4.8. Shapefile'dan üretilen TIN

Üçgenleme yönteminin yanında yüzey modeli oluşturmak için diğer enterpolasyon fonksiyonları da (IDW, Kriging, Natural Neighbor, Spline, Spline with barriers) denenmiştir. TIN ve Natural Neighbor yöntemlerinin aynı ve doğru sonuç verdiği, diğer yöntemlerin ise yüzeyin dışını da enterpolasyona dahil ettiği ve görece hatalı sonuç verdikleri görülmüştür. Enterpolasyon yöntemlerinin seçilen bir referans nokta için çıktı değerleri Çizelge 4.1'de görülmektedir. Bu çalışmada daha doğru sonuç vermesi nedeniyle TIN ile oluşturulan hücresel veri kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Enterpolasyon Yöntemleri Sonuçları

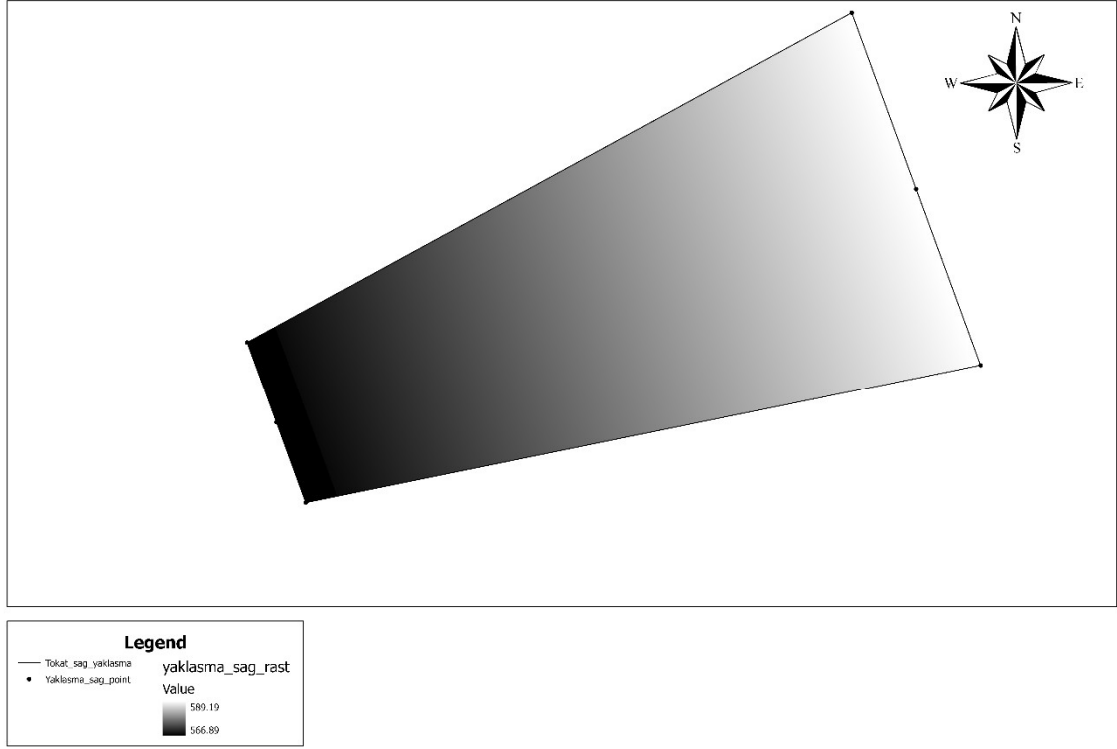
Enterpolasyon Yöntemi	Çıktı Değer (m)
IDW	567.32
Kriging	567.95
Natural Neighbor	569.08
Spline	566.89
Spline with Barriers	568.39
TIN	569.08



Şekil 4.9. Enterpolasyon yöntemlerinin görsel çıktıları

#### 4.2.4 Yüzey Analizlerinin Yapılması

İki boyutlu olan mânia planı, ArcMap'ın TIN verisinden raster'a dönüştürme fonksiyonu kullanılıp üç boyutlu yüzey modeli haline getirilerek yapılaşma yükseklik sınırlarını içeren bir hücrel veri üretilmiştir (Şekil 4.10). Mânia planı yüzey modelinin üretiminde arazi kotları sadece doğal mânianın gösterilmesi için dikkate alınır. Bunun dışında arazinin bir önemi yoktur. Raster dönüştürme fonksiyonu girdi parametrelerinde; her hücrenin daha hassas bilgi verebilmesi için tam sayıya yuvarlama değil de ondalık sayı seçeneği seçilmiş ve örnekleme aralığı olarak da sayısal yüzey modelinin örnekleme aralığı girilmiştir. Hava fotoğraflarından üretilen ve üç boyutlu olan sayısal yüzey modelinde ise uçuş yapılan alandaki doğal ve yapay nesnelerin yükseklik değerleri bulunmaktadır. Sayısal yüzey modelinden üç boyutlu mânia planı hücrel verisi pikselden piksele çıkartıldığında işlem sonucunda pozitif değerler mânia olacaktır. Bu çıkartma işlemi de yine ArcMap'te yapılmış olup, çıktı olarak mânia olan alanların SYM'si elde edilmiştir.



Şekil 4.10. TIN verisinden üretilen Raster

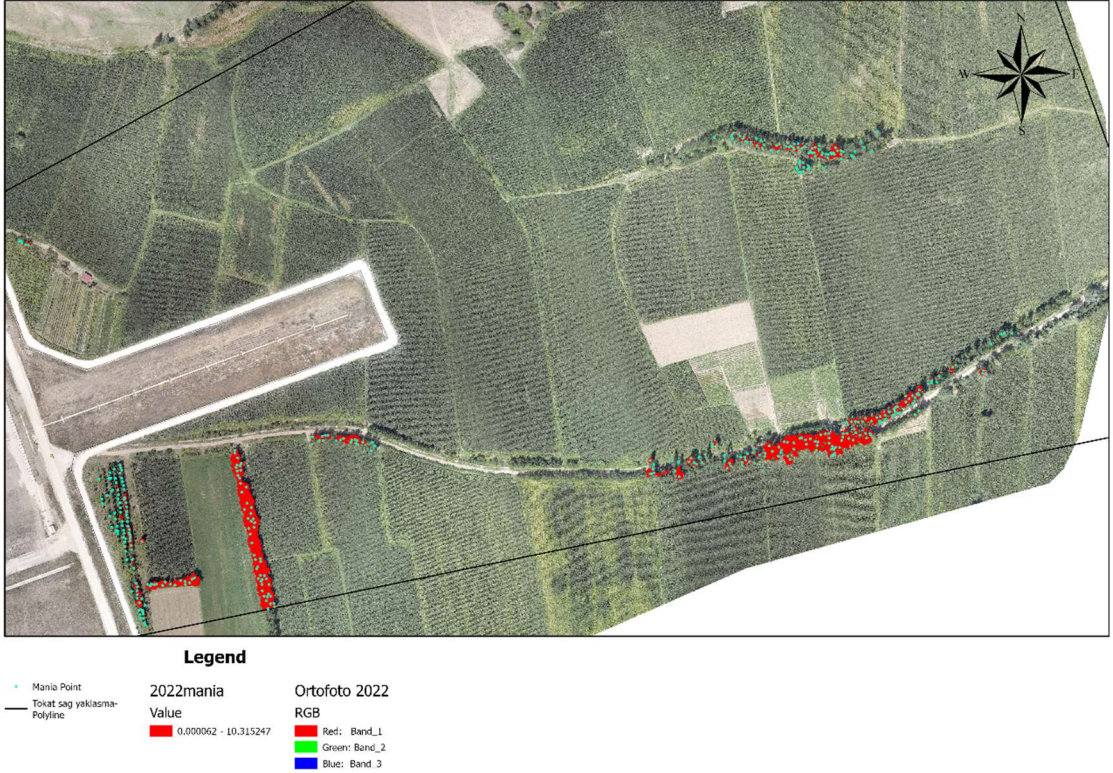
Yine hava fotoğrafından üretilmiş olan sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modelinden çıkartılarak (normalize yüzey modeli) mâniaların yükseklikleri tespit edilmiştir. Bu yükseklik arazi modelinin hassasiyeti kadar olup, doğruluğu maalesef yüksek değildir. Ancak mâniada tepe kotu yani sayısal yüzey modelinden gelen kot esas alındığından olumsuz bir husus bulunmamaktadır.

#### 4.2.5 Mâniaların Sayısallaştırılması

Sayısal yüzey modelinden üç boyutlu mânia planının çıkartma işlemi sonrasında pozitif değerlere karşılık gelen doğal ve yapay nesnelere mâniadır. Elde edilen mânia SYM katmanı pozitif ve negatif değerlere göre tematik hale getirilerek (Pozitif değerler belirli bir renk, negatif değerler ise renksiz olarak tanımlanmıştır) sadece mânia olan nesnelere yüzey üzerinde tanımlı hale getirilmiştir. Bu yüzey üzerine ortofoto eklenmesiyle de mâniaların tipi kolaylıkla seçilebilecek hale gelmiştir.

Bu yöntem sonucunda mâniaların cinsi ve konumu ortofoto üzerinden görülebilse de mânianın öznelik bilgilerine ihtiyaç olduğu için sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle mânialar nokta olarak sayısallaştırılmıştır. Bina ve direklere bir nokta atılırken,

geniş ağaç kümelerine birden fazla nokta atılmıştır. Bu noktaların kot ve koordinat değerleri sayısal yüzey modelinden otomatik olarak alınmış, mânia'nın cinsi ise ortofotodan bakılarak manuel olarak girilmiştir. Sayısal yüzey modelinden alınan koordinatlar ITRF 96 olup, mânia'nın yayını coğrafi koordinat olarak yapılmaktadır. Bu dönüşümde de yine ArcMap kullanılarak coğrafi koordinatlar kullanılmıştır. Yapılan bu işlem sonucunda mânia'lar sayısallaştırılarak yayına hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.11).



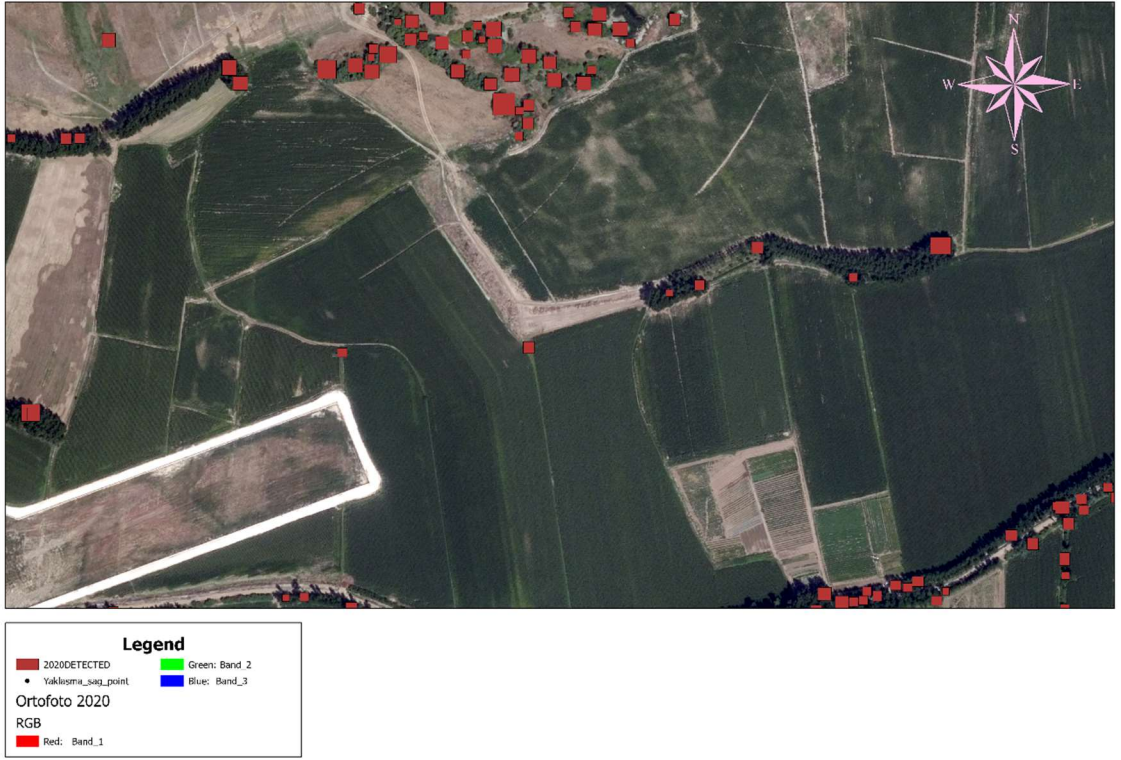
Şekil 4.11 Sayısallaştırılmış mânia'lar

#### 4.2.6 Ağaç Mânia Tahmini

Mânia tespitinde kullanılan çıkartma yöntemi sonucunda pozitif değerler mânia olarak alınmış, negatif değerler ise mânia olmadığı için renksiz olarak betimlenmişti. Bölge halkından edinilen bilgilerle ağaçların yıllık sürgün verme tahmini 2 metre olarak alınmış olup, 2020 yılına ait SYM yüksekliklerine 4 m eklenip 2022 yılına ait tahmini SYM bulunmuştur. 2022 tahmini SYM'den mânia yüzeyi pikselden piksele çıktı işlemi yapılarak pozitif piksellerin renklendirilmesi ile tahmini mânia olan nesnelere belirlenmiştir. Ancak bu ekleme işlemi tüm yüzey modeline uygulandığından arazi ve bina da yükseldiğinden ağaç dışı mânia'larda gösterilmekte olup, bu doğru bir yaklaşım

olmamaktadır. Bu durumun düzeltilebilmesi için sadece ağaç bölgelerine ait yüksekliklerin yükseltilmesi, ağaç dışındaki bölgelere ise bir işlem yapılmaması gerekmektedir.

Ağaçların ve binaların ayrıştırılabilmesi için geleneksel kontrollü sınıflandırma yöntemi test edilmiş ancak bina çatılarının toprakla ya da beton yolla aynı renk olması ve ağaçların ekili alanlarla benzer sayısal değerlere sahip olması ve görüntülerin sadece 3-banttan oluşması nedeniyle arzu edilen yüksek doğruluk sonucuna ulaşılamamıştır. ArcGIS yazılımında hazır eğitim verisi paketi yardımıyla ağaç bulma derin öğrenme modeli kullanılarak ağaçların tespiti ayrıca denenmiş olup, ağaçların tamamının tespit edilememesi ve ağaç dışı nesnelere de işaretlemesi nedeniyle arzu edilen seviyede doğru sonuç vermediği görülmüştür (Şekil 4.12). Bir diğer yöntem olarak ise ağaçlar üzerinde manuel olarak derin öğrenme için örnekler toplanmış ve oluşturulan eğitim modeli ile ağaçların tespiti denenmiştir. Ancak derin öğrenme yönteminin çok fazla sayıda eğitim verisi ihtiyacı ve bu aracın yüksek seviyede grafik kartı donanımı gerektirmesi nedeniyle başarılı olunamamıştır. Son olarak, çalışma alanındaki ağaçlar manuel olarak poligona çevrilmiş, bu poligonlardan sadece ağaçları içeren hücresel yüzeyler oluşturulmuştur. 2020 yılına ait SYM verisi ile üretilen ve sadece ağaçları içeren hücresel yüzeylere 4 metre eklenerek 2022 yılına ait tahmini SYM üretilmiş, bu SYM'den mânia yüzeyi çıkartılıp 2022 yılı için sadece ağaç olan tahmini mânialar bulunmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.12 Hazır ağaç tespit modeli ile tespit edilen ağaçlar



Şekil 4.13 2022 yılı sadece ağaç olan tahmini mânialar

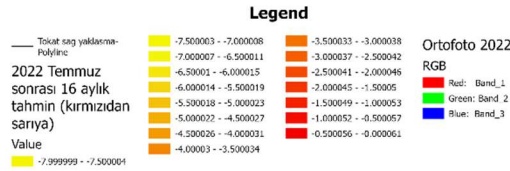
Detayları Bölüm 5’te anlatıldığı üzere yapılan doğruluk analizi sonucunda yıllık sürgün verme miktarının 2 metre olarak kabul edilmesinin doğru olduğu sonucuna varılarak 4 yıllık mânia ağaç tahmini 2022 yılı verileri esas alınarak yapılmıştır (Şekil 4.14).

Yıllık 2 metreden daha fazla sürgün veren ağaçlar da olduğu SYM2022-SYM2020 pikselden piksele çıkartma işleminden görülmekte olup, 2.5 metreden fazla sürgün veren ağaç yok denecek kadar azdır. Bu durum 2020 SYM ve 2022 SYM’de 1276 ortak noktadan alınan yükseklik değerleri ile kontrol edilmiştir.

2022 ağaç SYM’ye 2 metre eklenip mânia yüzey modelinden çıkartıldığında 2023 yılı tahmini ağaç mâniaları bulunmaktadır. Ancak tahmin işlemi yıllık olarak yapıldığında yıllık sürgün verme miktarı 2 metreye çok yakın olan ancak 2 metre olmadığı (örneğin 1.90 m) için tahminde görülmeyen ağaçların da olduğu görülmüştür. Bu ağaçlar 1 yıldan daha kısa süre içerisinde mânia olacaklardır.

Yıllık sürgün verme miktarı 2 metre kabul edildiğinde 6 aylık sürgün verme miktarı 1 metredir. Mânia tespitinin düşey doğruluğunda Bölüm 2’de belirtildiği üzere +/- 1 metreye kadar düşey doğrulukta hassasiyet seviyesi olduğundan 6 aylık tahmin haritaları oluşturulduğunda 6. ayda mânia olmayan ancak 7. ayda mânia olacak bir ağacın bir sonraki 6 aylık süreç başında tahmin edilecek olması 1 metre hassasiyet seviyesi dahilinde kalmaktadır.

Ancak yıllık 2 ila 2.5 metre arasında uzayan ağaçlar da olduğu için 3 aylık yani 50 cm sürgün vermeyi tahmin eden tahmin haritaları oluşturulması hiçbir ağacın gözden kaçmamasını sağlayacaktır. Bu kapsamda 2022 yılı Temmuz ayından yani uçuşun yapıldığı zamandan başlayan 3 aylık periyotlarla 4 yıllık (16 ay) hazırlanan ağaç mânia tahmin haritası Şekil 4.14’te yer almaktadır. Burada semboloji kısmında eşit mesafe bölümlenmesi yapılarak bir tematik harita oluşturulmuştur.



Şekil 4.14 2022 Temmuz sonrası 16 aylık mânia ağaç tahmini (her 3 ay açıktan koyuya renklendirilmiştir)

### 4.3 Doğruluk Analizi Yöntemi

Bölgedeki ağaç sahiplerinden edinilen bilgiye göre; çalışma alanında kavak ağaçlarının bakım ve sulaması zamanında yapıldığı takdirde yıllık ortalama 2 metre sürgün verebileceği söylenmiştir. Elimizde kontrol verisi olarak 2022 yılı verisi olduğu için 2020 yılına ait SYM ağaç bölgesi yüksekliklerine 4 metre eklenerek 2022 yılı tahmini ağaç bölgesi uzunlukları bulunmuştur. Doğruluk analizi için gerçek ağaç yüksekliklerini içeren 2022 yılına ait SYM ile 2022 yılı tahmini ağaç uzunluklarının karşılaştırılması gerekmekte olup, bu kapsamda alan bazlı bir analiz yapılarak *kesinlik*, *geri-çağırma*, *doğruluk* ve *F1-skor* değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamada kullanılan ve alan olarak hesaplanan çıktılar şöyledir:

*Doğru Pozitif (TP)*: Ağaç 2022 yılında mânia olacak diye tahmin edildi ve doğru,

*Yanlış Pozitif (FP)*: Ağaç 2022 yılında mânia olacak diye tahmin edildi ama hatalı,

*Yanlış Negatif (FN)*: Ağaç 2022 yılında mânia olmayacak diye tahmin edildi ama hatalı,

*Doğru Negatif (TN)*: Ağaç 2022 yılında mânia olmayacak diye tahmin edildi ve doğru.





**Legend**

— Sağ yaklaşma-Polyline	Ortofoto 2020
TN	RGB
FN	Red: Band_1
FP	Green: Band_2
TP	Blue: Band_3

Şekil 4.15 Doğruluk analizi sonucunda elde edilen TP, FP, TN, FN

$$\text{Doğruluk} = (TP+TN) / (TP+TN+FN+FP)$$

$$\text{Geri-çağırma} = TP / (TP + FN)$$

$$\text{Kesinlik} = TP / (TP + FP)$$

$$\text{F1-skor} = 2 * \text{Kesinlik} * \text{Geri-çağırma} / (\text{Kesinlik} + \text{Geri-çağırma})$$

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ülkemiz sivil havacılık kanunlarına göre bir havalimanının mânia planı yayınlandıktan sonra bu mânia planı kotları ve notları, imar planlarına ilgili imar planı yapmaya yetkili kurumlarca işlenir ve yeni mânia oluşmasına izin verilmez. Mânia planı yayınlanmadan önce yapılan mevcut mânialar da havalimanı işletmecisi tarafından tespit edilir ve hava seyrüsefer usul tasarımları bu mânialar ve doğal mânialar esas alınarak yapılır.

Yapılaşma izni için birçok belge alınması gerektiğinden veya mânia olacak bir yapı inşaat aşamasında tespit edilebileceğinden mânia planını ihlal edecek yapının takibi nispeten daha kolay olsa da ağaçların sürgün verme miktarlarının takibinin kurumlarca yapılması oldukça zor olup, işleyişte de ağaçların mânia kontrolünde zorluklar yaşandığı bilinmektedir. Ağaçlar canlı varlıklar olarak sürgün vermeye devam ederler. Yüksekliği ölçüldükten bir hafta sonra bile o ölçüm güncelliğini kaybedebilir. Bir ağacın yıllık ne kadar büyüyeceği ve ne zaman mânia olabileceğinin takibi bir sistem altına alınmazsa gözden kaçabilecek bir husustur. Ağaç dikimlerinin yoğun olduğu bölgelerde bir mânia takip tahminini ağaçlar dikilmeden oluşturmak ileride ağaç sahibi tarafından Devlet Kurumlarına açılacak davaların da önüne geçebilecektir.

Tokat Havalimanı için yapılan mânia tespiti sonucunda mâniaların yaklaşık %90'ının ağaç olduğu görülmüştür. Özellikle havalimanı yakınında yaklaşma kalkış koridorunda ve geçiş yüzeyinde kavak ve söğüt ağaçları yoğun olarak bulunmakta olup, bu ağaçlar hızlı sürgün vermeleri ve yüksek boylara ulaşabilmeleri ile bilinmektedir.

Yukarıda bahsedildiği üzere havalimanı çevresindeki yeni yapıların mânia olmaması için imar planına işleme ve işletmeci tarafından rutin inşaat devriyesi yapılmakta olup, ağaçların sürgün vermelerine ilişkin bir sistem ve kolaylık bulunmamaktadır. Bugün mânia olmayan ancak oldukça hızlı uzayan ve uzunluğu nedeniyle uçuş emniyeti için risk teşkil edebilecek bir ağacın ne zaman mânia olacağını gösteren bir tahminin olması gerekliliği görülmüştür.

Sürgün verme miktarının teyidi, havalimanı yakın çevresinde 2022 yılı temmuz ayında yapılan insansız hava aracı uçuşu sonucunda üretilen 4 cm çözünürlükteki ortofoto ve sayısal yüzey modeli ile yapılmıştır. 2020 yılı SYM verisi 21 cm çözünürlükte olduğundan 2022 verisi de yeniden örnekleme ile 21 cm çözünürlüğe getirilmiştir. Mânia

tespit çalışması da 2020 yılı temmuz ayında yapıldığından ağaçların yaprak oranı benzer olup, bu veriler karşılaştırılabilir verilerdir. Çalışma, ağaçların yoğun olduğu yaklaşıma yüzeyinin bir kısmı için yapılmıştır.

Bir önceki bölümde de belirtildiği üzere 2 yıllık sürgün verme miktarı 4 metre olarak tahmin edilerek yapılan doğruluk analizi değerleri aşağıda yer almaktadır:

Çizelge 5.1. Doğruluk Analizi Alansal Çıktıları

Toplam = P+N		Tahmin Edilen (m <sup>2</sup> )	
		Pozitif (PP)	Negatif (NN)
Gerçek (m <sup>2</sup> )	Pozitif (P)	TP=3409.7	FN=796.2
	Negatif (N)	FP=2535.3	TN=2050.1

Çizelge 5.2. Doğruluk Analizi Sonuçları

	Doğruluk	Kesinlik	Geri-çağırma	F1-Skor
Hesaplanan Değer	62.10%	57.35%	81.06%	67.17%

Mânia olacak diye tahmin edilen tüm ağaçlar içinden doğru tahmin edilenler %57.35'tir. Yani neredeyse iki ağaçtan birisinin yanlış tahmin edildiği görülmektedir. Kesinlik yüzdesinin düşüklüğü paydadaki FP değerinin yüksek olmasından kaynaklıdır. Yani mânia olarak tahmin edilen bazı ağaçlar aslında mânia değildir. Mânia olmayan bir cismi mânia olarak tahmin etmemin getireceği yük, mânia olan bir cismi mânia olarak tahmin etmemenin getireceği kaza riskinden oldukça azdır. Bu oran iyileştirilebilirdir.

Mânia olacak diye doğru tahmin edilenlerin, 2022 yılında tahmini olarak mânia olması gereken tüm ağaçlara oranı %81.06'dır. Geri çağırma, pozitif durumların ne kadar başarılı tahmin edildiğini gösterir. FN değerinin düşük olması yani haliyle geri çağırma yüzdesinin yüksek olmasının uçuş emniyeti için iyi bir sonuç olduğu değerlendirilmiştir.

Bu yöntemde kullanılan bazı parametrelerin değişmesi ile sonuç değişiklik gösterebilecektir. Bu parametreler arasında girdi SYM'nin yer örnekleme aralığı,

hücresel veri üretiminde kullanılan enterpolasyon yöntemi sayılabilir. Ağaçların dallarının sürgün vermeleri ile, 2020 yılı çekimlerinde zemine karşılık gelen hücre değeri 2022 çekimlerinde ağaç dallarına denk geldiğinden 17 metreye varan uzamalar görülmüştür. Bir ağacın iki yılda bu kadar sürgün vermesi mümkün değildir. Bununla birlikte geçen 2 yıllık süreçte bazı ağaçlar kesilmiş ancak kullanılan yöntemde sürgün vermiş olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.16). Bu da FP değerinin yüksek çıkmasına neden olarak doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Bunlar kullanılan yöntemin zayıflıkları olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.1. Kökten kesilen ağaçların gösteren alanlar

2022 yılına ait SYM verisinden 2020 yılına ait SYM verisi pikselden piksele çıkartılması sonucunda pozitif değerli pikseller renklendirilerek bu piksellere denk gelen ağaçlarda 1276 nokta sayısallaştırılmıştır. Örnekler alınırken ağaçların orta noktası ve yakın çevresi seçilmiştir. Bu noktaların kot değerleri arasındaki farkın ortalaması 4.262 metre olarak hesaplanmıştır. Böylece kavak ağaçları yıllık ortalama sürgün verme miktarı 2.131 metre olarak bulunmuş olup, bu değer bölgedeki ağaç sürgün vermesine ilişkin alınan bilgiler ile uyumlu ve kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

2020 yılı görüntülerinden üretilen SYM ile 2022 yılı görüntülerinden üretilen SYM arasındaki doğruluğun karşılaştırılması için her iki yılda da sabit olan ve yüksekliği değişmemiş olan 33 noktanın sayısallaştırılarak SYM'lerden gelen kot bilgileri arasındaki fark hesaplanmıştır. Bu işlem sonucunda çıkan değerlerin ortalaması 0.271 metredir. Bu sonuç kullanılan SYM'lerin yükseklik değerlerinin kabul edilebilir seviyede farklar içerdiğini belirtmektedir.

Ağaç mânia tahmini sayesinde 4 yıl sonra mânia olabileceği öngörülen bir ağaç için bugünden başlatılacak resmi işlemler ile mânia oluşumunun önüne geçilebilecek ve mâniaların tespiti sistemleşecektir. Her ne kadar sayısal yüzey modelinden mânia tespiti yersel ölçümlere göre daha kolay ve avantajlı olsa da hava fotoğrafı ile üretilen modelin güncellenmesi ve işlenmesi maliyetli ve meşakkatli olabilmektedir. İlerleyen yıllarda ülkemiz yüksek çözünürlüklü yerli uydularının bindirmeli özellikte güncel çekimler yaparak hassas sayısal yüzey modelleri üretmesi ile daha hızlı ve düşük maliyetli şekilde mânia tespitleri yapılması beklenmektedir.

Tokat Havalimanı çevresinde 2022 yılında mânia olarak tespit edilen ağaçlar mevcut havacılık yayınlarında bulunmamakta olup bunun nedeni ağaçların uzamalarını tahmin ve takip edecek bir sistem bulunmamasıdır. Bu güncel örnek tez çalışmasında çıkan sonucun önemini göstermektedir. 2023 ve sonrası yıllar için hazırlanan mânia tahmin haritası ile ağaç mâniaların önüne geçilerek gözden kaçmaları engellenecektir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Havacılığın hızla gelişimine paralel olarak yapılaşmanın da hızla gelişmesi havalimanı çevresindeki yapılaşmaların kontrolünü her geçen gün daha da önemli kılmaktadır. Yapılaşmaların kontrolsüz şekilde büyümesiyle havalimanları işlevsiz hale gelebilir ve süreç atıl bir yatırıma kadar gidebilir. Havalimanlarında iniş-kalkışta kısıtlamaların olmaması ve uçuş emniyetinin tesis edilebilmesi için mâniaların düzenli olarak takip ve tespit edilmesi gerekmekte olup, bu işin fotogrametrik yöntem ile üretilen haritalar ve CBS yazılımları yardımıyla yapımı hızlı ve avantajlı olmaktadır. Bu tez ile de bu yöntemin kullanılabilirliğine ilişkin örnek bir alanda çalışma yapılarak sonuçları paylaşılmıştır.

Çalışmanın sonucunda mânia tespitinin sayısal yüzey modeli, sayısal arazi modeli ve ortofoto kullanılarak yapılabildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra elde edilen veriler ile ölçüm yapıldığında mânia olmayan bir ağacın ne zaman mânia olacağına dair tahmin yapılarak havalimanı işletmecisinin mânianın önüne geçebilmesi için kolay bir takip yöntemi sunulmuştur.

Ağaçlar sürgün vermeleri sürekli devam eden canlı varlıklar olduğu için mânia takipleri oldukça zordur. Sürekli ölçüm yapmak ise maliyetli olabilmektedir. Bir kere yapılacak ölçüm sonucunda ağaç sürgün vermesinin yaklaşık değeri öğrenilerek ağaç mânia tahmin haritası hazırlanıp gelecekte mânia olabilecek ağaçların konumları belirlenerek çok geniş bir alanın takibi yerine alan daraltılarak takip kolaylaşacaktır. Her ağaç türünün sürgün verme miktarı farklı olduğundan havalimanı özelinde çalışma yapılması gerekmektedir.

Veriler temin edildikten sonra çalışmanın oldukça avantajlı olmasının yanında, verilerin temin edilme sürecinin zaman zaman zor oluşu, ücreti fazla olabileceği ve kapladığı depolama alanının fazla oluşu, görece ince yapıda oldukları için direklerin ve ince ağaç dallarının tespit edilmesinin zor olduğu bu yöntemle yapılan çalışmanın dezavantajları olarak sıralanabilir.

Bu tez kapsamında çeşitli öneriler aşağıda özetlenmiştir:

- Literatürde yer alan makalelerde de belirtildiği üzere hava fotoğraflarının yerine yeterli hassasiyetteki uydu görüntüleri ile mânia tespiti yapılması daha sık ve hızlı şekilde tespit yapılmasını sağlayabilir.
- Uydu görüntülerine erişimin zor olması durumunda havalimanı işletmecilerinin devlet kurumları ile yapacakları protokoller ile 2-3 yılda bir veri temini daha düşük maliyetli olacaktır.
- Bir kere kapsamlı mânia tespiti yapıldıktan sonra havalimanı işletmecisi satın alacağı bir İHA ile riskli bölge olarak adlandıracağı alanlarda (yaklaşma hattının ilk 2000 metresi gibi) uçuş yaparak kendi verisini üretip mânia tespiti ve takibini en uygun şekilde ve istediği sıklıkta yapabilir.
- Düşük maliyetli, hatta ücretsiz veri bulmak istenirse yapılaşmanın çok olmadığı alanlarda 6 - 12 ay öncesine ait veriler ile mânia tespiti yapılarak kapsamlı olmayan bir saha çalışması ile tespitin güvenilirliği artırılabilir.
- Bu çalışma ücretli bir yazılım olan ArcGIS ile yapılmış olsa da QGIS gibi ücretsiz açık kaynaklı yazılımlar ile de yapılabilir.
- Mânia tespiti için kullanılan veriler Havalimanı Haritalandırma Veri Tabanı (AMDB) için bir altlık oluşturabilir.
- SYM'ler arasındaki hesaplanan relatif ortalama fark (0.271 m) kavak ağacı ortalama sürgün vermesine eklenerek kavak ağacının 2 m yıllık sürgün verme değeri yerine 2.271 m alınması tahmin sonuçlarının güvenli bölgede kalmasını sağlayabilir.
- Benzeri çalışmalarda düşey doğruluk bağlamında hata yayılım özelinde çalışmaların yapılması daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi bağlamında faydalı olabilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] DHMİ resmi sitesi, <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx>, (Erişim tarihi: **05.02.2023**)
- [2] Sabiha Gökçen Havalimanı resmi sitesi, <https://www.sabihagokcen.aero/corporate-info/airport/airport-traffic-report>, (Erişim tarihi: **05.02.2023**)
- [3] ACI Europe, <https://www.aci-europe.org/44-industry-data/40-airport-traffic.html>, (Erişim tarihi: **05.02.2023**)
- [4] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, ‘Mâniaların Kontrolü’, Ankara, **2007**.
- [5] ICAO, ‘Annex 14 Vol I Airports’, Kanada, **2018**.
- [6] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, ‘Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı’, Ankara, **2018**.
- [7] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, ‘Sivil Hava Ulaşımına Açık Havaalanlarının Mânia Planlarının Hazırlanmasına İlişkin Talimat’, Ankara, **2021**.
- [8] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, ‘Havaalanları ve Çevresindeki Yapılaşma Kuralları Genelgesi, Ankara, **2022**.
- [9] ICAO, ‘World Geodetic System -1984 (WGS-84) Manuel’, Kanada, **2002**.
- [10] L. Mitsevich, ‘3D Aerodrome Obstacle Assessment Using Stereo Remote Sensing Imagery’, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B2-2020, 2020 XXIV ISPRS Congress (2020 edition)*, **2020**.
- [11] Qiao, X., S. H. Lv, L. L. Li, X. J. Zhou, H. Y. Wang, D. Li, Liu., J. Y., ‘Application of DSM in Obstacle Clearance Surveying of Aerodrome’, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B2, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic*, **2016**.



- [12] Contreras-Alonso, M.R., Ezquerra-Canalejo, A., Pérez-Martín, E., Herrero-Tejedor, T.R., López-Cuervo Medina, S., ‘Environmental assessment of Obstacle Limitation Surfaces (OLS) in airports using geographic information technologies’. *Plos One*, 15(2): e0229378, **2020**.
- [13] Ayeni, A.O., Musah, A., Udofia, S.K., ‘Assessment of Potential Aerodrome Obstacles on Flight Safety Operations Using GIS: A Case of Murtala Mohammed International Airport’, *Lagos-Nigeria. Journal of Geographic Information System*, 10:1-24, **2018**.
- [14] Natalia Zhukovskaya, Liudmila Mitsevich, ‘Photogrammetric methods of terrain and obstacle data collection and AMDB creation based on satellite and UAS imagery’, *MATEC Web of Conferences* 236,01008, **2018**.
- [15] Natalia Zhukovskaya, Liudmila Mitsevich, ‘3D Modelling and GIS Analysis For Aerodrome Forest Obstacle Monitoring’, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B2-2021 XXIV ISPRS Congress (2021 edition)*, **2021**.
- [16] D. Gavran, S. Fric, V. Ilić, F. Trpčevski & S. Vranjevac, ‘3D control of obstacles in airport location studies’, *Transport Infrastructure and Systems – Dell’Acqua & Wegman (Eds) © 2017 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-03009-1*, **2017**.
- [17] Sze-Wei Chang, ‘A GIS Model for Analyzing Airspace Obstructions and Safety near Airports’, *Journal of Civil Engineering and Architecture* 10 (2016) 553-56, **2016**.
- [18] Ulubay, A. Varol, M.B., ‘Havaalanları Etrafında Emniyetli Sahaların Oluşturulması ve Sunulması’, *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6(1):113-122. **2013**.
- [19] Amila Silva, Alexandre G. de Barros, ‘Quantitative Risk Evaluation of Obstacle Limitation Surfaces for Final Approaches at Airports’, *Journal of Aviation Technology and Engineering* 5:2 (2016) 51–68, **2016**.
- [20] Serdar Selim, Nusret Demir, Selen Oy Şahin ‘Automatic detection of forest trees from digital surface models derived by aerial images’, *International Journal of Engineering and Geosciences*, **2022**.

- [21] S N H Syed Hanapi, S A A Shukor , J Johari ‘A review on Remote Sensing-based Method foR Tree Detection and Delineation’ *5th International Conference on Man Machine Systems*, **2019**.
- [22] A. Özdarıcı-Ok, Yüksek Mekânsal Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Otomatik Ağaç Tespiti: Yeni Bir Yaklaşım, *5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu*, **2014**.
- [23] Aftab Khan vd. Remote Sensing: An Automated Methodology for Olive Tree Detection and Counting in Satellite Images, *IEEE*, **2018**.