

**İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANIMINA YÖNELİK
AVRUPA KONUMSAL VERİ ALTYAPISI ULAŞIM
AĞLARI TEMASININ GENİŞLETİLMESİ**

**EXTENDING EUROPEAN SPATIAL DATA
INFRASTRUCTURE TRANSPORTATION THEME BY
CONSIDERING UNMANNED AERIAL VEHICLES**

GÖKHAN BİLGİN

Dr. Öğr. Üyesi Berk ANBAROĞLU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANIMINA YÖNELİK AVRUPA KONUMSAL VERİ ALTYAPISI ULAŞIM AĞLARI TEMASININ GENİŞLETİLMESİ

Gökhan BİLGİN

Yüksek Lisans, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Berk ANBAROĞLU

Ocak 2022, 99 sayfa

İnsansız hava araçları (İHA), dikey iniş ve kalkış özellikleri, zorlu arazilere kolay bir şekilde erişebilmeleri ve kamera, sensör gibi ekipmanları ve küçük ölçekli yükleri taşıyabilmeleri sayesinde birçok farklı alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, tüm yeni teknolojilerde olduğu gibi, hava sahasının yeni paydaşlarından olan İHA'lar, sundukları avantajların yanında çeşitli riskleri de beraberinde getirmektedir. İHA'ların varlığı hem hava sahasındaki diğer hava araçlarının, hem de yeryüzündeki canlı ve cansız varlıkların güvenliği için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Güvenlik sorunlarına ek olarak, İHA'ların özellikle ticari amaçlı yaygın kullanımı ile gizlilik ve etik sorunları da baş göstermeye başlamıştır. Hem hava sahasındaki diğer kullanıcıların hem de yeryüzündeki canlı ve cansız varlıkların güvenliklerinin tesisi için tüm operasyon boyunca İHA'ların nerede olduklarını, nerede ve ne zaman uçabileceklerini bilmek hayati önem arz etmektedir.

Konumsal Veri Altyapıları (KVA), İHA'lara yönelik konumsal verilerin standart bir yapıya kavuşturulması ve İHA'ların hava sahasına güvenli bir şekilde entegre edilmesi noktasında önemli katkılar sağlayabilir. Bu tez çalışmasında; Avrupa Birliği kapsamında KVA olarak hizmet vermekte olan INSPIRE'in (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), kent içi otonom İHA lojistiğini kapsayacak şekilde genişletilmesi amaçlanmaktadır. Genişletme çalışmasında, INSPIRE temalarından ulaşım unsurlarını içerisinde barındıran Ulaşım Ağları Teması, odak tema olarak ele alınacaktır.

Bu amaçla ilk olarak Avrupa Birliği'nin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin İHA yasal düzenlemeleri konumsal veri perspektifiyle incelenecek ve genişletme çalışmasına esas teşkil edebilecek konumsal veriler analiz edilecektir. Sonrasında, İHA'ların kent içi lojistik kapsamındaki kullanımları ele alınacaktır. Ardından, İHA kaynaklı etik ve gizlilik unsurları değerlendirilecektir. Sonuç olarak, elde edilen bulgular ışığında, INSPIRE, otonom İHA lojistiğine yönelik hem bugünün ihtiyaçlarını hem de gelecekte ortaya çıkabilecek muhtemel ihtiyaçları kapsayacak şekilde genişletilecektir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava aracı, Konumsal veri altyapısı, INSPIRE, Kentsel lojistik.

ABSTRACT

EXTENDING EUROPEAN SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE TRANSPORTATION THEME BY CONSIDERING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Gökhan BİLGİN

Master of Science, Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Dr. Berk ANBAROĞLU

January 2022, 99 pages

Unmanned aerial vehicles (UAV) are widely used in many different domains thanks to their vertical landing and take-off capabilities, easy access to difficult terrains and ability to carry equipment such as cameras, sensors and small-scale loads. However, as like all emerging technologies, UAVs, which are the new stakeholders of the airspace, bring along various risks as well as the advantages they offer. The presence of UAVs poses a potential threat to the safety of other aircraft in the airspace and people and assets on the ground. In addition to security problems, privacy and ethical issues have also started to emerge, especially with the widespread use of UAVs for commercial purposes. In order to ensure the safety of other aircrafts in the airspace and people and assets on the ground, it is vital to know where the UAVs are, where and when they are allowed to fly during the whole operation.

Spatial Data Infrastructures (SDI) can make significant contributions to the standardization of spatial UAV data and the safe integration of UAVs into the airspace. Within this thesis; it is aimed to extend INSPIRE, which serves as an SDI within the scope of the European Union, to accommodate urban autonomous UAV logistics. In the extension study, Transport Networks Theme of INSPIRE, which includes transportation elements, will be the focal theme.

For this purpose, firstly, UAV regulations of the European Union and the United States of America will be examined from the perspective of spatial data, and the spatial data that can form the basis of the extension work will be analyzed. Afterwards, the use of UAVs within the scope of urban logistics will be discussed. Then, ethical and privacy aspects of UAVs will be evaluated. Finally, in the light of the findings, INSPIRE will be extended to accommodate both today's needs and potential needs that may arise in the future regarding to autonomous UAV logistics.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Spatial data infrastructure, INSPIRE, Urban logistics.

TEŞEKKÜR

Tez sürecimin her aşamasında desteğini ve yönlendirmelerini esirgemeyen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Berk ANBAROĞLU'na çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda destek olan ve bu sürecin benim için kolaylaşmasında çok kıymetli katkıları bulunan Akıllı Şehirler ve Coğrafi Teknolojiler Dairesi Başkanı Sayın Dursun Yıldırım BAYAR'a ve mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Bugün her ne yapıyor, küçük ya da büyük neyi başarıyor isem hepsinin temelini atmış olan canım aileme çok teşekkür ederim.

Son olarak bu zorlu süreci benimle birlikte yaşayan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, varlığıyla bana güç ve mutluluk veren sevgili eşim Esma'ya en kalbi teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Hedefleri	3
1.2. Tezin Metodolojisi ve Organizasyonu	4
2. KONUMSAL VERİ ALTYAPILARI	7
2.1. Konumsal Veri Altyapılarının Tarihsel Gelişimi	9
2.2. Konumsal Veri Altyapısı Tasarımında UML Kullanımı	12
2.2.1. UML Diyagramlarında Sınıf Gösterimi	13
2.2.2. UML Diyagramlarında İlişki Türleri	14
3. AVRUPA TOPLULUĞU KONUMSAL VERİ ALTYAPISI (INSPIRE)	19
3.1. INSPIRE Genel Bakış	19
3.2. INSPIRE Genel Kavramsal Modeli (Generic Conceptual Model)	23
3.3. INSPIRE Ulaşım Ağları Teması	25
4. İHA YASAL DÜZENLEMELERİ VE KULLANIMLARI	31
4.1. AB İHA Yasal Düzenlemeleri	32
4.2. ABD İHA Yasal Düzenlemeleri	36
4.3. İHA'ların Kent İçi Lojistik Kullanımlarının İncelenmesi	38
4.4. İHA'ların Etik ve Gizlilik Unsurları Kapsamında İncelenmesi	40
5. İHA KULLANIMLARINA YÖNELİK INSPIRE GENİŞLETME ÖNERİSİ ..	43
5.1. Alan Nesneleri	45

5.1.1. Toplama ve Teslimat Alanları (Collection and Delivery Zone).....	45
5.1.2. Hava Sahası Alanı (Airspace Area).....	46
5.1.2.1. Yasaklı Alanlar (Prohibited Area).....	52
5.1.2.2. Kısıtlı Alanlar (Restricted Area)	57
5.1.2.3. Tehlike Alanı (Danger Area)	61
5.1.3. İniş-Kalkış Yasaklı Alan (No Drone Zone).....	62
5.1.4. Sıkışıklık Ücretlendirmesi Alanı (Congestion Charge Zone)	63
5.2. Kısıtlamalar, Gereksinimler ve Tamamlayıcı Bilgiler.....	64
5.2.1. Zamansal Karakterli Nesnelerin Tanımlanması.....	64
5.2.2. Alan Nesnelerinin Boyutlarının Tanımlanması	65
5.2.3. İHA'lar İçin Kısıtlamalar	68
5.2.4. İHA'lar İçin Gereksinimler.....	70
5.2.5. İHA Yük Tipleri	72
5.2.6. Yetkili Otoriteler.....	73
6. TARTIŞMA	74
7. SONUÇLAR.....	83
8. KAYNAKLAR	85
EKLER	97
EK 1 – UAT ve OUE UML Diyagramları XML Kodları.....	97
EK 2 – Tez Çalışması Orjinallik Raporu	98
ÖZGEÇMİŞ	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Metodoloji	4
Şekil 2.1.	Bir sınıfın UML gösterimi örneği [80]	14
Şekil 2.2.	Sınıflar arası kalıtım ilişkisi örneği [80]	14
Şekil 2.3.	İlişki (Associate) örneği 1 [81]	15
Şekil 2.4.	İlişki (Associate) örneği 2 [80]	15
Şekil 2.5.	Toplam (Aggregation) ilişki tipi örneği [83]	16
Şekil 2.6.	Oluşum (Composition) ilişki tipi örneği [81]	17
Şekil 2.7.	Erişim (Navigability) İlişki Tipi Örneği [80]	17
Şekil 2.8.	Bağılılık (Dependency) ilişki tipi örneği [80]	18
Şekil 2.9.	UML sınıf diyagramlarında not örneği [80]	18
Şekil 3.1.	INSPIRE uygulama şemalarının temeli olarak GKM [96]	24
Şekil 3.2.	UAT genel çerçevesi [80]	26
Şekil 3.3.	UAT UML yapısı ve bağılılık ilişkileri [80]	27
Şekil 3.4.	OUB Uygulama Şeması Genel Çerçevesi	28
Şekil 3.5.	“HavasahasıAlanı”, “UlaşımAlanı” ve “AğAlanı” arasındaki ilişki [80]	29
Şekil 4.1.	AB İHA yasal düzenlemeleri ve INSPIRE güncellemeleri zamansal gösterimi	33
Şekil 5.1.	ToplamaveTeslimatAlanı (CollectionAndDeliveryZone) sınıfı	46
Şekil 5.2.	Genişletme sonrası HavaSahasıAlanı (AirspaceArea) nesnesi sınıf gösterimi	50
Şekil 5.3.	FAA Special Use Airspace web sayfası	51
Şekil 5.4.	FAA Temporary Flight Restrictions web sayfası	52
Şekil 5.5.	YasaklıAlanTipDeğeri (ProhibitedAreaTypeValue) kod listesi	56
Şekil 5.6.	KısıtlıAlanTipDeğeri (RestrictedAreaTypeValue) kod listesi	60
Şekil 5.7.	TehlikeAlanıTipDeğeri (DangerAreaTypeValue) kod listesi	62
Şekil 5.8.	İniş-Kalkış Yasaklı Alan (NoTakeoffLandingZone) sınıf gösterimi	63
Şekil 5.9.	SıkışıklıkÜcretlendirmesiAlanı (CongestionChargeZone) sınıf gösterimi	64

Şekil 5.10.	Mevcut YüksekİrtifaLimiti (UpperAltitudeLimit) nesnesi ve DüşükİrtifaLimiti (LowerAltitudeLimit) nesnesi sınıf gösterimi	66
Şekil 5.11.	Genişletilmiş YüksekİrtifaLimiti (UpperAltitudeLimit) nesnesi ve DüşükİrtifaLimiti (LowerAltitudeLimit) nesnesi sınıf gösterimi	67
Şekil 5.12.	AraçlarİçinKısıtlama (RestrictionForVehicles)' nesnesi ve 'İHAİçinKısıtlama (RestrictionForDrones)' nesnesi sınıf gösterimi	68
Şekil 5.13.	KısıtlamaTipDeğeri (RestrictionTypeValue) kod listesinin genişletme çalışması öncesindeki (a) ve sonrasındaki (b) yapısı	70
Şekil 5.14.	AraçlarİçinGereksinim (RestrictionForVehicles) nesnesi, İHAİçinGereksinim (RequirementForDrones) nesnesi ve GereksinimTipDeğeri (RequirementTypeValue) kod listesi sınıf gösterimi	71
Şekil 5.15.	AraçlarİçinYükTipi (LoadTypeForVehicles) nesnesi, İHAİçinYükTipi (LoadTypeForDrones) nesnesi ve YükTipiDeğeri (LoadTypeValue) kod listesi sınıf gösterimi.....	72
Şekil 5.16.	YetkiliOtorite (CompetentAuthority)' nesnesinin HUA içerisindeki sınıf yapısı.....	73
Şekil 6.1.	Genişletme sonrası HUA alan nesneleri UML diyagramı.....	75
Şekil 6.2.	Genişletme sonrası HUA ulaşım özellikleri nesneleri UML diyagramı	76
Şekil 6.3.	Genişletme sonrası OUE ulaşım özellikleri nesneleri UML diyagramı	78
Şekil 6.4.	Otonom İHA uçuşları için önerilen temel nesne tiplerinin (a) ve bir İHA'nın uçuş limitlerinin (b) gösterimi	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. INSPIRE Temaları	21
Çizelge 4.1. Açık kategorinin alt kategorilerine yönelik tanımlamalar	35
Çizelge 5.1. INSPIRE genişletmesine yönelik temel bulgular	44
Çizelge 5.2. HavaSahasıAlanı (AirspaceArea) tip değerleri.....	48
Çizelge 5.3. Yasaklı Alan tip değerleri (ProhibitedAreaTypeValue)	54
Çizelge 5.4. Kısıtlı Alan tip değerleri (Restricted Area Type Values)	58
Çizelge 5.5. Tehlike Alanı tip değerleri (Danger Area Type Values).....	61
Çizelge 6.1. Genişletme çalışması sonrası nesne tipleri özet çizelgesi	77
Çizelge 6.2. Genişletme çalışması sonrası kod listeleri özet tablosu.....	77

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ALIC	Australian Land Information Council
ANZLIC	Australia and New Zealand Land Information Council
ASDI	Australian Spatial Data Infrastructure
CBSGM	Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü
CCOG	Canadian Council on Geomatics
CDP	Collection and Delivery Point
CDZ	Collection and Delivery Zone
CGDI	Canadian Geospatial Infrastructure
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EU	European Union
EUROGI	European Umbrella Organisation for Geographic Information
FAA	Federal Aviation Administration
FMRA	FAA Modernization and Reform Act
GKM	Genel Kavramsal Model
GML	Geography Markup Language
HUA	Hava Ulaşım Ağları
IACG	Inter-Agency Committee on Geomatics
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
ISO	International Organization for Standardization
İHA	İnsansız Hava Aracı
KVA	Konumsal Veri Altyapısı
NCGI	National Council for Geographic Information
NSDI	National Spatial Data Infrastructure
OMG	Object Management Group
OUE	Ortak Ulaşım Elemanları
RAVI	Dutch Council for Real Estate Information
SDI	Spatial Data Infrastructure
TTA	Toplama ve Teslimat Alanı

TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
UAT	Ulaşım Ağları Teması
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UML	Unified Modelling Language
USA	United States of America
XML	Extensible Markup Language



1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA) uzaktan bir pilot marifetiyle yönlendirilebilen veya otonom bir şekilde uçabilen insansız hava araçlarıdır [1,2]. İHA'lar literatürde insansız hava aracı sistemleri [3], dronelar [4], uzaktan kumandalı hava aracı sistemleri [5] gibi birçok isimle anılsa da, tez çalışması kapsamında tekil bir kullanım tercih edilmiş ve 'İHA' terimi kullanılmıştır.

İHA'ların tarihsel olarak ilk yaygın kullanımları askeri amaçlara yönelik olsa da, günümüzde sivil amaçlarla kullanımı da oldukça yaygınlaşmıştır [6]. Dikey iniş ve kalkış özellikleri, zorlu arazilere kolay bir şekilde erişebilmeleri, kamera, sensör gibi ekipmanları ve küçük ölçekli yükleri taşıyabilmeleri sayesinde İHA'lar; lojistik [7,8], enerji [9], tarım [10], uzaktan algılama [11,12] ve afet yönetimi [13] gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Benzer şekilde sağlık hizmetleri kapsamındaki İHA kullanımı da her geçen gün önem kazanmakta, özellikle Covid-19 salgını ile birlikte İHA'lar kentsel hava sahasında kendilerine daha çok yer bulmaktadır. İlaçlar ve aşılar İHA'lar sayesinde hızlı ve etkili bir şekilde taşınabilmekte [14], gıda dağıtımı için temassız bir ortam sağlanabilmekte [15] ve Covid-19 tıbbi numuneleri verimli bir şekilde nakledilebilmektedir [16]. İHA'lar, benzer birçok uygulama ile hayatı kolaylaştıran çok sayıda çözüme öncülük etmektedir. Sundukları bu sayısız uygulama ile İHA'ların yakın gelecekte hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olması beklenmektedir [17,18]. İHA'lara yönelik yüksek ilginin ilerleyen yıllarda da süreceği, Avrupa İHA pazarının 2035 yılında 10 milyar avroyu, 2050 yılında ise 15 milyar avroyu geçeceği öngörülmektedir [19].

Tüm yeni teknolojilerde olduğu gibi, hava sahasının yeni paydaşlarından olan İHA'lar, sundukları avantajların yanında çeşitli riskleri de beraberinde getirmektedir. İHA'ların varlığı hem hava sahasındaki diğer hava araçlarının, hem de yeryüzündeki canlı ve cansız varlıkların güvenliği için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır [20]. Güvenlik sorunlarına ek olarak, İHA'ların özellikle ticari anlamdaki yaygın kullanımı ile gizlilik ve etik sorunları da baş göstermeye başlamıştır [21]. İHA'lardan kaynaklanan risklerin azaltılması noktasında ise

gizlilik ve güvenlik kaygılarının birlikte ele alınması ve bu kaygılara yönelik çözümlerin ulusal ölçekte değerlendirilmesi önem arz etmektedir [22]. Bu sebeple, birçok ülke İHA kaynaklı risklerin azaltılmasına yönelik yasal düzenleme çalışmaları gerçekleştirmektedir [23].

İHA kaynaklı kaygıların çoğu, etkili yasal düzenlemeler ve mevcut teknolojinin etkin kullanımı ile azaltılabileceğinden, İHA'ların tamamen yasaklanması gerçekçi bir tedbir olmayacaktır [18]. Dolayısıyla sivil havacılık otoriteleri, bir yandan İHA'ların sivil kullanımına ilişkin toplumsal risklerin azaltılmasına yönelik çalışmalar yürütürken, bir yandan da İHA'ların etkin kullanımının sağlanması ve sosyal ve ekonomik kazanımlarının tesis edilmesi noktasında sorumluluk altındadır [24].

İHA'lara ilişkin en karmaşık sorunlardan biri kontrolsüz hava sahasındaki İHA operasyonlarının, özellikle de otonom İHA operasyonlarının navigasyonudur. Hem hava sahasındaki diğer kullanıcıların hem de yeryüzündeki canlı ve cansız varlıkların güvenliklerinin tesisi için tüm operasyon boyunca İHA'ların nerede olduklarını, nerede ve ne zaman uçabileceklerini bilmek hayati önem arz etmektedir. Böylelikle, İHA'ların uçuş boyunca yasaklı ve kısıtlı alanlara girmesinin önüne geçilebilir ve İHA kaynaklı risklerin minimuma indirilmesine katkı sağlanabilir. Bu nedenle, İHA operasyonlarına yönelik konumsal verinin ve kısıtlamalar, teknik gereksinimler, yetkili otoriteler gibi tamamlayıcı verilerin yapısal ve standart bir şekilde toplanması ve dağıtılması gerekmektedir. Böylelikle İHA'lar için güvenli bir uçuş sağlanırken aynı zamanda ülkelerin Konumsal Veri Altyapısı (KVA) çalışmalarına uyumlu bir yapı tesis edilecektir.

KVA, konumsal verilerin toplanmasına, yönetilmesine ve paylaşımına yönelik kuralları içeren genel bir çerçeve olarak tanımlanabilmektedir [25]. KVA'ların en temel amacı konumsal veriye ilişkin tüm kullanıcıların ve üreticilerin uygun maliyetli bir şekilde birbirleriyle işbirliği yapabilecekleri bir ekosistem tesis etmek olarak özetlenebilir [26]. Benzer şekilde KVA, konumsal verilerin kullanılabilirliğini ve bu verilere erişimi kolaylaştıran teknolojilerin, politikaların ve kurumsal

düzenlemelerin bütünü olarak ifade edilebilmektedir [27]. KVA'lar, verinin etkin kullanımını ve paylaşımını tesis etmeleri sayesinde teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel bağlamda birçok sektöre önemli katkılar sağlamaktadır [28]. Bununla birlikte KVA'lar, çok sayıda paydaşa ait konumsal verilere erişilmesine ve bu verilerin paylaşılmasına yönelik duyulan ihtiyaca da yanıt vermektedir [29].

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community), çevreye ilişkin konumsal verilerin ülkeler ve sektörler arasında paylaşılmasını ve söz konusu verilerin kamusal kullanım için kolay erişilebilir hale getirilmesini sağlamak amacıyla 15 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiş olan direktife istinaden Avrupa Birliği (AB) kapsamında geliştirilen bir KVA'dır [30]. INSPIRE ile konumsal verinin mevcudiyetini, erişilebilirliğini ve kullanılabilirliğini artırmak amaçlanmaktadır [31]. Her ne kadar INSPIRE temelde çevreye yönelik konumsal verilerin temini ve paylaşımına yönelik olarak planlanmış olsa da bu ölçek günümüzde çok daha geniş bir hale evrilmiştir. Halihazırda INSPIRE kapsamında konumsal verilerin standart bir yapıya kavuşması amacıyla toplamda 34 adet veri teması tanımlanmıştır. Ancak bu temalar temel kullanım senaryoları üzerine tesis edildiğinden, ülkelerin ihtiyaçlarına ve alana özel kullanımlara yönelik olarak temaların genişletilmesi gerekmektedir [32]. Ulaşım Ağları Teması (UAT) ise bu 34 INSPIRE temasından bir tanesidir.

1.1. Tezin Amacı ve Hedefleri

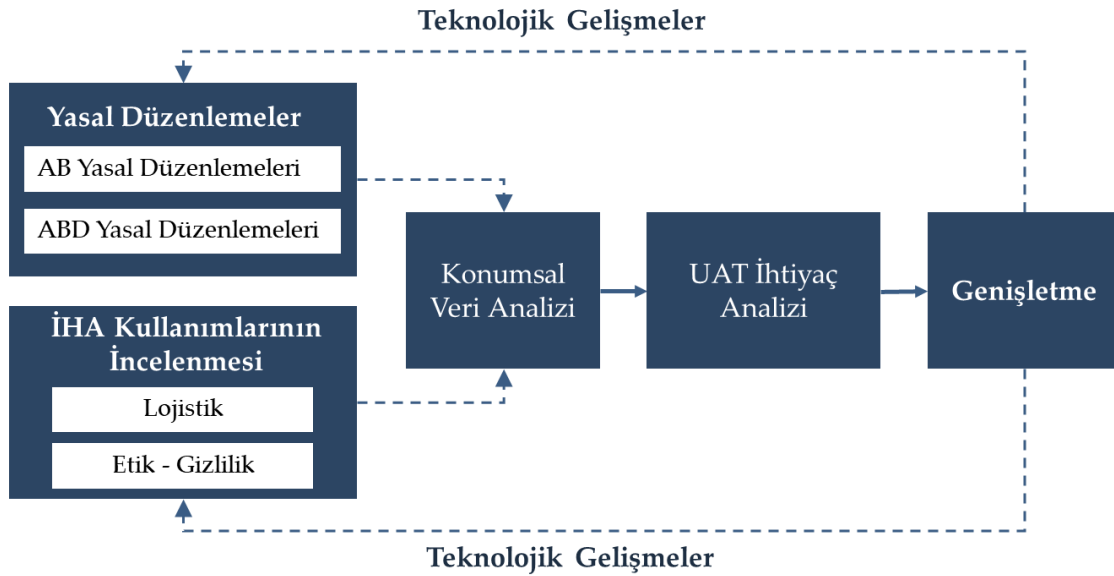
Bu tez çalışmasında; AB kapsamında KVA olarak hizmet vermekte olan INSPIRE'in, kent içi otonom İHA lojistiğini kapsayacak şekilde genişletilmesi amaçlanmaktadır. Genişletme çalışmasında, INSPIRE temalarından ulaşım unsurlarını içerisinde barındıran UAT, odak tema olarak ele alınacaktır.

Bu amacı gerçekleştirmek üzere tez çalışması dört temel hedef üzerine inşa edilmiştir:

- 1) AB ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) İHA yasal düzenlemeleri konumsal veri perspektifiyle incelenecek ve genişletme çalışmasına esas teşkil edebilecek konumsal veriler tespit edilecektir,
- 2) İHA'ların kent içi lojistik kapsamındaki kullanımları incelenecektir,
- 3) İHA'lar etik ve gizlilik unsurları kapsamında incelenecektir,
- 4) INSPIRE'a, elde edilen bulgular ışığında hem bugünün ihtiyaçlarını hem de gelecekte ortaya çıkabilecek muhtemel ihtiyaçları kapsayacak şekilde genişletme önerisi sunulacaktır.

1.2. Tezin Metodolojisi ve Organizasyonu

Tez kapsamında izlenen metodoloji Şekil 1.1'de gösterilmektedir. Çalışma, INSPIRE'ın otonom İHA lojistiği bağlamında genişletilmesine odaklandığından; İHA'larrın, güvenli ve etkin bir şekilde hava sahasına entegre olabilmeleri için kullanabilecekleri veya üretebilecekleri konumsal verilerin kapsamının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 1.1. Metodoloji

İlk olarak, tezin ikinci bölümünde, KVA'lara yönelik temel kavramlardan bahsedilmiştir. KVA'ların amacına, tarihsel gelişimine ve KVA çalışmalarında öncü olan ülkelerin çalışmalarına değinilmiştir. Ardından KVA'ların modellenmesinde sıklıkla kullanılan Tekil Modelleme Dili (Unified Modelling Language - UML) diyagramları ve bu diyagramlardaki ilişki tipleri aktarılmıştır.

Tezin üçüncü bölümü, çalışmanın temel iskeletini oluşturan INSPIRE üzerine eğilmektedir. Bu başlık altında INSPIRE'in amaçlarından, prensiplerinden bahsedilmiş ve INSPIRE Genel Kavramsal Modeli anlatılmıştır. Ardından tez çalışmasının odak teması olan UAT'nin genel yapısına ve alt temalarına değinilmiştir.

Tezin genişletilmesine esas teşkil edecek olan coğrafi verilerin analizine ise dördüncü bölüm altında yer verilmiştir. Bu kapsamda, AB ve ABD'nin İHA yasal düzenlemeleri, İHA'lar tarafından kullanılabilir veya üretilebilecek olan coğrafi verilerin analiz edilmesi amacıyla konumsal veri perspektifiyle incelenmiştir. Ardından aynı amaçla İHA'ların kent içi lojistik kullanımına yönelik incelemeler gerçekleştirilmiş ve son olarak İHA'lar etik ve gizlilik yönleriyle ele alınmıştır.

Tezin beşinci bölümü, INSPIRE'in genişletilmesinde değerlendirilebilecek unsurların analizini ve UAT içerisine entegrasyonunu içermektedir. Yasal düzenlemelere, İHA kullanımlarına ve etik ve gizlilik unsurlarına yönelik ihtiyaç duyulan veya gelecekte ihtiyaç duyulabilecek coğrafi verilerin UAT içerisinde tanımlanmasına ve temanın bu yönde genişletilmesine yönelik çalışmalar bu bölümde gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasının altıncı bölümünde genişletme çalışmasına yönelik elde edilen temel bulgular tartışılmıştır. UAT'nin ve Ortak Ulaşım Elemanları'nın (OUE) genişletme çalışması sonrasındaki UML diyagramları ve genişletme çalışması sonucunda eklenen, güncellenen veya silinen nesne tipleri ve kod listeleri bu

bölümde aktarılmıştır. Bununla birlikte temel bulguların kullanımları bir görsel üzerinde anlatılmıştır.

Yedinci ve son bölümde ise sonuçlara değinilmiştir. Tez çalışmasının literatüre olan katkılarından ve gelecek çalışmalardan bahsedilerek tez çalışması sonuçlandırılmıştır.



2. KONUMSAL VERİ ALTYAPILARI

Veri, geçmişten günümüze kadar hemen hemen her sektörde en temel kaynaklardan biri olarak kullanılmıştır. Günümüzde teknolojinin yaygınlaşması ile veri üretim araçlarının çeşitlenmesi, ayrıca internet kullanımı ile veriye erişimin kolaylaşması, mevcut veri miktarını sürekli olarak artırmaktadır. Özellikle son dönemlerde veriye dayalı yönetim mekanizmalarının en belirgin örneklerinden olan akıllı şehir yaklaşımının birçok ülkede hayata geçmesi ve akıllı şehirler bünyesinde yoğun olarak faydalanılan nesnelerin interneti teknolojisinin yaygın kullanımı veri üretimini daha da hızlandırmıştır. İnternete bağlı cihaz sayısı, internete bağlı insan sayısını 2008 yılında aşmıştır [33]. Dünya genelinde her iki günde bir, medeniyetin başlangıcından 2003 yılına kadar üretilmiş veri kadar yeni veri üretilmektedir [34]. Bu büyük verinin yaklaşık %80'lik bir kısmını ise konumsal veri oluşturmaktadır [35].

Konumsal veri, geniş bir yelpazedeki çok sayıda paydaş tarafından üretilmekte ve bu veriler karar verme süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır [36]. Konumsal verinin karar verme mekanizmalarının değişmez bir bileşeni haline gelmesi, bu verilerin etkin bir şekilde yönetilmesine ve paylaşılmasına olanak sağlayan altyapıların tesisini elzem kılmaktadır [37].

Bu kapsamda KVA, konumsal verinin sağladığı potansiyelin tam anlamıyla kullanılması noktasında önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. KVA, konumsal verilerin toplanmasına, yönetilmesine ve paylaşımına yönelik kuralları içeren genel bir çerçeve olarak tanımlanabilmektedir [25]. Benzer şekilde KVA, konumsal verilerin kullanılabilirliğini ve bu verilere erişimi kolaylaştıran teknolojilerin, politikaların ve kurumsal düzenlemelerin bütünü olarak ifade edilebilmektedir [27]. KVA'ların en temel amacı, konumsal veriye ilişkin tüm kullanıcıların ve üreticilerin uygun maliyetli bir şekilde birbirleriyle işbirliği yapabilecekleri bir ekosistem tesis etmek olarak özetlenebilir [26].

Konumsal veriler çok çeşitli paydaşlarca üretilmektedir. Üretilen bu veriler, paydaşlarca, müstakil yapılarda ve uygulamalarda, izole veri adacıkları şeklinde depolanmaktadır. Farklı ihtiyaçların giderilmesi için üretilen bu verilerin standart bir şekilde paylaşıldığı KVA'ların varlığı konumsal veriye erişim ve bu verinin paylaşımı noktasında önemli katkılar sağlamaktadır [38]. KVA'lar; veri üretim maliyetlerini azaltmaları ve farklı sektörlerden gelen konumsal verilerin entegrasyonunu kolaylaştırmaları sayesinde ekonomik, teknik, sosyal ve çevresel anlamda önemli faydalar sunmaktadır [28]. Planlama, vergilendirme, afet yönetimi ve iklim değişikliğinin izlenmesi gibi birçok alana sağladığı katkılar, KVA'ları yönetim mekanizmalarının anahtar bileşenlerinden biri haline getirmektedir [39]. Ayrıca KVA'lar, konumsal verinin standardizasyonuna ve dolayısıyla birlikte çalışabilirliğe yaptığı katkılar ile ülkeler arası pazarların oluşturulmasını teşvik etmektedir [40,41].

Teknoloji, KVA'lar kapsamında insan ve veri arasındaki temel rolü oluşturan ana bileşenlerdendir [42]. KVA, teknolojiye bağımlı olmasa da, teknolojik gelişmeler ve değişen trendler neticesinde sürekli bir şekilde evrim geçirmektedir [43]. Dolayısıyla, özellikle son yıllarda inanılmaz bir hızla gelişmekte olan teknoloji, KVA'ların tasarlanmasındaki ve işletilmesindeki en büyük zorluklardan biri olarak öne çıkmakta, genel anlamda politikaların ve standartların hızla gelişen teknolojiye uyumlaştırılması noktasında zorluklar yaşanmaktadır [44]. Bu kapsamda, teknolojinin KVA'ların en önemli etmeni olarak ele alınması gerektiği ve özellikle de konumsal teknolojideki gelişmelerin KVA kavramının geliştirilmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu değerlendirilmektedir [45]. Bu sebeple, teknolojik gelişmelerin etkisini minimum seviyeye indirmek için KVA'lar esnek bir yapıda tasarlanmalı, farklı paydaşların ihtiyaçlarını mümkün olan en iyi şekilde karşılamak için yeni teknoloji ve standartları benimsemelidir [46,47]. Sonuç olarak, sağlam bir KVA'nın tesisi ancak ortaya çıkan teknolojik gelişmeler dikkate alındığında mümkündür [48].

Teknolojik gelişmelerin KVA'lar üzerindeki etkilerine ek olarak, yasal düzenlemelerin de KVA'ların genel yapısı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

[49]. Bu nedenle yasal düzenlemelerin de KVA'ların tasarlanmasında hesaba katılması gerekmektedir.

Tez çalışmasının bu başlığında KVA'ların tarihsel gelişimlerinden ve bu gelişime öncülük eden birkaç ülkenin KVA çalışmalarından söz edilecektir. Ardından KVA'ların modellenmesinde sıklıkla kullanılan ve tez çalışması kapsamında sunulacak olan genişletme önerisinin modellenmesinde de kullanılmış olan UML'in genel yapısı ve gösterimleri hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Konumsal Veri Altyapılarının Tarihsel Gelişimi

Birçok ülke 1990'lı yıllardan itibaren konumsal verinin yönetimine yönelik sorunların farkına varmış, bu sorunların giderilmesi ve konumsal veri kapsamında paydaşlar arası iş birliğinin artırılmasına yönelik KVA çalışmalarına başlamıştır [26]. Dünya genelinde, KVA girişimlerinin en önemlileri ulusal ölçekte hayata geçirilmekte olup bu çalışmalar genellikle ulusal veya federal hükümet tarafından yönlendirilmektedir [27]. Günümüzde ABD, Avustralya ve Kanada, KVA'nın kurulması ve geliştirilmesinde öncü ülkeler olarak kabul edilmektedir [50]. Yine Hollanda 1990'lardan bu yana KVA'lara yönelik önemli çalışmalar gerçekleştirmiş olan ülkelerden biridir [37,51].

Avustralya'nın KVA çalışmaları 1986 yılında Avustralya Arazi Bilgi Konseyi (Australian Land Information Council - ALIC)'in kurulmasıyla başlamıştır [52]. Konseyin amacı araziyle ilişkili bilgilerin devletin farklı seviyeleri arasında toplanmasını ve transferini koordine etmek ve bu bilgilerin karar destek sistemlerinde kullanılmasını teşvik etmektir. 1991 yılında Yeni Zelanda'nın konseye üye olması ile birlikte ALIC'in adı Australia and New Zealand Land Information Council (ANZLIC) olarak değiştirilmiştir. ANZLIC günümüzde Konumsal Veri Konseyi (The Spatial Data Council) olarak adlandırılmakta ve KVA'ya yönelik faaliyetler Avustralya Konumsal Veri Altyapısı (Australian Spatial Data Infrastructure - ASDI) başlığı altında sürdürülmektedir [53].

Amerika Birleşik Devletleri'nde karar destek sistemlerinin önemli bir parçası haline gelmiş olan KVA terimi 1993 yılında Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council) tarafından önerilmiştir. KVA'ların temeli resmi anlamda ilk kez 1994 yılında ABD Başkanı Bill Clinton'ın 12,906 sayılı ve "Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure" başlıklı kararnamesiyle atılmıştır [54]. Kararnamede KVA, "Konumsal verilerin elde edilmesini, işlenmesini, depolanmasını, dağıtılmasını ve kullanımını iyileştirmek için gerekli olan teknolojiler, politikalar, standartlar ve insan kaynağı" olarak tanımlanmıştır. "The Federal Geographic Data Committee" KVA'nın geliştirilmesine yönelik çalışmalarda koordinasyonu sağlamakla görevlendirilmiştir [55]. Günümüzde ABD dahilindeki KVA çalışmaları Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (National Spatial Data Infrastructure – NSDI) başlığı altında sürdürülmektedir [56].

Kanada KVA çalışmaları 1996 yılında Kanada Geomatik Konseyi (Canadian Council on Geomatics - CCOG) ve onun federal muadili, Kurumlar Arası Geomatik Komitesi (Inter-Agency Committee on Geomatics - IACG) tarafından başlatılmıştır [57]. Kanada Konumsal Veri Altyapısı (Canadian Geospatial Infrastructure – CGDI) 1999 yılından bu yana hizmet vermekte olup CGDI'nin vizyonu "Herkes için refahın desteklenmesi için tüm Kanadalılar CGDI vasıtasıyla Kanada hakkındaki kapsamlı konum tabanlı bilgilere açık, güvenli ve sürekli erişime sahiptir." olarak belirlenmiştir [58].

Avrupa'da KVA'nın temelleri 1993 yılında KVA'lara yönelik bölgesel olarak faaliyet gösteren ilk organizasyon olan Avrupa Coğrafi Veri Şemsiye Organizasyonu'nun (European Umbrella Organisation for Geographic Information - EUROGI) kurulmasıyla atılmıştır [59]. EUROGI'nin hedefleri Avrupa coğrafi bilgi politikasının tanımlanmasını ve uygulanmasını desteklemek ve Avrupa coğrafi bilgi altyapısının tesisini kolaylaştırmaktır [27]. Avrupa'da halihazırda kullanılan KVA olan INSPIRE ise 2007 yılında Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan INSPIRE Direktifi ile hayata geçmiştir [60]. Tez

alışmasının temelini oluşturan INSPIRE'a yönelik detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde sunulacaktır.

Hollanda, KVA alışmalarının Avrupa'daki öncülerindendir [50]. Hollanda KVA alışmaları, 1990 yılında kurulan ve temel misyonu "kamu görevlerini yerine getirmek için gereken coğrafi bilginin minimum maliyetle sağlanmasını organize ve teşvik etmek" olan Hollanda Emlak Bilgileri Konseyi'nin (Dutch Council for Real Estate Information – RAVI) kurulmasına kadar dayanmaktadır [61]. RAVI, 1992'de Ulusal Coğrafi Bilgi Konseyi (National Council for Geographic Information – NCGI) olarak yeniden yapılandırılmıştır [62]. Hollanda KVA çalışmalarının kilometre taşlarından birisi 2008 yılında konumsal veriye yönelik bir yaklaşıp ve uygulama stratejisi olan GIDEON'un yayınlanmasıdır [63]. GIDEON kapsamında ortaya konan stratejilerden birisi de "INSPIRE Direktifini Hollanda mevzuatına yerleştirmek ve buna yönelik teknik altyapıyı uygulamak" olmuştur. Yaklaşık 15 yıllık bir girişimin ardından olgunluğa kavuşan Hollanda KVA'sı kapsamındaki konumsal verilere 2009 yılından bu yana evrimii olarak erişmek mümkün olmaktadır [64]. Günümüzde bu verilere PDOK Viewer'dan [65] erişim sağlanabilmektedir.

Batı balkan ülkeleri ise (Arnavutluk, Bosna Hersek, Hırvatistan, Kuzey Makedonya, Karadağ, Sırbistan, Kosova) 2007 yılından itibaren KVA çalışmalarını hızlandırmış, KVA'nın oluşturulmasına yönelik yasal düzenlemelerini hayata geçirmiştir [66].

Ülkemizde KVA kurulmasına yönelik ilk çalışmalar 2003 yılında Resmi Gazete yayımlanan e-Dönüşüm Türkiye Projesi 2003-2004 Kısa Dönem Eylem Planı'nın "Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulabilmesi İçin bir n alışma Yapılması" başlıklı 47. Eylemi ile başlatılmıştır [67]. Söz konusu eylem kapsamında 2005 yılında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda ilgili kurum ve kuruluşların katkılarıyla hazırlanan raporda; hedeflere ulaşmak noktasında kurum ve kuruluşların görev ve sorumluluklarının netleştirilmesi, strateji ve vizyon geliştirilmesi ve önceliklerin tespit edilmesi

gerektiği vurgulanmış, Eylem 47'ye yönelik yasal, kurumsal, teknolojik ve mali öneriler ile koordinasyona ve uygulama planına yönelik öneriler sunulmuştur [68]. Sonrasında, 2005 yılında Resmi Gazete'de yayımlanan e-Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 Yılı Eylem Planı'nın "Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Oluşturmaya Yönelik Hazırlık Altyapısı" başlıklı 36. Eylemi kapsamında işlem ve veri kapsamı ile standartlarının belirlenmesi, kurumsal yapılanma görev ve sorumlulukların tanımlarını içeren TUCBS politika/strateji dokümanının hazırlanması ve yasal düzenleme ihtiyaçlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır [69].

2011 yılında yayınlanan 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile evre ve şehircilik Bakanlığı kurulmuş ve "Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulmasına, kullanılmasına ve geliştirilmesine dair iş ve işlemleri yapmak ve yaptırmak" görevi Bakanlık bünyesinde kurulan Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü (CBSGM) görev ve sorumlulukları arasında tanımlanmıştır [70]. Bu tarihten itibaren hız kazanan TUCBS alışmaları kapsamında CBSGM tarafından 2013 yılında 10 adet ulusal coğrafi veri temasına ilişkin standartlar belirlenmiş, bu standartlar 2018 yılında katılımcı bir yaklaşım benimsenerek birçok kurum ve kuruluşun katkılarıyla güncellenmiştir [71]. TUCBS kapsamında 2019, 2020 ve 2021 yıllarında gerçekleştirilen çalışmalarla birlikte halihazırda 32 adet coğrafi veri temasına ilişkin standartlar belirlenmiş durumdadır [72].

2.2. Konumsal Veri Altyapısı Tasarımında UML Kullanımı

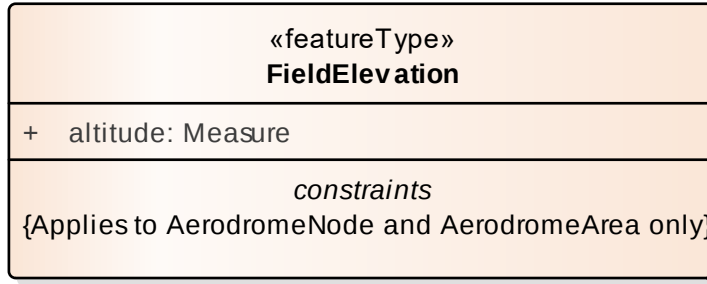
Karmaşık sistemlerin tasarlanması, grsellenmesi ve raporlanması için geliştirilmiş bir modelleme dili olan UML, bir teknoloji standartları konsorsiyumu olan Object Management Group (OMG) tarafından 1997 yılında benimsenmiştir. [73]. UML, 2005 yılında International Organization for Standardization (ISO) tarafından da standart olarak benimsenmiş ve yayınlanmıştır [74]. UML, donanım modellemesi, iş süreci modellemesi, sistem modellemesi ve organizasyonel yapıların gösterimi gibi birçok alanda [75], ayrıca KVA'ların modellenmesinde [76] sıklıkla kullanılmaktadır.

Tez çalışmasında İHA kullanımları kapsamında genişletilecek olan INSPIRE'in, mevcut veri temalarının hazırlanmasında da UML modelinden faydalanılmıştır [77]. Dolayısıyla genişletme çalışmasının daha iyi anlaşılabilmesi için UML yapısının genel özelliklerine ve terimlerine değinilecektir.

UML, Yapısal Diyagramlar ve Davranış Diyagramları olmak üzere iki temel diyagram tipi altında organize edilmekte olup bu iki temel tip altında ise toplamda 12 adet alt diyagram tipi tanımlanmıştır [78]. Bu diyagram tiplerinden en yaygın olan ve aynı zamanda INSPIRE yapısında da kullanılan diyagram tipi Sınıf (Class) diyagramıdır.

2.2.1. UML Diyagramlarında Sınıf Gösterimi

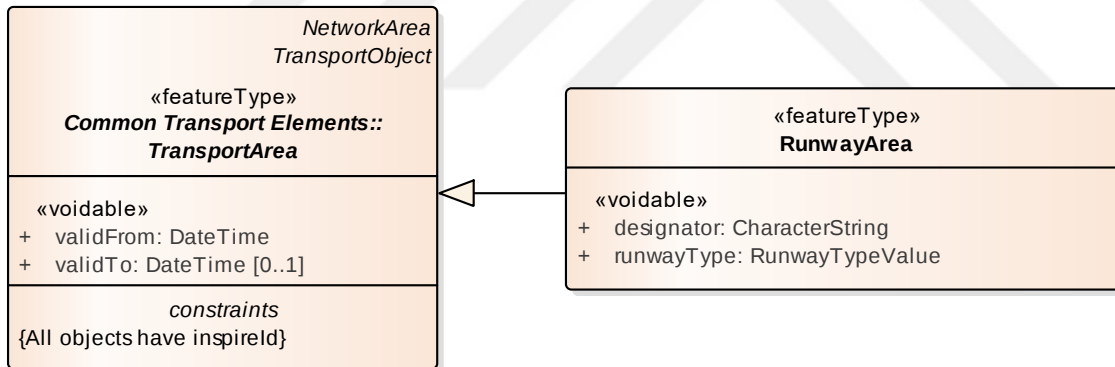
Sınıf diyagramı; sınıflar, sınıfların içerikleri ve ilişkileri gibi öğelerin bir koleksiyonunu gösteren grafik bir sunumdur [73]. Bu sunumda her sınıf, üç bölümden oluşan bir dikdörtgen ile gösterilmektedir. Dikdörtgenin ilk ve en üstteki kısmı sınıf adını temsil eder, dikdörtgenin orta kısmı, sınıfın özelliklerini temsil eder ve üçüncü kısım, sınıf üzerinde gerçekleştirilebilecek operasyonları temsil eder [79]. Bu operasyonlar programlama dillerinde fonksiyonlar ya da prosedürler olarak tanımlanabilir [78]. Aynı şekilde üçüncü kısımda sınıfa ilişkin kısıtlamalar da yazılabilir. Şekil 2.1'de verilen örnekte INSPIRE UAT'de tanımlı olan "AlanRakımı (FieldElevation)" sınıfının adı, bahsedildiği şekilde dikdörtgen kutucuğun en üst kısmında yer almaktadır. Kutucuğun ortasında bu sınıfı tanımlayan öznitelik olan "yükseklik (altitude)" ve bu özneliğin alabileceği değer olan "ölçü (measure)" tanımlanmıştır. Kutucuğun en alt kısmında ise bu sınıfın kısıtları (constraints) tanımlanmaktadır.



Şekil 2.1. Bir sınıfın UML gösterimi örneği [80]

2.2.2. UML Diyagramlarında İlişki Türleri

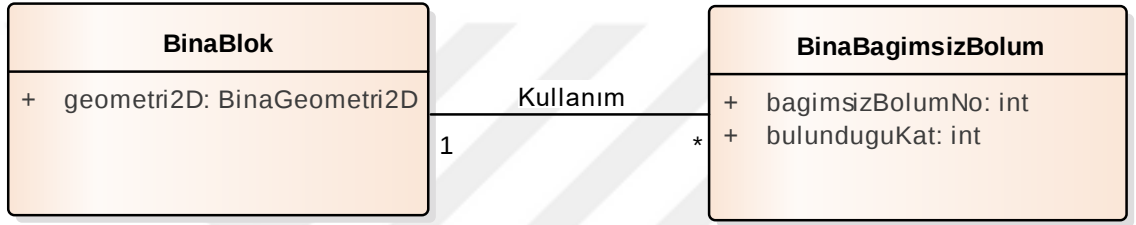
UML sınıf diyagramlarında sınıflar arasındaki ilişkileri tanımlayan çeşitli ilişki türleri mevcuttur. Kalıtım (Generalization) INSPIRE modellerinde sıklıkla kullanılan ilişki türlerinden biridir. Bu ilişki türü iki sınıf arasındaki alt sınıf – üst sınıf ilişkisini tanımlamak için kullanılır. Bu ilişki ile üst sınıftaki tüm özellikler kalıtım yoluyla alt sınıfa aktarılır [73].



Şekil 2.2. Sınıflar arası kalıtım ilişkisi örneği [80]

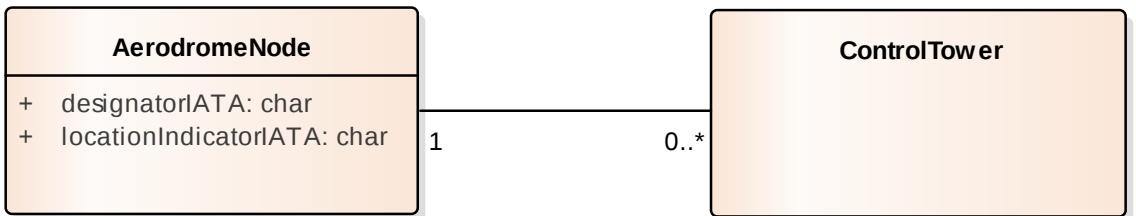
Şekil 2.2’de gösterilen örnekte “PistAlanı (RunwayArea)” sınıfı, “UlaşımAlanı (TransportArea)” sınıfının bir alt sınıfıdır. “UlaşımAlanı” sınıfına ait tüm özellikler kalıtım yoluyla “PistAlanı” sınıfına da aktarılmaktadır. Dolayısıyla “PistAlanı” sınıfı, kendi öz nitelikleri ile birlikte “TransportArea” sınıfının öz niteliklerine de sahiptir.

Sınıflar arasındaki ilişki tiplerinden bir diğeri olan İlişki (Association), sınıflar arası anlamsal ilişkileri tanımlamak için kullanılır. Bu ilişki tipi sınıflar arasında gösterilen düz bir çizgi ile temsil edilir. İlişkinin adı ve ilişkinin çokluk durumu ilişkiyi temsil eden çizgi üzerinde gösterilir. Şekil 2.3'te gösterilen örnekte “Bina” sınıfı ile “BinaBagimsizBolum” sınıfı arasında “Kullanım” ilişkisi tanımlanmıştır ve ilişkinin çokluk durumu da ilişkiyi temsil eden çizgi üzerinden gösterilmiştir. Örnekte görüldüğü gibi bir bina birden çok bağımsız bölüm içerebilmektedir. İlişki ters yönlü olarak değerlendirilirse bir bağımsız bölümün aynı anda yalnızca bir bina tarafından kullanılabileceği görülür.



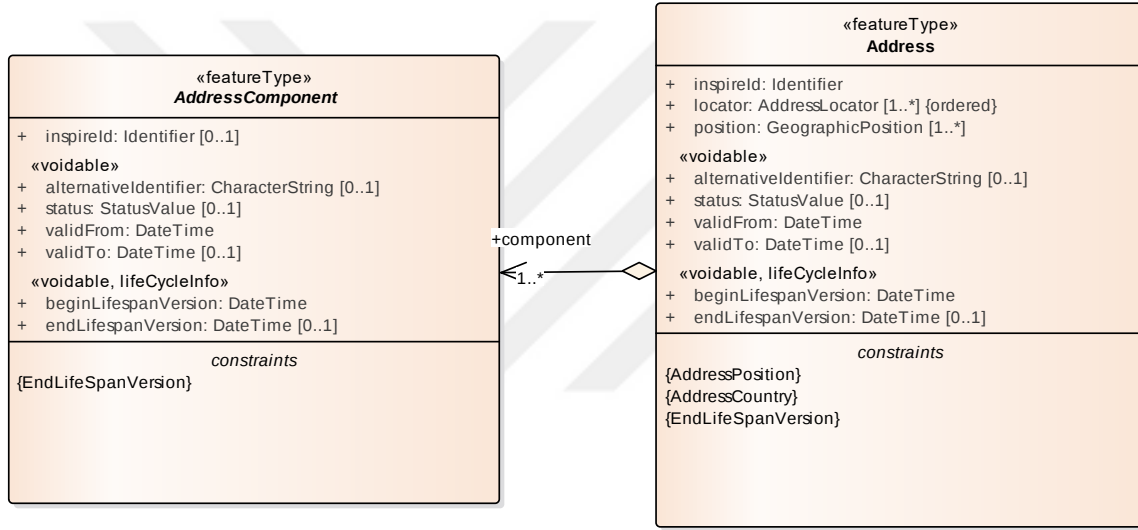
Şekil 2.3. İlişki (Associate) örneği 1 [81]

İlişkilerdeki çokluk durumu çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir. Çokluk durumu Şekil 2.3'teki örnekte olduğu şekilde tanımlanabileceği gibi, aynı zamanda a..b gibi bir aralık tanımlamak suretiyle de ifade edilebilmektedir. Şekil 2.4'te “HavaMeydanıDüğümNoktası (AerodromeNode)” ve “KontrolKulesi (ControlTower)” sınıfları arasında tanımlanan ilişkide görülebileceği gibi bir hava meydanı düğüm noktası için sıfır ya da daha fazla kontrol kulesi olabilmektedir.



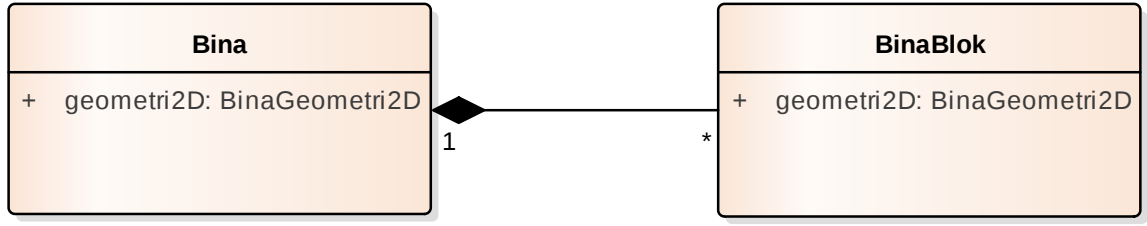
Şekil 2.4. İlişki (Associate) örneği 2 [80]

UML sınıf diyagramlarında kullanılan ilişki tiplerinden bir diğeri Toplam (Aggregation)'dır. Sınıflar arasındaki toplam ve bütünleme ilişkisini tanımlayan bu ilişki tipinde toplamı ifade eden sınıfın, toplamı oluşturan diğ er sınıfları kapsadığı söylenebilir. Toplamı oluşturan sınıf içi boş baklava şekli ile ifade edilir. Bu ilişki tipinde kapsanan nesneler, kapsayan nesneler olmasa bile varlığını sürdürebilir [82]. Şekil 2.5'te gösterilen örnekte “Adres (Address)” ve “AdresBileşeni (AddressComponent)” sınıfları arasında Toplam ilişkisinin tanımlandığı, tanımlanan ilişki gereği bir adresin en az bir veya daha çok adres bileşeni içermesi gerektiği görölmektedir.



Şekil 2.5. Toplam (Aggregation) ilişki tipi örneği [83]

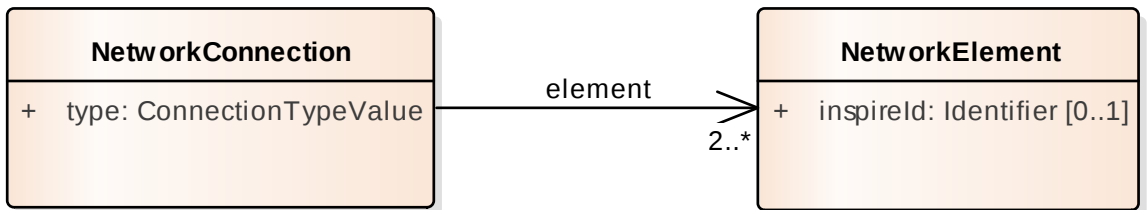
Oluşum (Composition) ilişki tipi ise sınıflar arasındaki bağımlılığı ifade eder. Yapı olarak Toplam ile benzerlik gösterse de Toplam ilişki tipinin daha güçlü bir versiyonu olarak değerlendirilebilir; farkları ise Toplam ilişki tipinde bütünü oluşturan parçaların silinmesi mümkünken, Oluşum ilişki tipinde ana sınıf (bütün) silinmeden bütünü oluşturan parçaların silinmesi mümkün olmamaktadır [84]. Oluşum ilişki tipinde ana sınıf içi dolu baklava şekli ile ifade edilir.



Şekil 2.6. Oluşum (Composition) ilişki tipi örneği [81]

Oluşum ilişki tipine yönelik bir örnek Şekil 2.6’da gösterilmektedir. Örnekte görüldüğü gibi bir bina birden çok bloktan oluşabilir ve bina varlığını sürdürdüğü sürece bina blokları silinemeyecektir.

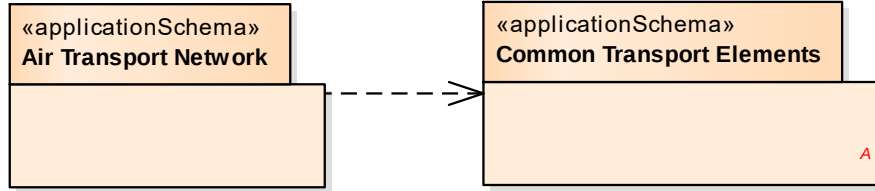
UML sınıf diyagramları üzerinde sınıflar arası Erişim (Navigability) ilişkisi tanımlamak da mümkündür. Düz bir çizgi ya da tek yönlü ok ile tanımlanan ilişkide düz çizgi her iki sınıfın da birbirine erişebileceğini ifade ederken, tek yönlü ok kullanımında erişim yalnızca ok yönündedir [85]. Şekil 2.4’te gösterilen “AerodromeNode” ve “ControlTower” arasındaki ilişki iki yönlü ilişkiye örnek verilebilir. Şekil 2.7’de verilen örnekte tek yönlü ok kullanıldığında yalnızca “Ağ Bağlantısı (NetworkConnection)” sınıfının “Ağ Elemanı (NetworkElement)” sınıfına erişebildiği, tersinin ise geçerli olmadığı görülmektedir.



Şekil 2.7. Erişim (Navigability) İlişki Tipi Örneği [80]

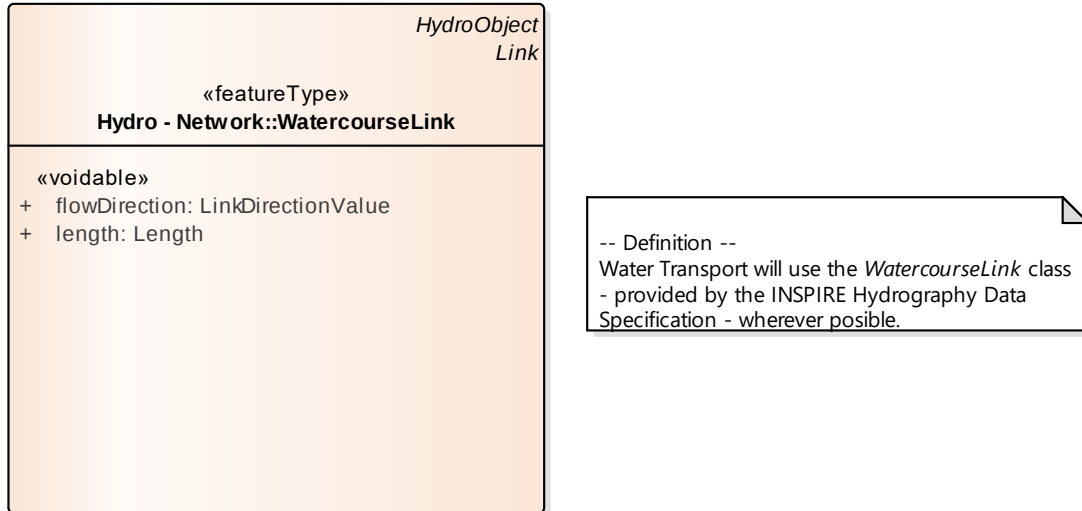
Sınıf diyagramları arasında tanımlanabilecek bir diğer ilişki ise Bağlılık (Dependency) ilişkisidir. Kesikli çizgilerden oluşan bir okla ifade edilen bu ilişki, bir UML elemanının, aynı veya başka bir modelde yer alan UML elemanı veya elemanlarına ihtiyaç duyması veya bu elemanlardan faydalanması olarak aktarılabilir [73]. İlişkide okun yönü bağlılık ilişkisinin yönünü göstermektedir.

INSPIRE Hava Ulaşım Ağları (HUA - Air Transport Network) uygulama şeması ve Ortak Ulaşım Elemanları (OUE- Common Transport Elements) uygulama şeması arasındaki bağıllık ilişkisi Şekil 2.8’de gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi HUA uygulama şeması, OUE uygulama şemasının bazı elemanlarını kullanmakta ve bu elemanlara ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 2.8. Bağıllık (Dependency) ilişki tipi örneği [80]

İlişkilere ek olarak UML diyagramlarına, herhangi bir UML elamanına ilişkin not eklemek de mümkün olmaktadır. Şekil 2.9’da verilen örnekte INSPIRE UAT’nin alt temalarından olan Su Ulaşım Ağları kapsamında tanımlanmış bir not gösterilmektedir.



Şekil 2.9. UML sınıf diyagramlarında not örneği [80]

3. AVRUPA TOPLULUĞU KONUMSAL VERİ ALTYAPISI (INSPIRE)

3.1. INSPIRE Genel Bakış

INSPIRE direktifi, çevreye ilişkin konumsal verilerin ülkeler ve sektörler arasında paylaşılmasını ve söz konusu verilerin kamusal kullanım için kolay erişilebilir hale getirilmesini sağlamak amacıyla 15 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiş olan bir KVA'dır [30]. INSPIRE'in genel anlamda konumsal verinin kullanımına yönelik beş zorluğu ele almak üzere tasarlandığı söylenebilir: i) kayıp veya eksik konumsal veriler, ii) konumsal verilerin dokümantasyonunda yaşanan eksiklikler, iii) farklı kurumlarca üretilen veri setlerinin birleştirilmesinde yaşanan sorunlar, iv) konumsal verileri bulmak ve bu verilerden faydalanmak için kullanılan sistemlerin genellikle izole sistemler olarak tesis edilmiş olması ve bu sistemlerin uyumlu bir şekilde çalışmaması, v) konumsal verilerin paylaşımını ve yeniden kullanımını engelleyen kültürel, kurumsal, finansal ve yasal bariyerler [86].

INSPIRE'in temel prensipleri de yine beş dayanak üzerine inşa edilmiştir [87]: i) veriler yalnızca bir kez toplanmalı ve en etkin şekilde idame edilebileceği yerde saklanmalıdır, ii) farklı kaynaklardan gelen konumsal verileri kombine etmek ve bu verileri diğer birçok kullanıcı ve uygulama ile paylaşmak mümkün olmalıdır, iii) herhangi bir detay seviyesinde üretilmiş veri; kapsamlı araştırmalar için detaylı, stratejik amaçlar için ise genel olacak şekilde her düzeye ölçeklenebilmelidir, iv) her düzeyde iyi bir yönetim için ihtiyaç duyulan konumsal veriler hazır ve şeffaf bir şekilde erişilebilir olmalıdır, v) hangi konumsal verilerin mevcut olduğunu, bu konumsal verilerin belirli bir ihtiyacı karşılamak amacıyla hangi koşullar altında ve nasıl elde edilip kullanılabileceğini bulmak metaveri kullanımı ile kolaylaştırılmalıdır.

Her ne kadar INSPIRE temelde çevreye yönelik konumsal verilerin temini ve paylaşımına yönelik olarak planlanmış olsa da bu ölçek günümüzde çok daha geniş bir hale evrilmiştir. Halihazırda INSPIRE kapsamında konumsal verilerin standart bir yapıya kavuşması amacıyla toplamda 34 adet veri teması

tanımlanmış olup bu temalar, temaların yayınlanma tarihleri ve erişim bağlantıları Çizelge 3.1’de listelenmektedir. Tüm coğrafi veri setlerinin ilgili veri temalarında tanımlanan uygulama kurallarına uyumlu bir şekilde yayınlanması için son tarih ise 21/10/2020 tarihi olarak belirlenmiştir [88].

Coğrafi bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmelere bağlı olarak konumsal veri miktarı katlanarak artmakta, çok çeşitli paydaşlar, karar verme süreçlerini desteklemek için konumsal veriler üretmekte ve kullanmaktadır [36]. Ancak, veri temalarının kapsayıcılığı temaların hazırlanma sürecinde kullanılan uygulama senaryoları ile kısıtlı olduğundan ve ülkelerin konumsal veriye yönelik farklı ihtiyaçları ve gereksinimleri bulunduğundan, ülkelerin farklı ihtiyaçlarını karşılamak için temaların genellikle genişletilmeleri gerekmektedir [32]. Sonuç olarak, araştırmacılar bu değişen gereksinimleri bir KVA'lara dahil etmenin yollarını araştırmaktadır [89].

Bu motivasyonla son yıllarda özellikle teknolojinin de gelişmesiyle birçok farklı genişletme önerisi sunulmuştur. Örnek olarak, yaygınlaşan hassas tarım uygulamalarına ilişkin INSPIRE’in genişletilmesi önerisinde bulunulmuştur [90]. Çalışmada, çevresel ve tarımsal alanlara ilişkin veri setlerinin paylaşımını ve erişimini kolaylaştırmayı amaçlayan girişimler ve ayrıca kullanıcı deneyimleri incelenmiştir. Bu hususlara yönelik bulgular ışığında INSPIRE altyapısı kullanılarak açık veriye yönelik bir genişletme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Benzer şekilde INSPIRE “Hydrography” temasına yönelik bir genişletme çalışması gerçekleştirilmiştir [91]. Çalışma kapsamında su sistemlerinin coğrafi temsiliyi içeren ve su sistemleriyle ilgili kavramları, tanımları ve aralarındaki ilişkilerle tanımlayan İsveç Su Sistemleri Standardı incelenmiş ve INSPIRE “Hydrography” teması ilgili UML diyagramlarının da tasarlanması ile genişletilmiştir.

Çizelge 3.1. INSPIRE Temaları

Tema Adı	Tarihi	Link
Adres	17/04/2014	Tıklayınız
İdari Birimler	17/04/2014	Tıklayınız
Kadaströ	17/04/2014	Tıklayınız
Koordinat Referans Sistemleri	17/04/2014	Tıklayınız
Coğrafi Grid Sistemleri	17/04/2014	Tıklayınız
Coğrafi Yer Adları	17/04/2014	Tıklayınız
Hidrografiya	17/04/2014	Tıklayınız
Koruma Bölgeleri	17/04/2014	Tıklayınız
Ulaşım Ağları	17/04/2014	Tıklayınız
Yükseklik	10/12/2013	Tıklayınız
Jeoloji	10/12/2013	Tıklayınız
Arazi Örtüsü	10/12/2013	Tıklayınız
Ortofoto	10/12/2013	Tıklayınız
Tarım ve Su Ürünleri Tesisleri	10/12/2013	Tıklayınız
Alan Yönetimi /Kısıtlama /Düzenleme Bölgeleri ve Raporlama Birimleri	10/12/2013	Tıklayınız
Atmosferik Koşullar	10/12/2013	Tıklayınız
Biyocoğrafiya Bölgeleri	10/12/2013	Tıklayınız
Bina	10/12/2013	Tıklayınız
Enerji Kaynakları	10/12/2013	Tıklayınız
Çevre İzleme Tesisleri	10/12/2013	Tıklayınız
Habitatlar ve Biyotoplar	10/12/2013	Tıklayınız
İnsan Sağlığı ve Güvenliği	10/12/2013	Tıklayınız
Arazi Kullanımı	10/12/2013	Tıklayınız
Meteorolojik Coğrafi Nesneler	10/12/2013	Tıklayınız
Mineral Kaynakları	10/12/2013	Tıklayınız
Doğal Risk Bölgeleri	10/12/2013	Tıklayınız
Oşinografik Coğrafi Nesneler	10/12/2013	Tıklayınız
Nüfus Dağılımı ve Demografi	10/12/2013	Tıklayınız
Üretim ve Endüstri Tesisleri	10/12/2013	Tıklayınız
Deniz Bölgeleri	10/12/2013	Tıklayınız
Toprak	10/12/2013	Tıklayınız
Tür Dağılımı	10/12/2013	Tıklayınız
İstatistiksel Birimleri	10/12/2013	Tıklayınız
Altyapı ve Kamu Hizmetleri	10/12/2013	Tıklayınız

Bir diğerk çalışmada araştırmacılar, INSPIRE'ı baz alarak üretilmiş olan TUCBS'nin, kırsal alanlara ilişkin konumsal veri kapsamında genişletilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir [92]. Çalışmada, Türkiye'nin konumsal veri altyapısı olan TUCBS'nin kırsal konumsal verinin tam anlamıyla temsili konusunda yetersiz kaldığı ifade edilmiş; kırsal alanlarla ilişkili mevcut veri setleri, Türkiye'nin kırsal alanlara ilişkin mevzuatları ve reformları incelenmiştir. Bu kapsamda akıllı sensörlerin tarım arazileri, meralar ve ormanlarda kullanımını da destekleyen bir genişletme nerisi sunulmuştur. Dolayısıyla alışma ile TUCBS'nin hem kırsal alanlarla ilişkili mevzuatlar hem de gelişen teknoloji doğrultusunda genişletilmesi sağlanmıştır.

Başka bir genişletme çalışmasında ise INSPIRE'a yönelik "Korunan Alanlar (Protected Sites)" teması ele alınmıştır [93]. Çalışmada, kültürel mirasların "Korunan Alanlar" teması içerisinde değerlendirildiğinin, ancak bu veri temasının öncelikle doğal sit alanları için tasarlandığının altı çizilmekte, kültürel unsurların bu tema kapsamında değerlendirilmesi için temanın genişletilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu doğrultuda kültürel miraslara ve INSPIRE entegrasyonuna yönelik birlikte çalışabilirliği geliştirmek amacıyla "Korunan Alanlar" temasına ilişkin genişletme nerisi sunulmuştur.

Genişletme çalışmalarına ek olarak, İsveç evresel coğrafi verilerinin ve meta verilerinin INSPIRE veri temalarına uyumunun sağlanması yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir [94]. Çalışma kapsamında araştırmacılar; İsveç evresel verilerinin; Nature-SDİplus projesi kapsamında hazırlanmış olan ve INSPIRE'ın ilgili süreçlerinde dayanak olarak kullanılan Habitat Bölgeleri (Habitats and Biotopes), Biyocoğrafya Bölgeleri (Bio-geographical regions) ve Tür Dağılımı (Species Distribution) temalarının veri ve meta veri tanımlamalarına yönelik uyumlaştırılması yaklaşımını test etmiştir. Test kapsamında temalara ilişkin veriler sorumlu kurum ve kuruluşlarından temin edilmiş, verilerin uyumlaştırma süreci ise iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada şema dönüşümlerinin kolaylaştırılması ve marka bağımsızlığının sağlanması amacıyla, kullanılan verilerin konumsal dönüşümleri gerçekleştirilmiş, verilerin koordinat sistemleri

düzenlenmiş ve formatları Geography Markup Language (GML) formatına dönüştürülmüştür. İkinci aşamada ise şemaların Nature-SDIplus projesi kapsamında hazırlanmış olan şemalara uyumunun sağlanması için şema dönüşümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ise ilk olarak XML validasyonuna ve sonrasında kural bazlı bir validasyon yöntemi olan Schematron validasyonuna tabi tutulmuştur. Validasyon işlemi sonucunda Schematron validasyonunun, XML validasyonunda yakalanamayan şemalar arası bir ilişki hatasını yakaladığı gözlemlenmiştir.

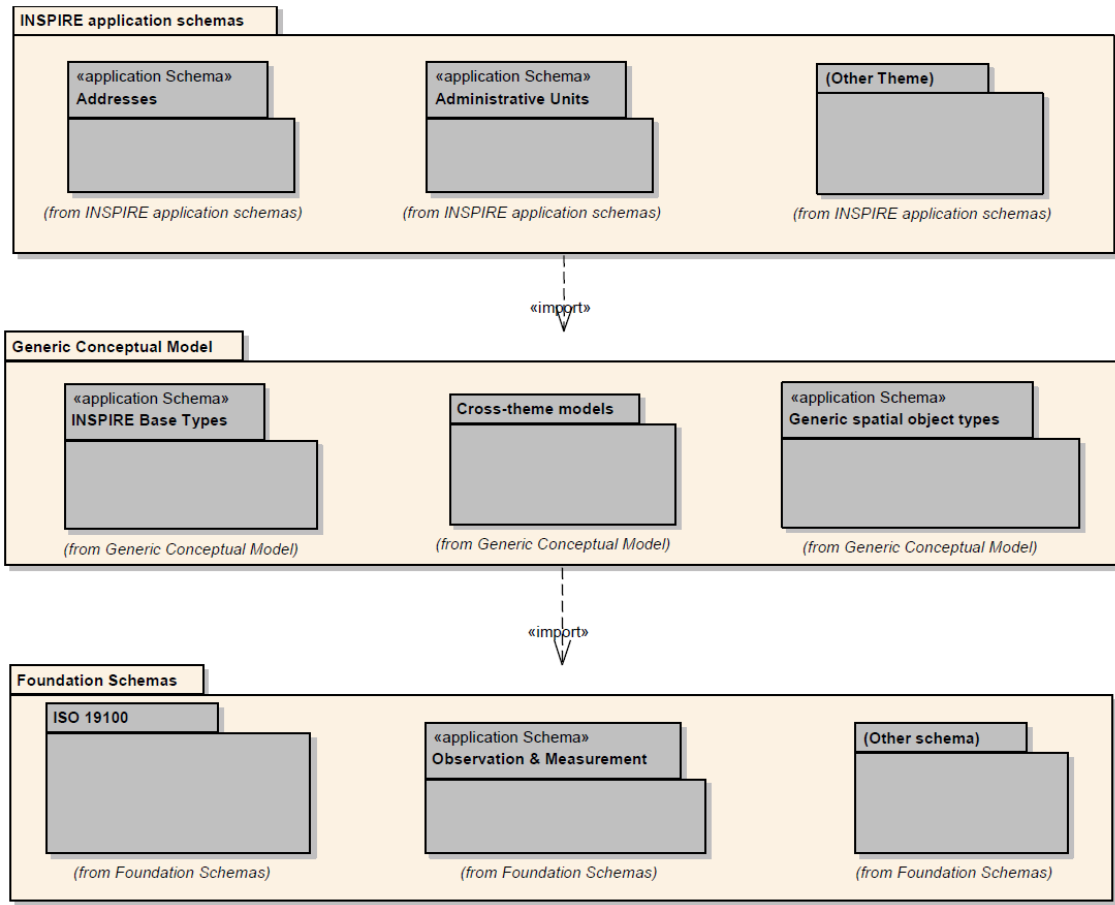
INSPIRE'in genişletilebilir tasarımı sayesinde, gelişen teknoloji ve değişen ihtiyaçlar ışığında güncelleme çalışmaları yapmak mümkün olabilmektedir [95]. INSPIRE'in son güncellendiği yıl olan 2015 yılından bugüne kadar geçen süreç, INSPIRE'in otonom İHA uçuşları kapsamında güncellenmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tez çalışması kapsamında UAT ve bu temanın alt temaları olan HUA ve OUE otonom İHA kullanımları kapsamında genişletilecektir.

3.2. INSPIRE Genel Kavramsal Modeli (Generic Conceptual Model)

INSPIRE'in en temel amaçlarından birisi konumsal veriye yönelik olarak birlikte çalışabilirliğin tesis edilmesidir. Ancak Çizelge 3.1'de sunulmuş olan INSPIRE temalarının sayısı ve bu temalar arasındaki büyük farklılıklar göz önüne alındığında, bu ölçekteki bir yapıda birlikte çalışabilirliğin sağlanmasının zorlu bir görev olacağı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu karmaşık yapı içerisindeki birlikte çalışabilirliğin güvence altına alınması amacıyla, tüm temalar için uygulanacak uygulama şeması, koordinat sistemleri, nesnelerin konumsal ve zamansal gösterimleri, detay seviyeleri ve kısıtlamalar gibi birçok hususa ilişkin genel kural ve yöntemleri belirleyen Genel Kavramsal Model (Generic Conceptual Model – GKM) dokümanı tanımlanmıştır [96]. GKM, Şekil 3.1'de görüleceği gibi, tüm INSPIRE temaları için ortak bir temel olarak hizmet etmektedir.

GKM'nin temel amacı veri temalarının homojen bir şekilde geliştirilmesine, temalar arası veri harmonizasyonuna ve birlikte çalışabilirliğe katkı sağlamaktır.

GKM, veri temaları için ortak modelleme kuralları ve ortak veri elemanları ortaya koymaktadır. Bu kapsamda GKM, veri temalarına yönelik olarak kuralların belirlenmesinde temel iki prensip benimsemiştir. Bu prensipler: i) INSPIRE verilerinin kullanılması, kullanıcılar ve kullandıkları yazılımlar için mümkün olduğunca kolaylaştırılmalıdır, ii) mevcut konumsal veri setlerinin INSPIRE uyumlu olarak yayınlanması mümkün olduğunca kolay olmalıdır. Bu prensiplere ek olarak, geçtiğimiz bölümde aktarılmış olan INSPIRE prensipleri GKM için de geçerlidir.



Şekil 3.1. INSPIRE uygulama şemalarının temeli olarak GKM [96]

Ayrıca, GKM’de, INSPIRE temalarının belirli noktalarda yetersiz kalması durumunda temaların genişletilebileceği, GKM’nin de bu genişletmeleri destekleyecek bir yapıda tasarlandığı belirtilmektedir. Bu doğrultuda INSPIRE genişletmeleri kapsamında yapılabilecek çalışmalar ise dört başlıkta değerlendirilebilir: i) yeni uygulama şemalarının eklenmesi, ii) yeni tip ve

kısıtlamaların eklenmesi, iii) kod listelerinin (code list) güncellenmesi, iv) ek tasvir kurallarının belirlenmesi. Ayrıca kod listelerinin yeniden kullanımı tercih edilmeli, kod listelerinin içerikleri oluşturulurken birçok farklı paydaşın bu kod listelerini kullanabileceği göz önünde bulundurulmalı ve kod listelerinin yeniden kullanımını teşvik etmek için kod listeleri çevrimiçi olarak yayınlanmalıdır [96].

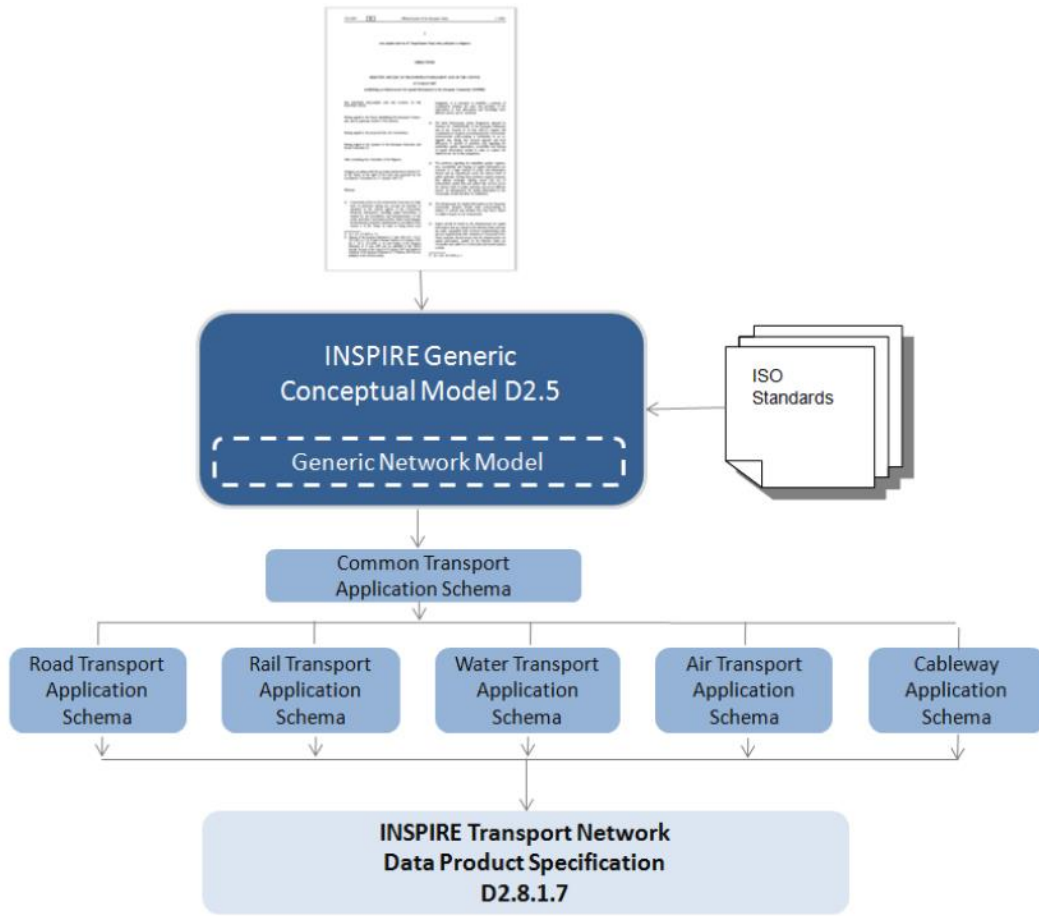
Şekil 3.1’de görüleceği şekilde tüm INSPIRE yapısında olduğu gibi GKM’nin tasarımında da standart odaklı bir yaklaşım izlenmiş, temel yapı ISO 19100 serisi standartlar üzerine inşa edilmiştir. INSPIRE kapsamında tanımlanmış olan tüm veri temalarının GKM’yi baz alarak tasarlandığı değerlendirildiğinde, aynı şekilde INSPIRE üzerinde yapılacak genişletmelerin de bu standart yapıyı koruyarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

3.3. INSPIRE Ulaşım Ağları Teması

INSPIRE’in en önemli temalarından olan UAT’nin Veri Tanımlama Dokümanı (Data Specification on Transport Networks) 17 Nisan 2014 tarihinde yayınlanmıştır [80]. Diğer veri temalarında olduğu gibi genel yapısı itibarıyla ISO 19131 Geographic information - Data product specifications standardına dayanmaktadır. UAT, INSPIRE Direktifinde “Karayolu, demiryolu, hava ve su ulaşım ağları ve ilgili altyapılarıdır. Farklı ağlar arasındaki bağlantıları içerir.” olarak tanımlanmıştır [60].

Konumsal verinin yeniden kullanımı ilkesini gözeterek UAT, ihtiyaçlar dahilinde genişletilmeye uygun bir yapıya sahiptir. UAT altında toplamda beş alt tema tanımlanmıştır: i) Karayolu Ulaşım Ağı (Road), ii) Demiryolu Ulaşım Ağı (Rail), iii) Su Ulaşım Ağı (Water), iv) Hava Ulaşım Ağı (Air) ve v) Kablolı Ulaşım Ağı (Cableways). Alt temalar, ulaşımda entegre bir yaklaşımı destekleyecek ve diğer INSPIRE temalarıyla uyumlu olarak çalışabilecek bir şekilde hazırlanmıştır. Alt temaların çeşitliliği ve kapsayıcılığı göz önüne alındığında UAT’yi kullanabilecek çok sayıda uygulamanın geliştirilebileceği görülmektedir.

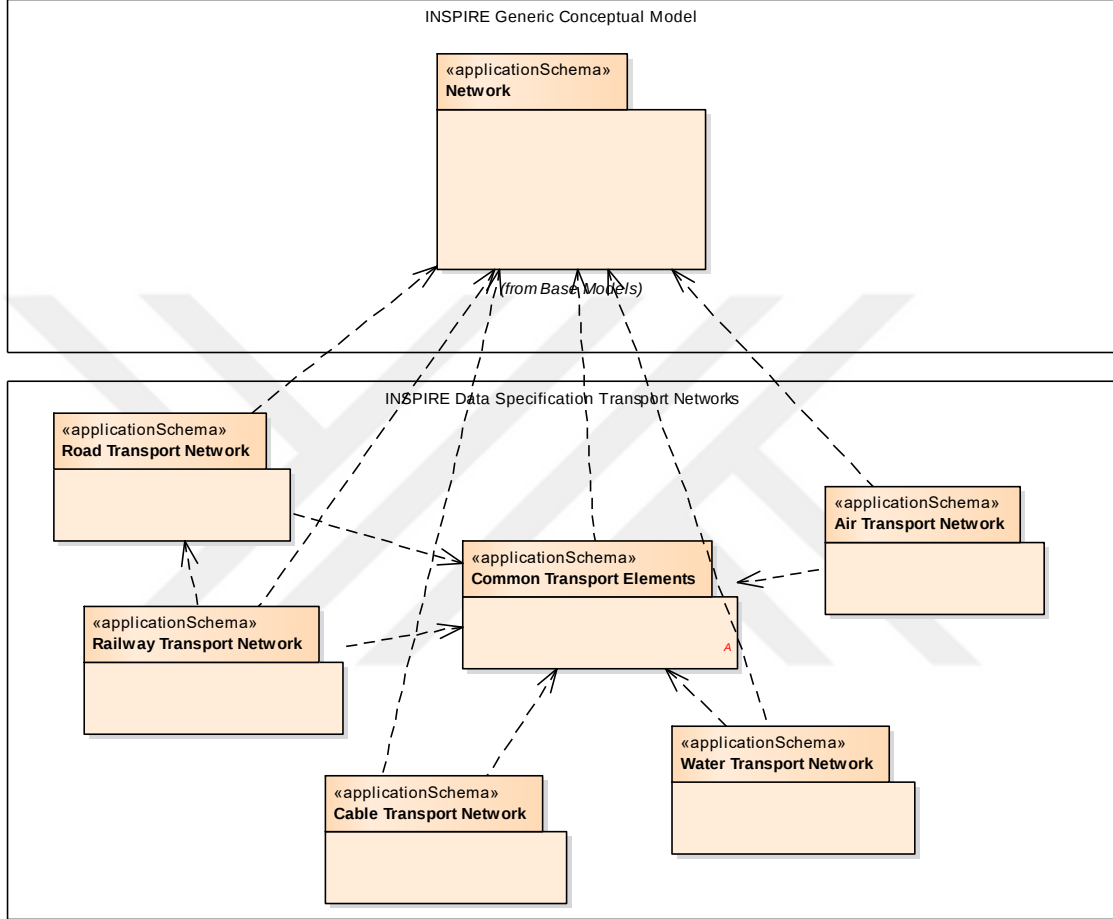
Veri tanımlama dokümanı toplamda üç geometri tipi içermektedir: i) alan objeleri, ii) çizgi objeleri ve iii) nokta objeleri. Bu geometri tipleri kullanılarak oluşturulacak ağ elemanları ise düğümler, bağlantılar, alanlar ve noktalar olarak ele alınmaktadır. Ağ elemanlarının kullanımı ise sınırlar arası ulaşım bağlantılarının kurgulanmasında ve farklı ulaşım modları kullanan ulaşım elemanlarına yönelik çok modlu ulaşım ağlarının tesisinde önem arz etmektedir.



Şekil 3.2. UAT genel çerçevesi [80]

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere tüm INSPIRE temalarında olduğu gibi UAT’nin temel yapısı da standartlar, INSPIRE Direktifi ve GKM üzerine inşa edilmiştir. UAT’nin beş alt temasına ek olarak, GKM üzerine inşa edilmiş olan OUE tanımlanmıştır. OUE, alt temalar tarafından paylaşılan, diğer bir deyişle ortak kullanılan elemanları içerisinde barındırır.

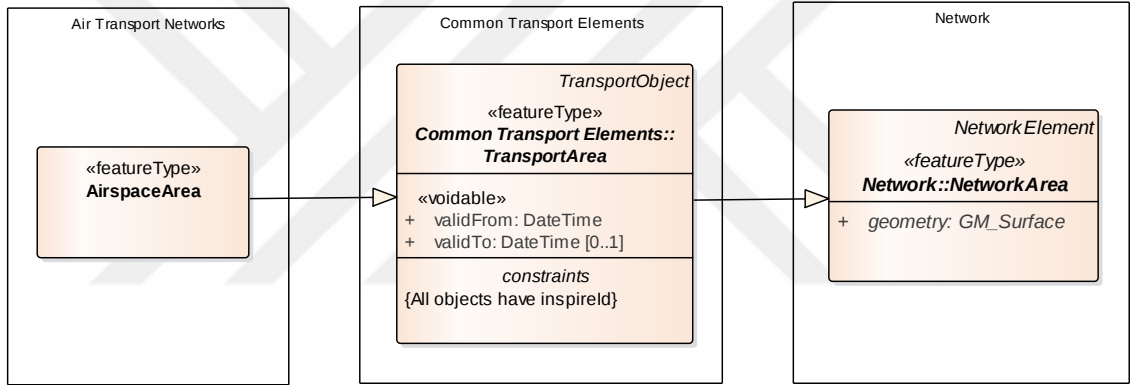
Şekil 3.3'te görüleceği gibi 5 alt temanın her biri hem GKM ile hem de OUE ile bağıllık ilişkisi içerisindedir; yani alt temalar hem GKM'den hem de OUE şemasından çeşitli elemanlara ihtiyaç duymaktadır. OUE ise yalnızca GKM ile bağıllık ilişkisi içerisindedir.



Şekil 3.3. UAT UML yapısı ve bağıllık ilişkileri [80]

Bununla birlikte OUE'nin genel yapısı Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Alt temalarının tümünden gelen ve ortak ulaşım elemanları altında birleşen “Ulaşım Alanı (TransportArea)”, “Ulaşım Hattı (TransportLink)”, “Ulaşım Özelliği (TransportProperty)” gibi tüm nesnelerin GKM içerisinde tanımlanmış ilgili elemana kalıtım ilişkisiyle bağlı olduğu görülmektedir. Özetle GKM içerisinde UAT'ye yönelik olarak tanımlanmış kurallar, yöntemler ve nesneler kalıtım yoluyla doğrudan ilgili alt temalara veya GKM'den OUE'ye ve OUE aracılığıyla diğer alt temalara aktarılmaktadır.

Daha somut bir örnek üzerinden gidilirse HUA uygulama şeması içerisinde tanımlanmış olan “HavasahasıAlanı (AirspaceArea)” nesnesi ve OUE uygulama şeması içerisinde tanımlanmış olan “UlaşımAlanı (TransportArea)” arasında kalıtım ilişkisi bulunmaktadır. Yani “HavasahasıAlanı”, “UlaşımAlanı” nesnesinin bir alt sınıfı, bir başka deyişle özelleşmiş halidir ve “UlaşımAlanı” nesnesi için tanımlanmış tüm öznitelik ve kısıtlamalar “HavasahasıAlanı” için de geçerlidir. Aynı şekilde “UlaşımAlanı” ile GKM içerisinde tanımlanmış olan “AğAlanı (NetworkArea)” nesnesi arasında kalıtım ilişkisi bulunmakta olup “UlaşımAlanı”, “AğAlanı” nesnesinin özelliklerini miras yoluyla almaktadır. Benzer yapı, UAT kapsamında tanımlanmış olan tüm alt temalar için geçerlidir. “HavasahasıAlanı”, “UlaşımAlanı” ve “AğAlanı” arasındaki kalıtım ilişkisi Şekil 3.5’te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. “HavasahasıAlanı”, “UlaşımAlanı” ve “AğAlanı” arasındaki ilişki [80]

UAT’nin tasarlanması çalışmalarında çevresel etki değerlendirme, araç içi bilgilendirme sistemleri ve ulaşım planlaması olmak üzere toplam üç kullanım senaryosu üzerinde durulmuştur. Kullanım senaryolarının içerisinde İHA kullanımına yönelik bir uygulamanın bulunmaması, veri temasının güncel İHA kullanım ihtiyaçlarına göre genişletilmesi gerektiğini de ayrıca gözler önüne sermektedir.

Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında HUA ve OUE, İHA kullanımları kapsamında incelenecek ve gerekli görülen kısımlarında genişletme çalışması yapılacaktır. Genişletme çalışmasında UAE’nin temel yapısının korunmasına özen gösterilecektir. Karayolu Ulaşım Ağı, Demiryolu Ulaşım Ağı, Su Ulaşım Ağı

ve Kablolu Ulaşım alt temaları tez çalışmasının kapsamı dışındadır. Ancak OUE kapsamında genişletilecek olan nesnelerin tez kapsamı dışında kalan diğer alt temalar için de kullanılabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



4. İHA YASAL DÜZENLEMELERİ VE KULLANIMLARI

Nispeten yeni bir teknoloji olan İHA'lar, birçok farklı alanda ve birçok farklı amaçla yaygın bir şekilde kullanılmakta ve bu kullanım her geçen gün artmaktadır. Bu yaygınlaşmanın sonucu olarak birçok ülke İHA operasyonlarının sebep olduğu güvenliğe, gizliliğe ve genel etiğe ilişkin sorunların ele alınmasına yönelik yasal düzenlemeler geliştirmektedir. Ancak yasal düzenlemelerin hazırlanması noktasında İHA operasyonlarının iyi bir şekilde kavranarak özömsenmesi ve sağlam bir mevzuat altyapısının tesisi hayati önem taşımaktadır [3]. Aksi takdirde yeni yasal düzenlemeler İHA kullanıcıları için cesaret kırıcı olabilir ve bu durum İHA kullanımlarını olumsuz yönde etkileyebilir [97]. Kapsamlı bir yasal düzenleme çalışması; İHA'ların sebep olacağı muhtemel riskleri azaltırken, aynı zamanda İHA'lardan maksimum fayda sağlanmasına yönelik gerekli özgürlükleri de sağlamalıdır [18].

Kural koyucu kurumlar genellikle İHA üreticileriyle yakın etkileşim içindedir. Bu etkileşim, yasal düzenlemelerin yaygın olarak kabul görmesi açısından önem arz etmektedir [98]. Bu etkileşimin sonucu olarak, İHA üreticileri, uçuşa yasak bölgeler ve önceden tanımlanmış yükseklik sınırları gibi düzenleyici unsurları ve önceden tanımlanmış olan güvenlik risklerini kontrol yazılımlarına dahil etmeye başlamaktadır. Yetkili kurum ve kuruluşlar bu tür verileri bir KVA aracılığıyla açık bir şekilde sağladığı sürece, bir İHA üreticisi bu verileri tasarım ve üretim döngüsüne uygun bir şekilde entegre edebilmektedir [99].

Yasal düzenlemeler, genellikle genişlemekte olan İHA endüstrisinin bir yansıması olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak bazı durumlarda günlük hayatta yaşanan olaylar bu süreci hızlandırabilmektedir [23]. 2015 yılında Japonya'da yaşanan çarpıcı bir olayda, Japonya'nın nükleer enerji politikasını protesto eden bir kişi, dönemin Japonya Başbakanı Shinzo Abe'nin resmi konutuna radyasyon içerikli madde taşıyan bir İHA indirmiştir [100]. Bu olay Japonya'nın İHA yasal düzenlemelerine yönelik çalışmalarını hızlandırmış, sonuç olarak başbakanlık konutu ve buna benzer kritik tesisler üzerindeki İHA uçuşları yasaklanmıştır [101].

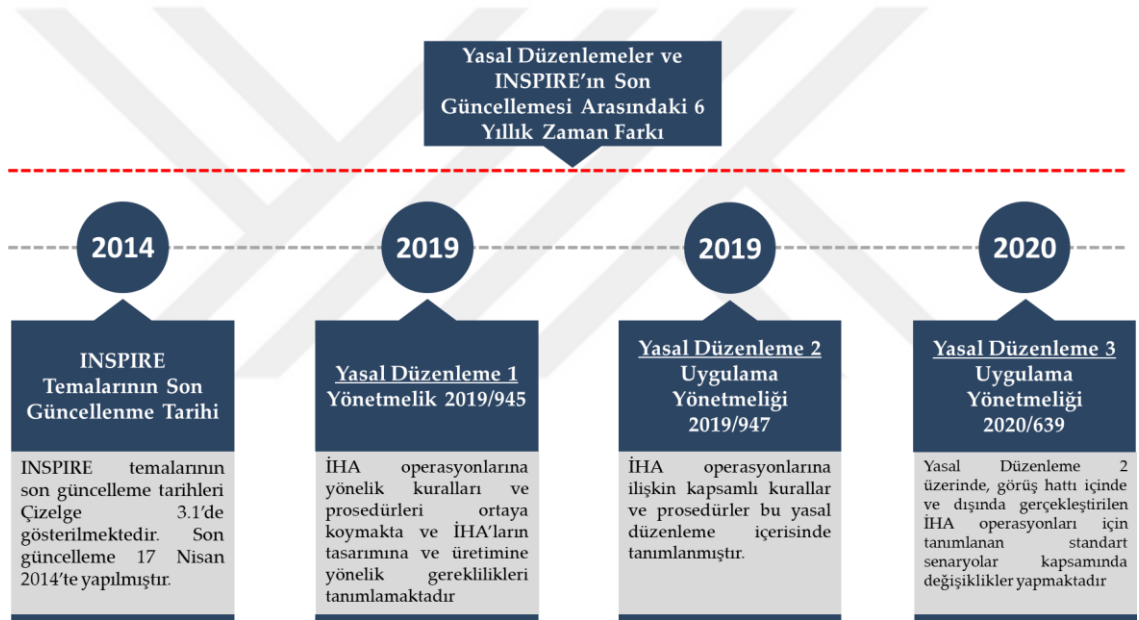
Her ne kadar ilerleyen bölümlerde aktarıldığı gibi İHA'lara yönelik olarak kapsamlı yasal düzenlemeler yapılmış olsa da hala bu kapsamda dikkate alınması gereken bazı hususlar mevcuttur. Örneğin, araştırmacılar, araç trafiğine açık yolların yakınında gerçekleştirilen İHA operasyonlarının sürücülerin dikkatini dağıttığına değinen bir çalışma gerçekleştirmiştir [102]. Çalışma kapsamındaki analizlerde bir sürüş simülatörü üzerinde göz takibi yapan bir aparat kullanılmıştır. Çalışmada, İHA operasyonlarının yola yaklaştıkça daha çok dikkat dağınıklığına sebebiyet verdiği ve özellikle iniş ve kalkışların bu oranı daha da arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna benzer başka bir sorun ise gün geçtikçe artması beklenen gökyüzündeki İHA sayısının sebep olacağı görüntü kirliliğidir. Yasal düzenlemeler ile farklı rotalarda gerçekleştirilecek çok sayıda İHA operasyonunun sebep olacağı görüntü kirliliğinin de önüne geçmesi hedeflenmektedir [17].

4.1. AB İHA Yasal Düzenlemeleri

AB yasal düzenlemelerinin temel motivasyonu, İHA'ları; 2004 yılında Avrupa Komisyonu tarafından başlatılan, Avrupa'nın parçalı hava sahası yapısını bütünsel bir yapıya çevirmeyi amaçlayan ve Tek Avrupa Gökyüzü (Single European Sky) olarak adlandırılan inisiyatife güvenli olarak entegre etmektir [103].

AB'nin güncel İHA politikaları üç temel yasal düzenleme üzerine inşa edilmiştir. Yasal Düzenleme 1, Yönetmelik 2019/945 - Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 [104], 12 Mart 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yasal Düzenleme 1, İHA operasyonlarına yönelik kuralları ve prosedürleri ortaya koymakta ve İHA'ların tasarımı ve üretimine yönelik gereklilikleri tanımlamaktadır. Yasal Düzenleme 2, Uygulama Yönetmeliği 2019/947 - Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 [105], 24 Mayıs 2019'da yayımlanmıştır. İHA operasyonlarına ilişkin kurallar ve prosedürler Yasal Düzenleme 2 içerisinde kapsamlı bir şekilde tanımlanmıştır. Temmuz 2020'de yürürlüğe giren Yasal Düzenleme 2 için geçiş periyodu 2022 yılı içerisinde tamamlanacaktır. Yasal Düzenleme 3, Uygulama Yönetmeliği 2020/639 – Commission Implementing

Regulation (EU) 2020/639 [106], 12 Mayıs 2020 yılında duyurulmuştur. Yasal Düzenleme 3, Yasal Düzenleme 2 üzerinde, görüş hattı içinde ve dışında gerçekleştirilen İHA operasyonları için tanımlanan standart senaryolar kapsamında değişiklikler yapmaktadır. AB İHA yasal düzenlemelerinin gelişimi Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Şekil 4.1, AB İHA yasal düzenlemeleri ve INSPIRE veri modelleri arasındaki zamansal açıklığı da vurgulamakta ve INSPIRE veri modellerinin otonom İHA lojistiği kapsamında güncellenme ve genişletilme ihtiyacının da altını çizmektedir. AB yasal düzenlemeleri kapsamında, İHA operasyonları, teşkil ettikleri riskler ışığında üç temel kategori altında ele alınmaktadır: i) *açık-open*, ii) *özel-specific*, iii) *yetkili – certified*.



Şekil 4.1. AB İHA yasal düzenlemeleri ve INSPIRE güncellemeleri zamansal gösterimi

Açık kategori için maksimum kalkış ağırlığı 25 kg’dan olmalıdır. Maksimum uçuş yüksekliği, uçuş sırasında bir engel aşılmadığı takdirde, zeminin İHA’lara en noktasından 120 m olmalıdır. Operasyon sırasında uzunluğu 105 m’yi geçen bir engelin aşılması gerektiği durumlarda, İHA’lar, bu engelin 50 m yarı çapındaki alana girdiklerinde, engelin en yüksek noktasından 15 m yüksek olacak şekilde 120 m’lik maksimum uçuş yüksekliğinin üzerine çıkabilirler. Açık kategoride İHA’larla herhangi bir tehlikeli madde taşınmasına ve operasyon süresince İHA’lardan herhangi bir madde düşürülmesine/bırakılmasına izin

verilmemektedir. Tehlikeli madde Yasal Düzenleme 2'de şu şekilde tanımlanmaktadır: “Bir olay veya kaza durumunda sağlık, güvenlik, mal veya çevre için tehlike oluşturabilecek olan özellikle patlayıcılar, gazlar, yanıcı sıvı veya katı maddeler, oksitleyici maddeler ve organik peroksitler, toksik ve bulaşıcı maddeler, radyoaktif maddeler, aşındırıcı maddeler dahil olmak üzere İHA'ların taşıdığı yükler.”

Açık kategorideki operasyonlar üç alt kategoriye ayrılır: A1, A2 ve A3. Ayrıca İHA'ların teknik ve fiziksel özellikleri ile ilgili olarak, İHA'ların AB uyum düzenlemelerinde belirtilen gerekliliklere uygunluğunu ortaya koyan bir gösterge olan CE işaretleri Yasal Düzenleme 1'de tanımlanmıştır. Yasal Düzenleme 1 kapsamında, CE işaretleri beş seviye altında ele alınmaktadır: CE0, CE1, CE2, CE3 ve CE4. CE işaretleri arasındaki farklar, esas olarak, maksimum ağırlık, maksimum hız, maksimum ulaşılabilir yükseklik ve İHA'ların olası bir çarpışma durumunda sebep olacakları maksimum enerji aktarımı gibi İHA'ların yapısal ve teknik özelliklerine dayanmaktadır. A1, A2 ve A3 kategorileri ile ilgili bazı tanımlamalar, sınırlamalar ve bunların CE işaretleri ile ilişkileri Çizelge 4.1'de özetlenmiştir.

Açık kategorinin gerekliliklerini karşılamamanın mümkün olmadığı durumlarda, İHA operasyonları özel kategoride gerçekleştirilmelidir. Pilot tarafından Yasal Düzenleme 3'te tanımlanan standart bir senaryoya uygun bir operasyon için bir beyan sunulmadıkça, bu kategorideki operasyonlar için kapsamlı bir risk değerlendirmesi ve operasyonel yetkilendirme gereklidir.

Eğer İHA operasyonları kapsamında insanların veya tehlikeli maddelerin taşınması planlanıyorsa, operasyonlar insan toplulukları üzerinde gerçekleştirilecekse ya da operasyonda genişliği veya uzunluğu 3 m'yi aşan İHA'lar kullanılacaksa, bu tür operasyonlar yetkili kategoride yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Açık kategorinin alt kategorilerine yönelik tanımlamalar

CE İşareti	Ağırlık	İnsanlar üzerinde uçuş	Maks Yükseklik	Yük	
A1	CE0	<250 g	Uçuşla ilişkisi olmayan insanların ve insan topluluklarının üzerinde uçmak yasak	Bir engelin aşılmadığı durumlarda 120 metre	Tehlikeli madde taşınamaz, yük bırakılamaz.
	CE1	<900 g	Uçuşla ilişkisi olmayan insanların ve insan topluluklarının üzerinde uçmak yasak	Bir engelin aşılmadığı durumlarda 120 metre	Tehlikeli madde taşınamaz, yük bırakılamaz.
A2	CE2	<4 kg	Uçuşla ilişkisi olmayan insanların ve insan topluluklarının üzerinde uçmak yasak. Uçuşlar en az 30m olacak şekilde güvenli bir mesafede gerçekleşmeli.	Bir engelin aşılmadığı durumlarda 120 metre	Tehlikeli madde taşınamaz, yük bırakılamaz.
A3	CE2	<4 kg	Uçuşlar konut alanlarından, ticari, endüstriyel ve rekreasyonel alanlardan en az 150m uzaklıkta gerçekleşmeli.	Bir engelin aşılmadığı durumlarda 120 metre	Tehlikeli madde taşınamaz, yük bırakılamaz.
	CE3	<25 kg	Uçuşlar konut alanlarından, ticari, endüstriyel ve rekreasyonel alanlardan en az 150m uzaklıkta gerçekleşmeli.	Bir engelin aşılmadığı durumlarda 120 metre	Tehlikeli madde taşınamaz, yük bırakılamaz.
	CE4	<25 kg	Uçuşlar konut alanlarından, ticari, endüstriyel ve rekreasyonel alanlardan en az 150m uzaklıkta gerçekleşmeli.	Bir engelin aşılmadığı durumlarda 120 metre	Tehlikeli madde taşınamaz, yük bırakılamaz.

Bununla birlikte özel kategori için sunulmuş olan risk değerlendirmesinin yetkili kuruluş tarafından yeterli bulunmaması durumunda bu operasyonlar da yetkili kategoride gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar yetkili kategori için standartların Avrupa Birliği Havacılık Emniyeti Ajansı (European Union Aviation Safety Agency – EASA) tarafından henüz tanımlanmamış olduğu ve bu tanımlamalara yönelik ilk teklifin 2021 yılında yayınlanmasının planlandığı ifade edilmiş olsa da [107], yapılan araştırmalarda bu teklifin henüz yayınlanmadığı görülmüştür. EASA, yetkili kategori kapsamında üç tip operasyonun desteklenmesini amaçlamaktadır: i) uluslararası uçuşlar veya yetkili kargo uçuşları, ii) rotası uçuş öncesinde

belirlenmiş olan kargo veya yolcu taşınmasını içeren uçuşlar, iii) ikinci seçenekte belirtilen uçuş tiplerinin araç içindeki bir pilotla gerçekleştirilmesi.

Yasal Düzenleme 2, üye devletlere; emniyet, mahremiyet, güvenlik veya çevre ile ilgili risklerin yönetilmesi hususunda hava sahasının belirli kısımlarında İHA uçuşlarını kolaylaştırmak, kısıtlamak veya yasaklamak için coğrafi bölgeler oluşturma yetkisi vermektedir. Bu coğrafi bölgeler içerisinde belirli veya tüm İHA operasyonlar yasaklanabilir, operasyonlar için belirli koşullar istenebilir, bölgede belirli İHA sınıflarına izin verilebilir veya operasyonlar belirlenen çevre standartlarına tabi olabilir. Uzaktan tanımlama sistemi (remote identification system) veya coğrafi farkındalık sistemi (geo-awareness system) gibi belirli teknik özelliklere sahip İHA'ların, otonom bir İHA operasyonunda yer almasına izin verilebilir. Bölgeler oluşturulduktan sonra ise bölgelerin geçerlilik süreleri de dahil olmak üzere tüm bilgiler ülkelerce dijital bir formatta paylaşılacaktır. Yine Yasal Düzenleme 2 kapsamında İHA'ların halihazırda acil durum müdahalesinin mevcut olduğu alanlarda uçuş yapması yasaklanmıştır.

4.2. ABD İHA Yasal Düzenlemeleri

2012 yılında Birleşik Devletler Kongresi, Federal Havacılık Yönetimi (Federal Aviation Administration - FAA) Modernizasyon ve Reform Yasası'nı (FAA Modernization and Reform Act - FMRA) onaylamıştır [108]. FMRA'nın 331'inci bölümünden 336'ıncı bölümüne kadar olan kısımları, İHA'lara ve sivil kullanımdaki İHA'ların Ulusal Hava Sahası Sistemi'ne (National Airspace System) entegrasyonuna yönelik düzenlemelere adanmıştır. Ayrıca, Küçük İnsansız Hava Aracı Regülasyonu (Small Unmanned Aircraft Regulation – Part 107) 2016 yılında yürürlüğe girmiştir [109]. Bu iki yasal düzenleme, FMRA ve Part 107, ticari ve rekreasyonel anlamda ABD'nin İHA yasal düzenlemelerinin çekirdeğini oluşturmaktadır. FMRA, entegrasyon süreci için genel bir çerçeve ortaya koyup genel amaçları ana hatlarıyla belirtirken, Part 107 operasyonel gereksinimleri, sınırlamaları ve koşulları tanımlamaktadır. Tüm operasyonların bir pilotun Görsel Görüş Hattında (Visual Line of Sight) tutulması gerektiğinden, otonom İHA uçuşları bu düzenlemede ele alınmamıştır.

Part 107’de İHA “tüm yükleriyle birlikte 55 pound’dan (~25 kg) hafif olan hava aracı” olarak tanımlanmıştır. Diğer bir deyişle, Part 107 kapsamına giren bir operasyon gerçekleştirebilmek için İHA’ların en fazla 25 kg ağırlığa sahip olması, bununla birlikte İHA’ların yere göre hızının saatte 100 mili (~160 km/s) aşmaması gerekmektedir. Tüm İHA operasyonları için maksimum uçuş yüksekliği 400 feet (~120 m) olarak belirlenmiştir. Ancak, AB yasal düzenlemelerine benzer şekilde, bu uzunluktan daha yüksek bir engelin geçilmesi gerektiği durumlarda bu limit aşılabilmektedir. Limit aşımının olduğu durumlarda ise İHA’ların, engelin en üst noktasından itibaren en fazla 400 feet yükselebileceği belirtilmektedir.

Operasyonun bir parçası olmadıkları ve üstü kapalı bir yapının altında veya İHA’dan makul düzeyde koruma sağlayabilecek sabit bir aracın içinde bulunmadıkları sürece, insanların üzerinden uçmak yasaktır. Buna ek olarak, Part 107, Alt Bölüm D’de tanımlanan dört operasyonel kategoriden en az birinin gerekliliklerini karşılayan operasyonlar, insanlar üzerinde gerçekleştirilebilir. Bu kategoriler genel olarak İHA’ların ağırlığına ve yapısına dayalıdır. Ayrıca İHA’ların insan toplulukları üzerindeki sürekli uçuşları bu kategoriler kapsamında sınırlandırılır.

Part 107 kapsamında hareket halindeki araçların üzerinde İHA operasyonları gerçekleştirebilmek için İHA’ların kapalı veya kısıtlı bir alan üzerinde uçuyor olması ya da uçuşun hareket halindeki aracın içerisinde olan tüm insanların bilgisi dahilinde gerçekleştiriliyor olması şarttır. Bununla birlikte ABD yasal düzenlemeleri kapsamında bir çarpışmadan sonra ortaya çıkabilecek olası sonuçları değerlendirmek için İHA’ların belgelendirilmesi gerekmektedir.

Part 107, İHA’larla yük taşımacılığına belirli şartlar altında izin vermektedir. Daha önce de aktarıldığı gibi, İHA’lar tüm ekipmanları ve yükü ile birlikte 55 pounddan (~25 kg) daha hafif olmalıdır. Taşıma işlemi pilotun görüş hattı içerisinde gerçekleştirilmelidir. İHA taşımacılığı kapsamında, İHA yükleri güvenli bir şekilde bağlanmalı, İHA’ların uçuş özellikleri ve kontrol edilebilirliği yükten etkilenmemelidir. Aynı zamanda, İHA’larla, insan sağlığına, güvenliğe ve diğer

mallara zarar verebilecek olan tehlikeli maddelerin taşınması yasaklanmıştır. Tehlikeli maddeler terimi ayrıca tehlikeli atıkları, deniz kirleticilerini ve yüksek sıcaklıktaki malzemeleri de kapsamaktadır.

FAA, İHA operasyonları etkileyen hava sahası kısıtlamalarını listelemektedir [110]. Bu kapsamda Beyzbol Ligi (Major League Baseball), Ulusal Futbol Ligi (National Football League), Futbol Birinci Ligi (NCAA Division One Football), NASCAR Sprint Kupası (NASCAR Sprint Cup), Indy Car ya da Şampiyonluk Serisi (Champ Series) müsabakaları olması durumunda müsabakanın düzenlendiği stadyum veya alanın 3 deniz mili içinde İHA operasyonları yasaklanmıştır. Yasak, etkinliğin başlangıcından bir saat önce başlar ve etkinliğin sona ermesinden bir saat sonra biter. Ayrıca, İHA pilotları, uçuş öncesinde bu yönde bir izinleri mevcut değilse, hava alanlarının çevresinde uçuş yapmaktan kaçınmalıdır. Bununla birlikte ordu üssü, sembol niteliğindeki yapılar (landmark) ve kritik altyapılar gibi hassas güvenli bölgelerin üstündeki uçuşlar, ayrıca arama kurtarma çalışmalarının devam etmekte olduğu alanlardaki izinsiz İHA operasyonları da yasaklanmıştır. İHA pilotları tüm bu yasaklı bölgelerden ve kısıtlı bölgelerden, yangın, kasırga gibi geçici olarak tehlikeli durumlara sebebiyet verebilecek bölgelerden ve özel güvenlik önlemleri gerektiren faaliyetlerin olduğu bölgelerden kaçınmalıdır.

ABD’de İHA’lara yönelik gece operasyonlarına ise iki şart altında izin verilmektedir. İlk olarak, komuta pilotu bir bilgi testi veya çevrimiçi eğitimi tamamlamalıdır. İkinci olarak ise, İHA en az üç mil öteden görülebilen uygun bir çarpışma önleyici ışığa (anti-collision light) sahip olmalıdır. Hava koşulları, görünürlük bağlamında bir diğer hayati konudur. Kontrol istasyonundan İHA’lara olan minimum görüş mesafesi üç milin altına inmemelidir.

4.3. İHA’ların Kent İçi Lojistik Kullanımlarının İncelenmesi

Lojistik, İHA’ların yakın gelecekte yaygın olarak kullanılacağı temel uygulama alanlarından biridir [7]. Teslimat süresini azaltmaları ve geleneksel yöntemlere

kıyasla CO2 emisyonunu düşürmeleri sayesinde İHA'lar, lojistik sektöründe devrim niteliğinde bir etki yaratacaktır [111]. Yemek dağıtımında motosiklet dağıtım sistemi ile İHA dağıtım sisteminin çevresel etkilerini karşılaştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, İHA ile 1 km teslimat başına küresel ısınma potansiyelinin motosiklet teslimatının altıda biri olduğu, ayrıca teslimat sırasında İHA'lar tarafından üretilen partiküllerin, motosikletler tarafından üretilen partiküllerin yarısı kadar olduğunu gözlemlenmiştir [112].

Bununla birlikte İHA'lar diğer nakliye unsurları ile birlikte çalışabilme özelliklerine de sahiptir. İHA'lar nakliye kamyonları ile eş zamanlı olarak çalışabilmekte, kamyon çeşitli noktalara teslimat yaparken kamyon üzerinden havalanan İHA ise kamyonun gitmediği diğer noktalara teslimat gerçekleştirebilmekte, böylelikle zamandan ve insan kaynağından önemli ölçüde tasarruf edilebilmektedir [113].

İHA'ların lojistik sektörü üzerindeki etkisi, 2019 yılının sonunda başlayan ve halen sürmekte olan Covid-19 pandemisinde de net bir şekilde gözlenmiştir. Bu konuda yapılan bir araştırmada pandeminin yemek tüketim alışkanlıklarında büyük değişikliklere sebebiyet verdiği, İHA'ların temassız teslimat noktasında sağladıkları avantajlar sayesinde kullanımlarının önümüzdeki yıllarda daha da artabileceğine değinilmiştir [15]. Benzer şekilde İHA'ların pandemi ile mücadele kapsamında medikal malzemelerin taşınmasından kamu kullanımına açık alanların izlenmesine kadar birçok farklı amaçla kullanılabileceği vurgulanmıştır [16]. Diğer bir çalışma ise İHA'ların aşılarda taşınmasındaki teslimat hızını ve etkinliğini artırdığını, aynı zamanda da genel maliyetleri azalttığını göstermektedir [14]. İHA'ların sağlık taşımacılığı kapsamındaki kullanımı Türkiye'de de kendine yer bulmuştur. İstanbul'da yer alan iki hastane arasında İHA'lar ile hafif ilaç taşınmasına yönelik test uçuşlarının yapılabilmesi için 27 Mayıs 2021 tarihinde NOTAM yayınlanmıştır [114].

İHA'lar, çevik hareket kabiliyetleri ve trafik yoğunluğundan etkilenmemeleri sayesinde son kilometre lojistiğinde de (last mile logistics) önemli fırsatlar sunmaktadır [1]. Dünya çapındaki en büyük e-ticaret şirketlerinden birisi olan

Amazon, İHA'ları kullanarak 30 dakikadan az bir süre içerisinde paketlerin teslimatını sağlayan “Amazon Prime Air” adında bir sistem geliştirmektedir [115]. Yapılan bir çalışmada e-ticaret teslimatları kapsamında İHA kullanımının Amazon için büyük bir rekabet avantajı sağlayacağı ifade edilmektedir [116]. Çin’de faaliyet gösteren diğer bir e-ticaret şirketi JD ise kırsal alanlarda İHA’larla yapılacak teslimata başlamıştır [117]. Benzer şekilde Google’ın çatı firması olan Alphabet, Wing projesi kapsamında Finlandiya, ABD ve Avustralya’nın bazı bölgelerinde İHA’larla ürün teslimatı yapmaktadır [118]. Deutsche Post DHL Group ise Çin’in belirli bölgelerinde İHA’ları lojistik amacıyla kullanmaya başlamıştır [119].

İHA teslimatının son aşaması olan paketin müşteriye tesliminde; taşınan ürünü teslim alacak kişinin balkon, bahçe veya uygun yapıda bir çatısı olmaması durumlarında, süreç zorlu bir hal almaktadır [120]. Diğer taraftan böyle bir imkânın olması durumunda bile, İHA’ların paketleri sürekli olarak müşterilerin ev/iş adreslerine teslim etmesine izin vermek de hava sahasının yönetimini zorlaştıracaktır. Bu sorunlarla başa çıkılması ve müşterilere postaneler, süper marketler, tren istasyonları gibi alternatif adreslerin sağlanması noktasında toplama ve teslimat noktalarının (collection and delivery point – CDP) kullanımı son yıllarda popüler hale gelmiştir [121,122]. CDP’ler, İHA lojistiği kapsamında, sadece teslimat noktası olarak tanımlanmaktan ziyade, uçuş öncesi belirlenmiş ve farklı kapasitelere sahip iniş ve kalkış “alanları” olarak biraz daha farklı bir amaçla da kullanılabilir. Bu noktada, daha doğru bir alan gösteriminin sağlanması amacıyla tez çalışması kapsamında Toplama ve Teslimat Alanları - TTN (collection and delivery zone – CDZ) olarak kullanılacak olan bu alanlar müşterilerin çatıları, bahçeleri gibi şahsi mülkleri içerisinde yer alabileceği gibi, kamuya açık alanlarda daha büyük kapasiteli alanlar olarak tesis edilerek çoklu kullanıma da hizmet edebilir.

4.4. İHA’ların Etik ve Gizlilik Unsurları Kapsamında İncelenmesi

İHA’ların birçok sektörde, özellikle de ticari amaçlı kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte İHA kullanımına yönelik gizlilik ve etik odaklı kaygılar tartışılmaya

başlanmıştır [21]. Çeşitli donanımlarla bezenmiş olan İHA'lar, bilgisi ve izni olmayan insanların resimlerini çekebilir, hareketlerini gözlemleyebilir ve hatta sağlıkları ve vücut sıcaklıklarıyla ilgili bilgi toplayabilir [123].

Örneğin, Avustralya'da, bahçesinde güneşlenmekte olan bir kadının fotoğrafı İHA'lar tarafından bir hata sonucu çekilmiş ve bu hata fark edilene kadar fotoğraf bir emlak şirketi tarafından kullanılmıştır [124]. Bu tür olaylar insanlarda ürkütücü bir etkiye sebep olmakta, etrafta bir İHA olmasa bile insanların İHA'lar tarafından izlendiğine yönelik bir algı yaratmaktadır [5].

İHA'lara yönelik mahremiyet konularına ilişkin insanların algıları ve beklentileri hakkında bir fikir edinmek amacıyla toplamda 20 katılımcıyı içeren bir laboratuvar çalışması gerçekleştirilmiştir [125]. Çalışmanın bulguları sonucunda yazarlar üç önemli tavsiyede bulunmuştur. Bu tavsiyelerden ilki, coğrafi sınırlar kullanılarak İHA'ların insanlardan, binalardan ya da vahşi yaşamdan uzak tutulmasıdır. İkincisi, İHA'ların uçabileceği alanların belirlenmesidir. Böylece insanlar İHA operasyonlarının nerede olacağını bilecek ve gerekirse operasyonlardan sakınabilecektir. Üçüncüsü ise İHA'ların tasarımları, renkleri ve boyutları ile daha 'dost canlısı' görünmesinin sağlanmasıdır.

Yapılan bir çalışmada, 2014 ve 2017 yılları arasında güney Kaliforniya'nın 20 şehrinde İHA yasal düzenlemelerinin görüşüldüğü konsey toplantılarını incelenmiştir [126]. İHA'lara yönelik olarak gizlilik, güvenlik, sürdürülebilirlik, suç, huzursuzluk gibi birçok hususun değerlendirildiği toplantılarda öne çıkan en büyük sorun, İHA'ların izinsiz olarak özel alanlara girebileceği, izleme ve kayıt gibi yetenekleri sayesinde gizlilik sorunları teşkil edebileceği olmuştur.

Tüm yeni teknolojilerin insan hayatına girdiği ilk dönemlerde yaşandığı gibi İHA'lara karşı oluşabilecek güvensizlik, İHA'ların sivil kullanımına önemli bir bariyer teşkil edecektir [127]. Dolayısıyla, İHA'ların sebep olabileceği gizlilik sorunları ile başa çıkabilmek için bu yöndeki yasal düzenlemelerin etkin bir

şekilde kullanılması gerekmektedir [128]. Bu yasal düzenlemeler, İHA'ların sosyal kabulünün sağlanması amacıyla tüm İHA ekosisteminin endişelerini ve bakış açılarını dikkate almalıdır [129].

İHA'lara yönelik teknolojik gelişmeleri ve bu teknolojik gelişmeler sonucunda ortaya çıkan yasan düzenlemeleri inceleyerek INSPIRE'ın genişletmesini inceleyen bu tez çalışmasında, gizlilik, genişletmenin önemli etkenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.



5. İHA KULLANIMLARINA YÖNELİK INSPIRE GENİŞLETME ÖNERİSİ

Önceki bölümlerde, UAT'nin genişletilmesine yönelik ihtiyaçların kapsamlı bir şekilde analiz edilebilmesi amacıyla AB ve ABD'nin İHA'lara yönelik geliştirdikleri yasal düzenlemeler ve İHA'ların lojistik kapsamındaki çeşitli kullanım örnekleri ele alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda ortaya çıkan bulgular ise Çizelge 5.1'de özetlenmiştir.

İHA yasal düzenlemelerine yönelik olarak AB ve ABD genel anlamda müşterek bir yaklaşım sergilemektedir. İncelenen iki yasal düzenlemede de İHA'ların maksimum ağırlığı, maksimum uçuş yüksekliği, maksimum hızı ve yük tiplerine yönelik kısıtlamalar tanımlanmaktadır. Ayrıca, her iki yasal düzenlemede de belirli alanlarda uçuşların kısıtlanmasına veya yasaklanmasına yönelik coğrafi bölgelerin tanımlanması söz konusudur. Ek olarak insanların, insan topluluklarının, yoğun nüfuslu bölgelerin ve afet bölgelerinin üzerindeki uçuşlar iki yasal düzenlemede de hassasiyetle ele alınmaktadır. Ancak, gürültü ve emisyon gibi çevresel unsurlar AB yasal düzenlemelerinde yer alırken, ABD yasal düzenlemelerinin bu konuda herhangi bir hükmü bulunmamaktadır.

Tez çalışmasının bu bölümünde, elde edilen bulgular ışığında INSPIRE UAT'nin ne şekilde genişletilebileceği ele alınacaktır. Genişletme kapsamında ilk olarak ihtiyaç duyulan alan nesneleri tanımlanacaktır. Sonrasında otonom uçuşlar kapsamında kullanılabilecek kısıtlar ve tamamlayıcı bilgilere değinilecektir. Son olarak ise önerilen genişletme modeli kapsamlı bir şekilde sunulacaktır.

Çizelge 5.1. INSPIRE genişletmesine yönelik temel bulgular

Kriterler	AB Yasal Düzenlemeleri	Yasal Dayanak	ABD Yasal Düzenlemeleri	Yasal Dayanak
Maksimum Uçuş Seviyesi (engel geçişinde aşılması mümkündür)	✓	2019/947 (4.1.e) 2019/947 (Annex Part A, (2))	✓	Part 107 (107.51)
Maksimum Hız	✓	2019/947 (Operations in subcategory A1-5) (Operations in subcategory A2-1)	✓	Part 107 (107.51)
Maksimum Ağırlık	✓	2019/947 (Article 4-1-b)	✓	Part 107 (107.3)
İHA Yük Tipi	✓	2019/947 (Article 4-1-f)	✓	Part 107 (107.36)
İnsanlar ve İnsan Toplulukları Üzerindeki Uçuş Kısıtlamaları (operasyona dahil olmayan insanlar, politik ve kültürel etkinlikler kapsamındaki topluluklar vb.)	✓	2019/945 (Annex) 2019/947 (Annex) EASA (What is an assembly of people?)	✓	Part 107 (107.39) Part 107 (107.110) Part 107 (107.115) Part 107 (107.125)
Nüfus Yoğunluğu (yoğun nüfuslu alanlar, seyrek nüfuslu alanlar vb.)	✓	2019/947 (General Considerations 5,22) 2019/947 (11.2.b) 2019/947 (Part B) 2020/639 (Appendix 5)	✓	Part 107 (107.25)
Kritik Bölgeler/Yapılar (hassas güvenlikli/askeri endüstriyel/rekreasyonel alanlar, spor müsabakaları vb.)	✓	2019/947 (Part A- operations in subcategory A3) 2019/947 (General Considerations 21)	✓	Federal Aviation Administration Airspace Restrictions
Afetler (arama kurtarma çalışmaları, yangın, fırtına vb.)	✓	2019/947 (UAS.OPEN.060 Responsibilities of the remote pilot)	✓	FAA Airspace Restrictions
Teknik Gereksinimler (çarpışma önleyici ışık, coğrafi farkındalık sistemi, uzaktan tanımlama sistemleri vb.)	✓	2019/947 (Article 15- 1-d)	✓	Part 107 (107.29)
Çevresel kısıtlamalar (doğa koruma alanları, gürültü, emisyon vb.)	✓	2019/947 (General Considerations 21) 2019/947 (General Considerations 22)	✗	-

5.1. Alan Nesneleri

İHA'ların hava sahasına etkin bir şekilde entegrasyonu için hava sahasındaki diğer kullanıcıların ve bununla birlikte yeryüzü üzerindeki canlı ve cansız varlıkların güvenliğinin garanti altına alınması, gizliliğe yönelik kaygıların en aza indirilmesi ve İHA'lar için oluşturulan rotaların hassas ve doğru bir şekilde belirlenebilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla tüm İHA operasyonları süresince İHA'lar nerede olduğunu, nerede ve ne zaman uçabileceklerini bilmek hayati önem arz etmektedir.

Mevcut INSPIRE yapısında HUA içerisinde yer alan tüm alan nesneleri OUE kapsamında tanımlanmış olan "UlaşımAlanı (TransportArea)" nesnesine kalıtım ilişkisi ile bağlanmıştır. Diğer bir deyişle HUA'da tanımlı tüm alan nesneleri "UlaşımAlanı" nesnesinin özelleşmiş bir halidir ve bu nesnenin sahip olduğu tüm özniteliklere ve kısıtlara sahiptir. "UlaşımAlanı" nesnesi ise, Şekil 3.4'te görüleceği gibi "AğAlanı (NetworkArea)" nesnesine kalıtım ilişkisi ile bağlıdır. Dolayısıyla "AğAlanı" nesnesinde tanımlanmış "geometry: GM_Surface" özneliği "UlaşımAlanı" nesnesi ve "UlaşımAlanı" nesnesine kalıtım yoluyla bağlı olan tüm alan nesneleri tarafından kullanılmaktadır. Genişletme çalışması kapsamında da aynı yaklaşım izlenecek, INSPIRE'in temel yapısına benzer bir şekilde genelden özele doğru ilerleyen bir yapı tesis edilecektir.

Bu kapsamda İHA rotalarının oluşturulmasına temel teşkil eden, hava sahalarına yönelik çeşitli kısıtlamaları ve yasaklamaları tanımlamakta kullanılan ve genişletmeye konu olan nesneleri alt başlıklar içerisinde ele alınmaktadır.

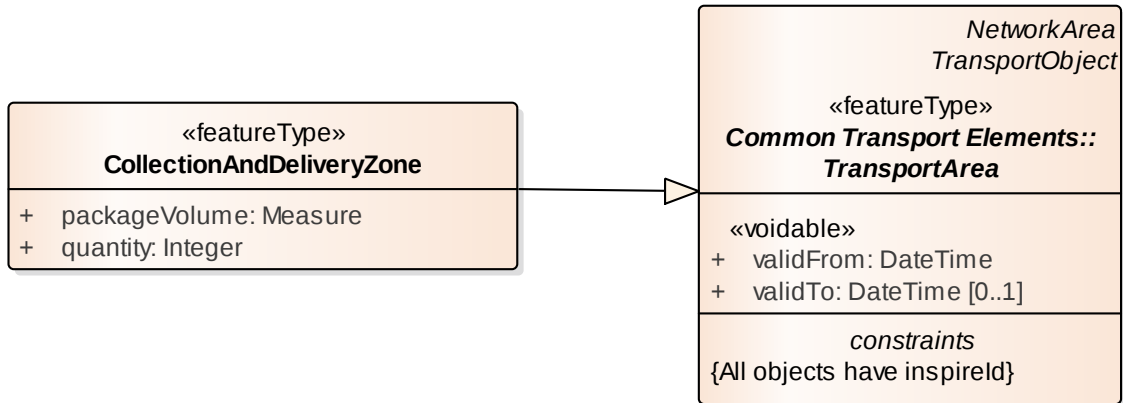
5.1.1. Toplama ve Teslimat Alanları (Collection and Delivery Zone)

Otonom İHA operasyonları kapsamında İHA'ların, başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki en kısa mesafeyi izlemesi beklenmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, tez çalışması kapsamında İHA'ların lojistik amaçlı kullanımlarındaki rotalarının başlangıç ve bitiş noktaları TTA'lar olarak ele alınmaktadır. Bu yaklaşım hem İHA rotalarının başlangıç ve bitiş noktalarının daha net bir şekilde belirlenebilmesine, hem de sabit TTA'ların tanımlanması sayesinde İHA'ların

sebeplenebileceği hava trafiğinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda genişletme çalışması kapsamında “UlaşımAlanı (TransportArea)” nesnesine kalıtım yoluyla bağlı olan TTA nesnesi tanımlanmıştır.

İHA’ların ve taşıyacakları yüklerin boyutları farklılık gösterebileceğinden, coğrafi alan nesneleri olarak ngrlen TTA’lar, içerisinde farklı boyutta alanlar barındırabilen alan nesneleri olarak tanımlanmıştır. Örneğin, kare şeklinde olan ve içerisinde 4m x 4m boyutlarında 2 adet alan, 2m x 2m’lik 4 adet alan ve 1m x 1m’lik 16 adet alan içeren bir TTA şekil 6.4’te gösterilmektedir. TTA’ların bu şekilde tanımlanması sayesinde İHA’lar, yapılarına veya taşıdıkları yükün boyutuna en uygun alanı kullanabilecektir.

Alan nesnesi içerisinde iki adet öznitelik tanımlanmıştır: i) TTA’nın karşılayabileceği yükün hacmini tanımlayan PaketHacmi (packageVolume), ii) TTA’nın bu paket hacmine sahip kaç adet alan içerdiğini tanımlayan adet (quantity). Genişletme alışması kapsamında TTA’lara yönelik olarak tanımlanmış olan “ToplamaveTeslimatAlanı” nesnesine ilişkin sınıf diyagramı şekil 5.1’de gösterilmektedir.



şekil 5.1. ToplamaveTeslimatAlanı (CollectionAndDeliveryZone) sınıfı

5.1.2. Hava Sahası Alanı (Airspace Area)

Bir nceki başlıkta İHA’ların lojistik operasyonlarında TTA’lar arasındaki en kısa mesafeyi kullanılmasının öngörüldüğü ifade edilmiştir. Ancak lkeler; emniyet, gizlilik, güvenlik veya çevreye ilişkin riskleri azaltmak amacıyla, hava sahasının

bir bölümünde uçuşları kolaylaştırmak, kısıtlamak veya yasaklamak için coğrafi bölgeler tanımlayabilmektedir. Bu coğrafi bölgeler ise İHA'ların TTA'lar arasında izleyeceği en kısa rotanın değişmesine sebep olabilmektedir. Dolayısıyla hem İHA'ların sebep olduğu risklerin azaltılması hem de İHA rotalarının doğru bir şekilde tespit edilebilmesi için yasaklı ve kısıtlı hava sahalarının ilgili tüm ekosistem paydaşları ile çevrimiçi olarak paylaşılması gerekmektedir.

Hava sahalarının tanımlanmasına yönelik ilgili nesne HUA kapsamında tanımlanmış olan “HavaSahasıAlanı (AirspaceArea)” nesnesidir. Söz konusu nesne UAT veri tanımlama dokümanında ‘dikeyde sınırları belirlenmiş olan, ancak yatayda temsil edilen hava sahası hacmi’ olarak tanımlanmıştır. Nesne kapsamında “HavaSahasıAlanıTipi (AirspaceAreaTypeValue)” olmak üzere tek bir öznitelik tanımlanmış olup özniteliğe yönelik tip değerleri Çizelge 5.2’de gösterilmektedir.

İHA'ların kontrollü hava sahalarına veya hava alanlarına entegrasyonu zorlayıcı bir görevdir [130]. İHA'lar uçaklara, yolculara ve yeryüzündeki insanlara zarar verebilir ve ağır ekonomik sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilir. Londra Gatwick Havalimanı’nda İHA kaynaklı önemli ve tehlikeli bir olay yaşanmıştır. Havalimanı üzerinde yetkisiz uçuşlar gerçekleştiren İHA'lar 33 saat içinde 1000'den fazla uçuşun iptal edilmesine sebep olmuştur [131]. Bu tür olayların önüne geçmek ve İHA'ların kontrollü hava sahalarına ve havaalanlarına güvenli bir şekilde entegre edilmesini sağlamak hassasiyetle ele alınması gereken kapsamlı bir çalışma gerekmektedir.

Bu tez çalışması, INSPIRE’ı kentsel İHA lojistiği kapsamında genişletmeyi amaçladığından, İHA'ların havaalanlarına ve kontrollü hava sahalarına entegrasyonu tezin kapsamı dışındadır. Ancak, yine de INSPIRE’ın mevcut yapısında “HavaSahasıAlanı” nesnesinin bir tip değeri olarak tanımlanmış olan ATZ, CTA, CTR, FIR, TMA ve UIR’in nesne olarak tanımlanması gerektiği değerlendirilmiştir. Bunun sebebi ise her ülkenin bu hava sahalarını tanımlarken kendine özgü yatay ve dikey boyutlar tanımlayabilir olmasıdır. Çizelge 5.2’de açıkça görüleceği gibi tüm bu hava sahalarının kendine özgü boyutları vardır ve bu boyutlar ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Birleşik Krallık,

ATZ için üst sınırı 2000 fit olarak belirlemiştir [132]. Ülkelerin CTR'lere yönelik olarak tanımladıkları boyutlar ise Havacılık Bilgi Yayınları'ndan (Aeronautical Information Publications) temin edilebilmektedir [133].

Çizelge 5.2. HavaSahasıAlanı (AirspaceArea) tip değerleri

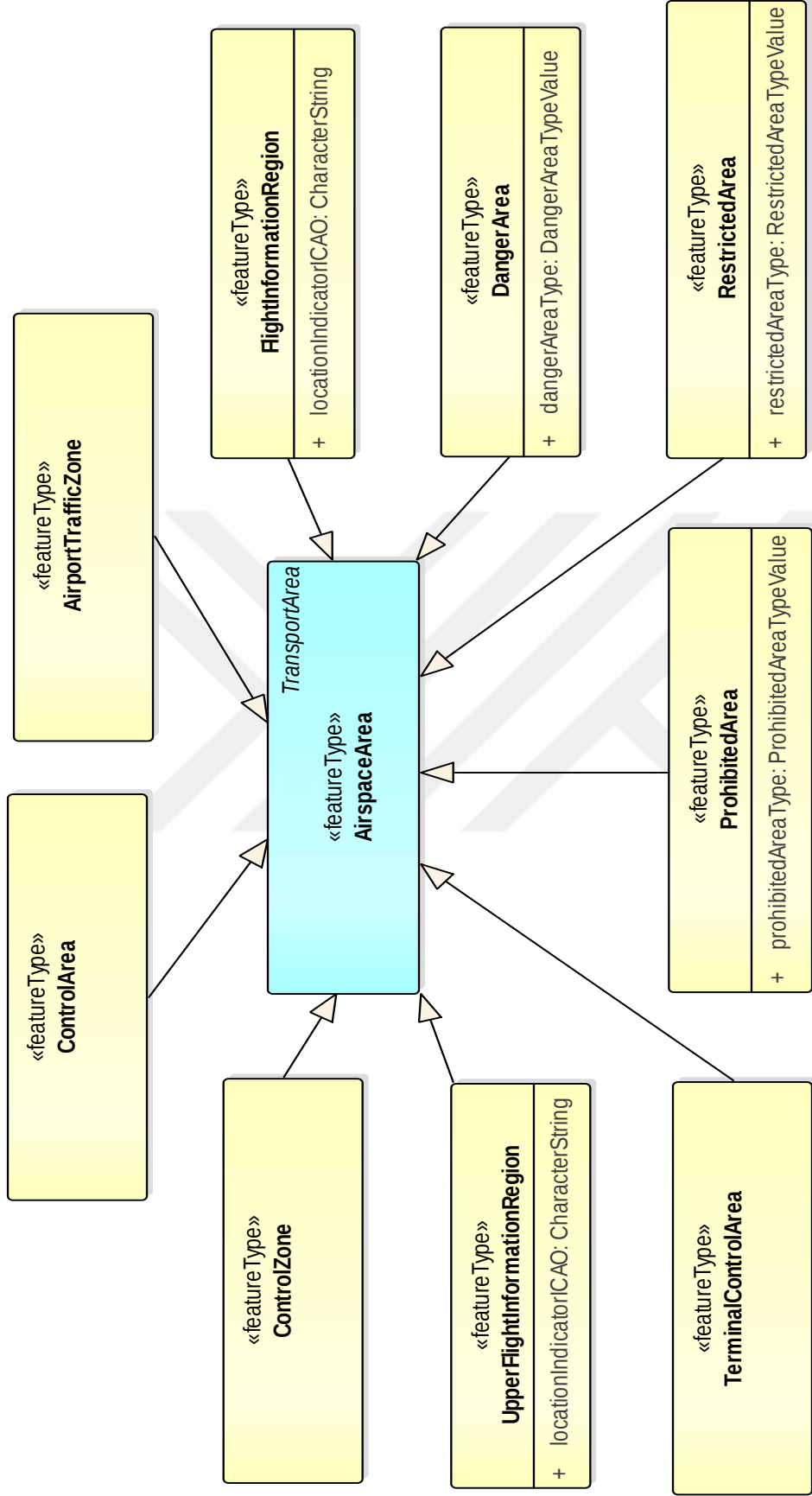
Tip Değeri	Tanım
Havaalanı Trafik Alanı Airport Traffic Zone (ATZ)	Havaalanı trafiğinin korunması için bir havaalanı çevresinde oluşturulmuş, boyutları tanımlanmış bir hava sahasıdır [134]. UAT içerisinde bir ATZ'nin, genellikle bir CTR'nin alt sınırından itibaren kurulduğu belirtilmektedir [80].
Kontrol Alanı Control Area (CTA)	Yer yüzünün üzerinde belirli bir sınırdan yukarıya doğru uzanan kontrollü bir hava sahasıdır [134].
Kontrol Bölgesi Control Zone (CTR)	Yer yüzeyinden yukarıya doğru belirlenmiş bir üst sınıra kadar uzanan kontrollü bir hava sahasıdır [134]. Bir CTR genellikle bir ATZ'nin üst sınırında itibaren kurulur [80].
Tehlike Alanı Danger Area (D)	Belirli zamanlarda içinde hava aracının uçuşu için tehlikeli faaliyetlerin bulunabileceği, boyutları tanımlanmış olan bir hava sahasıdır [134].
Uçuş Bilgi Bölgesi Flight Information Region (FIR)	İçinde uçuş bilgi ve uyarı hizmetinin sağlandığı tanımlanmış boyutlarda bir hava sahasıdır [134]. Nispeten küçük yüzölçümüne sahip ülkeler yalnızca bir FIR'e sahip olabilirken, büyük yüzölçümüne sahip ülkelerde birden çok FIR bulunabilmektedir [80].
Yasaklı Alan Prohibited Area (P)	Bir devletin kara alanları veya karasuları üzerinde, içinde uçuşun yasak olduğu, boyutları tanımlanmış bir hava sahasıdır [134].
Kısıtlı Alan Restricted Area (R)	Bir devletin kara alanları veya karasuları üzerinde, içinde uçuşların belirli koşullara göre sınırlandırıldığı, boyutları tanımlanmış bir hava sahasıdır [134].
Terminal Kontrol Alanı Terminal Control Area (TMA)	Normalde bir veya daha fazla büyük havaalanının yakınında hava trafik hizmet rotalarının birleştiği yerde kurulan bir kontrol alanıdır [134].
Üst Uçuş Bilgi Bölgesi Upper Flight Information Region (UIR)	Uçuş bilgi ve uyarı hizmetinin sağlandığı, tanımlanmış boyutları olan bir üst hava sahasıdır. [80].

Ülkelerin hava sahaları için farklı tanımlamalar yapabildiği ve ilerleyen süreçte bu hava sahalarına girebilecek İHA'lara yönelik İHA ağırlığı, İHA yükü, operasyon tipi gibi birçok farklı kısıtlamalar getirilebileceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda kod listesi değeri olarak tanımlanmış bu hava sahalarının ayrı birer nesne olarak tanımlanması, aynı zamanda gelecekte İHA'ların kontrollü hava sahalarına ve havaalanlarına entegrasyonuna yönelik yapılacak INSPIRE genişletmelerine altlık oluşturmaktadır.

Diğer hava sahalarının aksine FIR ve UIR, ICAO kodu adı verilen küresel ölçekte tekil tanımlayıcılara sahiptir. Çizelge 5.2'de bahsedildiği gibi her ülke farklı sayıda FIR ya da UIR'e sahip olabilir. Örneğin Hollanda'da sadece tek bir FIR mevcutken, Türkiye'de Ankara FIR ve İstanbul FIR olmak üzere iki adet FIR bulunmaktadır [135]. FIR ve UIR için tekil tanımlayıcıların eklenebilmesi amacıyla genişletme çalışması kapsamında nesne haline getirilmiş olan bu hava sahalarına "locationIndicatorICAO" özniteliği eklenmiştir.

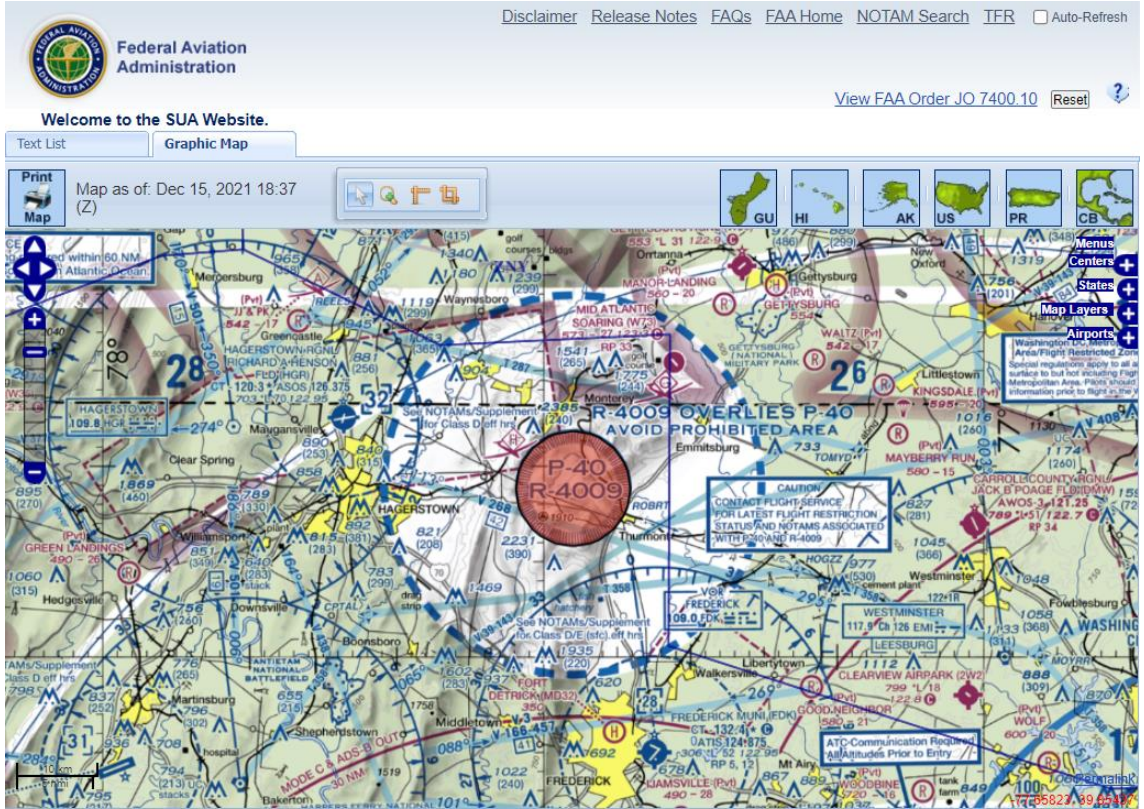
INSPIRE'in mevcut yapısında kod listesi değeri olarak tanımlanmış olan ATZ, CTA, CTR, FIR, TMA ve UIR'e ek olarak, aynı kod listesinde yer alan ve Çizelge 5.2'de tanımlanmış olan "YasaklıAlan (ProhibitedArea)", "KısıtlıAlan (RestrictedArea)" ve "TehlikeAlanı (DangerArea)" da genişletme kapsamında nesne olarak tanımlanmıştır.

"HavaSahasıAlanı (AirspaceArea)" kapsamında tanımlanmış olan nesneleri gösteren sınıf diyagramı Şekil 5.2'de gösterilmektedir. İHA rotalarının belirlenmesinin temelini oluşturan bu üç hava sahası alanı, tez çalışması kapsamında İHA'lara yönelik kısıtlamaların ve yasaklamaların tanımlanmasında kilit rol oynamaktadır.



Şekil 5.2. Genişletme sonrası HavaSahasıAlanı (AirspaceArea) nesnesi sınıf

Ülkeler, pilotlara ve diğer hava personellerine uçuş planlamasında yardımcı olmak amacıyla hava sahası alanları hakkında çevrimiçi bilgiler yayınlamakta ve potansiyel uçuş risklerini belirlemek için ayrıntılar aktarmaktadır. FAA tarafından sunulmakta olan ‘Special Use Airspace’ web sayfası ABD'deki kısıtlı ve yasaklı alanlara yönelik ülke ölçeğinde interaktif bir harita sağlamaktadır [136]. Örnek olarak, P-40, yasak bölgelerden biridir ve bölge üzerinde, ortalama deniz seviyesinden 4.999 feete kadar olan tüm uçuşlar yasaktır. Yasağın gerekçesi ise başkanlık faaliyetleriyle ilişkilidir. Yasaklı P-40 alanının ‘Special Use Airspace’ sayfasındaki görüntüsü Şekil 5.3'te gösterilmektedir.



Şekil 5.3. FAA Special Use Airspace web sayfası

Kalıcı yasaklamalara ek olarak FAA, ‘Temporary Flight Restrictions’ web sayfası üzerinden geçici yasaklamalara ve kısıtlamalara yönelik bilgiler paylaşmaktadır [137]. Örneğin volkanik aktivitelerden kaynaklı bir yasaklı alanı tanımlayan NOTAM Şekil 5.4'te gösterilmektedir. Bir NOTAM içerisinde, yasaklamanın veya kısıtlamanın yeri, başlangıç ve bitiş zamanı, sebebi ve ilgili temas noktası gibi kısa bilgiler sağlanmaktadır. Şekil 5.4'teki NOTAM metninde, hava sahasında

sadece Hawaii Volcanoes National Park Service kapsamında gerçekleştirilen operasyonların yetkilendirildiği belirtilmektedir.

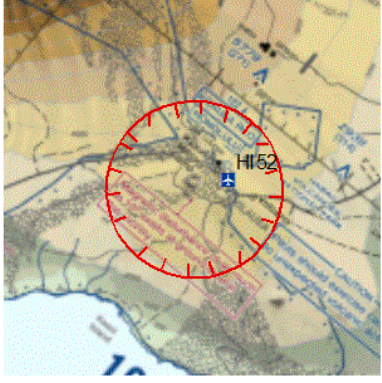
[TFR List](#) [TFR Map](#) [Map Airports](#) [TFR Help](#) [NOTAM SEARCH](#) [SUA](#)

NOTAM
Number : FDC 1/5630 Download shapefiles
Issue Date : September 30, 2021 at 0346 UTC
Location : HILO, Hawaii near HILO VORTAC (ITO)
Beginning Date and Time : September 30, 2021 at 0345 UTC
Ending Date and Time : October 14, 2021 at 0345 UTC
Reason for NOTAM : Temporary flight restrictions
Type : Hazards
Replaced NOTAM(s) : N/A
Jump To: [Affected Areas](#) [Operating Restrictions and Requirements](#) [Other Information](#)

Affected Area(s) [Top](#)
Airspace Definition:
On the HILO VORTAC (ITO) 208 degree radial at 24.3
Center: nautical miles. (Latitude: 19°24'19"N, Longitude: 155°16'52"W)
Radius: 5 nautical miles
Altitude: From the surface up to and including FL(340)
Effective Date(s):
From September 30, 2021 at 0345 UTC
To October 14, 2021 at 0345 UTC

Operating Restrictions and Requirements [Top](#)
No pilots may operate an aircraft in the areas covered by this NOTAM (except as described).

Other Information: [Top](#)
ARTCC: ZHN - Honolulu Center
Point of Contact: HAWAII VOLCANOES NATIONAL PARK SERVICE TEL
Telephone 808-985-6170
Authority: Title 14 CFR section 91.137(a)(1)



[Click for Sectional](#)
[NOTAM Text](#)

Şekil 5.4. FAA Temporary Flight Restrictions web sayfası

Yasaklı alanlara, kısıtlı alanlara ve tehlike alanlarına yönelik detaylı bilgiler ve bu bilgiler ışığında hazırlanmış olan kod listeleri alt başlıklarda sunulmaktadır.

5.1.2.1. Yasaklı Alanlar (Prohibited Area)

Yasaklı alanlar, boyutları tanımlanmış bir hava sahası içerisinde yetkili otoritelerden izin almamış olan tüm İHA uçuşlarının yasaklandığı alanlardır. Bu alanlar dâhilinde İHA'ların hangi özellikleri barındırdığına ve hangi amaçla uçtuğuna bakılmaksızın tüm operasyonlar yasaklanmaktadır. Yasaklı alanlara yönelik ülkelerin yetkili otoritelerince tanımlanan çok çeşitli ve çok sayıda yasak türü bulunmaktadır. Bu yasak türleri kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve yasaklı

alan gösterimlerinin standart bir yapıya kavuşturulması amacıyla genişletme kapsamında nesne olarak tanımlanmış olan “YasaklıAlanlar’a (ProhibitedArea)”, “YasaklıAlanTipDeğeri (ProhibitedAreaTypeValue)” isimli bir kod listesi tanımlanmıştır. Kod listesi değerleri Çizelge 5.3’te gösterilmekte olup değerlere ilişkin açıklamalar aşağıda sunulmaktadır.

AB Yasal Düzenleme 2 kapsamında acil durum müdahalelerinin üzerindeki İHA uçuşları yasaklanmıştır. Benzer şekilde ABD’de arama kurtarma çalışmalarının sürmekte olduğu alanlardaki İHA operasyonları yasaktır. Dolayısıyla her iki yasal düzenlemede de ortak olan bu yasaklamanın temsili için “AcilDurumVeKurtamaAlanı (EmergencyRescueArea)” tip değeri tanımlanmıştır.

ABD dâhilinde sembol niteliğindeki Özgülük Anıtı, Rushmore Dağı Anıtı gibi yapıların üzerindeki İHA uçuşları yasaklanmıştır. Bu hususun birçok ülkenin ortak sorunu olabileceği değerlendirildiğinden, hem yapıların hem de özellikle bu tip yapılar etrafındaki turistlerin güvenliğinin tesisi için “SembolYapı (Landmark)” tip değeri olarak tanımlanmıştır.

İHA’ların çevik ve sessiz hareket etme yetenekleri ve buna ek olarak görüntü ve video kaydı alabilmeleri hapishaneler için önemli bir güvenlik zafiyeti teşkil edebilmektedir. Bu kapsamda hapishaneler, AB Yasal Düzenleme 2 kapsamında İHA uçuşlarına yönelik hassas alanlar olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte ABD’de de federal hapishaneler üzerindeki İHA uçuşları yasaklanmıştır. Dolayısıyla yasaklı alanlara yönelik “Hapishane (Prison)” tip değeri tanımlanmıştır.

Yüksek seviyeli kamu otoritelerine ilişkin yapılar AB Yasal Düzenleme 2 kapsamında hassas yapılar arasında değerlendirilmiştir. Bununla birlikte 4. başlık altında aktarılmış olan, Japonya’nın nükleer enerji politikasını protesto eden bir kişinin, dönemin Japonya Başbakanı Shinzo Abe’nin resmi konutuna radyasyon içerikli madde taşıyan bir İHA indirmesi olayı da İHA’ların kamu kurumlarına

yönelik oluşturduğu tehdide bir örnektir. Bu kapsamda yasaklı alanlara yönelik olarak “KamuOtoritesi (GovernmentAuthority)” tip değeri tanımlanmıştır.

Çizelge 5.3. Yasaklı Alan tip değerleri (ProhibitedAreaTypeValue)

Tip Değeri	Tanım
AcilDurumVeKurtamaAlanı (EmergencyRescueArea)	Orman yangını, deprem, sel, kasırga vb. afetlerden etkilenen ve halihazırda arama kurtarma faaliyeti devam eden alanlar.
SembolYapı (Landmark)	Eyfel Kulesi, Özgürlük Heykeli, Anıtkabir, Taç Mahal gibi sembol yapılar.
Hapishane (Prison)	Her tür ceza infaz kurumu.
KamuOtoritesi (GovernmentAuthority)	Cumhurbaşkanlığına ilişkin yapılar, bakanlıklar, parlamento binaları vb. kamu kurumlarının sorumluluğunda olan veya kullanımında olan binalar veya alanlar.
SağlıkTesisleri (HealthFacility)	Hastaneler, klinikler ve rehabilitasyon merkezleri gibi her türlü sağlık tesisi.
KorunanAlan (ProtectedSite)	Biyolojik çeşitliliğin ve doğal ve kültürel kaynakların korunması ve sürdürülmesine yönelik ayrılmış ve yasal yollarla yönetilen bir kara ve/veya deniz alanı.
StadyumveSporEtkinlikleri (StadiumAndSportingEvent)	Müsabakaların gerçekleştiği saat aralığındaki her türlü stadyum ve spor müsabakaları.
KritikAltyapı (CriticalInfrastructure)	Enerji santralleri, enerji nakil hatları, boru hatları, ulaşım altyapısı unsurları vb. gibi kritik altyapılar.
İnsanTopluluğu (AssemblyOfPeople)	Kalabalık insan topluluklarını ifade eder. Kalabalık belirli sayıda insandan oluşmaz; ancak, bir İHA'nın neden olduğu tehlikeli bir durumdan kaçınmak için insanlar yeterli boş alana sahip olmalıdır.
HassasGüvenlikliHavaSahası (SecuritySensitiveAirspace)	Askeri üsler, her türlü güvenlik güçleri ile ilgili binalar, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu gibi özel güvenlik önlemleri gerektiren faaliyetler, VIP faaliyetleri vb. unsurları barındıran alanlar.

Hassas yapıların bir diğ er  rneği ise sağlık tesisleridir. Sağlık tesislerinde tedavi gören kişilerin gizliliklerinin güvence altına alınması, İHA'ların sebep olacağı gürültünün hastalar üzerindeki etkisinin önüne geçilmesi ve sağlık tesislerinin açık alanlarında herhangi bir İHA kazasında ortamdan uzaklaşamayacak hastaların varlığı sebebiyle hastaneler üzerindeki izinsiz İHA uçuşlarının risk teşkil edebileceği değerlendirilmektedir. AB Yasal Düzenleme 2 kapsamında hastaneler  zerindeki İHA uçuşları doğrudan yasaklanmamış olsa da hastaneler hassas yapılar arasında değerlendirilmiştir. Dolayısıyla yukarıda bahsedilen riskler de göz önüne alınarak yasaklı alanlara yönelik ‘‘SağlıkTesis (HealthFacility)’’ tip değer tanımlanmıştır.

Doğa koruma alanları da AB Yasal Düzenleme 2 kapsamında hassas alanlara örnek olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte, çeşitli araştırmalarda, korunan alanlardaki İHA aktivitelerinin özellikle vahşı hayvanlar üzerinde olumsuz etkileri olduğundan ve hayvanları stres altına soktuğundan bahsedilmektedir [99]. Ayrıca İHA'ların vahşı hayvanlar üzerine yapacağı hamleler hayvanlarda yırtıcıların saldırılarına benzer etkiler yaratabilmektedir [138]. Bu doğrultuda yasaklı alanlara yönelik olarak ‘‘KorunanAlan (ProtectedSite)’’ tip değer tanımlanmıştır.

ABD'de Beyzbol Ligi (Major League Baseball), Ulusal Futbol Ligi (National Football League), Futbol Birinci Ligi (NCAA Division One Football), NASCAR Sprint Kupası (NASCAR Sprint Cup), Indy Car ya da şampiyonluk Serisi (Champ Series) müsabakaları olması durumunda müsabakanın düzenlendiği stadyum veya alanın 3 deniz mili içindeki İHA operasyonları yasaklanmıştır. Yasak, etkinliğin başlangıcından bir saat önce başlar ve etkinliğin sona ermesinden bir saat sonra biter. İlgili yasağın tanımlanabilmesi için ‘‘StadyumveSporEtkinlikleri (StadiumAndSportingEvent)’’ tip değer tanımlanmıştır.

Nükleer santraller, enerji nakil hatları, boru hatları ve ulaşım altyapısının belirli  ğeleri ABD'de kritik altyapı unsuru olarak değerlendirilmiş ve bu alanlar  zerindeki İHA operasyonları yasaklanmıştır. 2020 yılında ABD'nin Arizona eyaletinde yaşanan ve Palo Verde Nükleer Santrali'nin üzerinde art arda iki gece

kimliği belirlenemeyen şahıslarca gerçekleştirilen İHA uçuşları bu yasakların gerekliliğini doğrular niteliktedir [139]. Bu doğrultuda yasaklı alanlara yönelik olarak “KritikAltyapı (CriticalInfrastructure)” tip değeri tanımlanmıştır.

İnsan toplulukları üzerindeki uçuşlar Hem AB hem de ABD yasal düzenlemelerinde yasaklanmıştır. Kalabalık ortamlarda gerçekleşecek herhangi bir kazada insanların, İHA’lardan sakınmaları noktasındaki yeterli alan bulamayacak olmaları, insan toplulukları için büyük bir risk teşkil etmektedir. Bu kapsamda yasaklı alanlara yönelik olarak “İnsanTopluluğu (AssemblyOfPeople)” tip değeri tanımlanmıştır.

Askeri üsleri ve güvenlik güçleriyle ilişkili her türlü yapıları kapsayan hava sahaları FAA tarafından hassas güvenli hava sahası olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte VIP aktivitelerinin olduğu alanlar, Birleşmiş Milletler Genel Meclisi gibi uluslararası güvenlik önlemi gerektiren faaliyetlerin gerçekleştiği alanlar da FAA tarafından geçici yasaklamalara tabi tutulmakta olup bu alanlar da tez çalışması kapsamında hassas güvenli bölgeler arasında değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda yasaklı alanlara yönelik “HassasGüvenlikliHavaSahası (SecuritySensitiveAirspace)” tip değeri tanımlanmıştır.

«codeList» ProhibitedAreaTypeValue	
+	AssemblyOfPeople
+	CriticalInfrastructure
+	EmergencyRescueArea
+	GovernmentAuthority
+	HealthFacility
+	Landmark
+	Prison
+	ProtectedSite
+	SecuritySensitiveAirspace
+	StadiumAndSportingEvent

Şekil 5.5. YasaklıAlanTipDeğeri (ProhibitedAreaTypeValue) kod listesi

Yasaklı alanlara yönelik tanımlanmış olan “YasaklıAlanTipDeğeri (ProhibitedAreaTypeValue)” kod listesinin sınıf diyagramı yapısı Şekil 5.5’te gösterilmektedir.

5.1.2.2. Kısıtlı Alanlar (Restricted Area)

Hava sahasında İHA’lara yönelik kısıtlı alanların tanımlanması birçok ülke tarafından yaygınlıkla kullanılan bir yöntemdir. Kısıtlı alanların yasaklı alanlardan en temel farkı; yasaklı alanlar koşul koymaksızın tanımlı hava sahası içerisindeki tüm uçuşları yasaklarken, kısıtlı alanlarda belirli şartlar altındaki uçuşlara veya belirli teknik özelliklere sahip İHA’ların gerçekleştirdiği operasyonlarına izin verilebilmesidir. Tez çalışması kapsamında kısıtlamalara yönelik AB ve ABD yasal düzenlemelerinde belirtilen ve bunlara ek olarak İHA uygulamalarına temel teşkil eden kriterler incelenmiş ve KısıtlıAlan (RestrictedArea) nesnesine yönelik KısıtlıAlanTipDeğeri (RestrictedAreaTypeValue) kod listesi tanımlanmıştır. Bahsi geçen kod listesinin değerleri ve ilgili tanımlar Çizelge 5.4’te listelenmektedir.

İHA operasyonlarına yönelik temel kısıtlamalardan biri çevresel kısıtlamalardır. Yapılan araştırmalarda İHA’ların sahip oldukları yüksek frekanslı ses karakterinin, yol üzerindeki araç trafiğinin veya diğer hava araçlarının ürettiği sestten daha rahatsız edici olduğu ortaya konmuştur [140]. AB Yasal Düzenleme 2 kapsamında özellikle emisyon ve gürültü değerlerinin endişe konusu olduğu yoğun nüfuslu alanlarda bu değerlerin en aza indirilmesi gerektiği vurgulanmakta ve Yasal Düzenleme 1’de İHA’lar için maksimum gürültü seviyesi tanımlanmaktadır. Ayrıca Avustralya Altyapı, Ulaştırma, Bölgesel Kalkınma ve İletişim Departmanı (Department of Infrastructure, Transport, Regional Developments and Communications of Australia), İHA’ların gürültü etkisinin yasal düzenlemelerde ele alınması gerektiğini ve gürültü seviyelerinin kabul edilebilir sınırlar içinde tutulmasını sağlamak için günün saatine, uçuş mesafesine ve uçuş sayısına bağlı olarak uçuşların sınırlandırılabilceğini belirtmektedir [141]. Bu doğrultuda İHA’ların sebep olacağı emisyon ve gürültü kapsamında kısıtlı alanlara yönelik “ÇevreselKısıtlama (EnvironmentalRestriction)” tip değeri tanımlanmıştır.

Çizelge 5.4. Kısıtlı Alan tip değerleri (Restricted Area Type Values)

Tip Değeri	Tanım
ÇevreselKısıtlama (EnvironmentalRestriction)	Gürültü ve emisyon gibi çevresel kaygılarla ilgili kısıtlamalardır.
GizlilikKısıtlaması (PrivacyRestriction)	Kişilerin özel alanlarına müdahale etmek, kişilerin habersiz bir şekilde fotoğraflarını çekmek veya videolarını kaydetmek gibi gizlilik kaygılarına ilişkin kısıtlamalardır.
OperasyonTipiKısıtlaması (OperationTypeRestriction)	Ticari uçuşlar, rekreatif amaçlı uçuşlar ve araştırma uçuşları gibi İHA'ların operasyon türlerine ilişkin kısıtlamalardır.
İHAYükTipiKısıtlaması (DroneLoadTypeRestriction)	Paket ve tehlikeli yükler gibi İHA yük tipleri ile ilgili kısıtlamalardır.
İHAAğırlığıKısıtlaması (DroneWeightRestriction)	İHA'ların yükleri ile birlikte oluşturdukları maksimum kalkış ağırlığına yönelik kısıtlamalardır.
NüfusYoğunluğuKısıtlaması (PopulationDensity)	İHA operasyonlarının risk oranını artıran nüfus yoğunluğuna ilişkin kısıtlamalardır.
HavaKoşulları (AtmosphericConditions)	İHA operasyonlarını tehlikeye atabilecek sis, şiddetli yağmur, şiddetli rüzgar gibi hava koşullarıdır.

İHA'ların günlük hayattaki etkin kullanımının ve sosyal kabulünün önündeki en büyük engellerden biri 4.4 başlığında aktarıldığı gibi gizlilik kaygılarıdır. Dolayısıyla bu kaygıların azaltılması amacıyla ülkeler, çeşitli alanlarda ve zamanlarda gizliliğe yönelik kısıtlamalar getirilebilir. Örneğin, insanların İHA kaynaklı gizlilik kaygılarını azaltmak amacıyla kamerası olan İHA'ların, aktif kullanımın olduğu saatlerde sahil, park gibi alanların üzerinde uçuşması kısıtlanabilir. Bu doğrultuda, gizlilik kısıtlamalarının tanımlanabilmesi amacıyla “GizlilikKısıtlaması (PrivacyRestriction)” tip değeri eklenmiştir.

İHA'lara yönelik kısıtlamalardan bir diğeri ise operasyon tipine yönelik kısıtlamalardır. Örneğin FAA, kâr amacı gütmeyen ve tamamıyla kişisel eğlence

için gerçekleştirilen İHA operasyonlarını rekreasyonel operasyonlar olarak tanımlamış, bu tip operasyonlarda sertifika alma zorunluluğunu kaldırmıştır [142]. Yüksek öğretim kurumlarının ve toplumun gelişimine yönelik kurum ve kuruluşların gerçekleştireceği eğitim ve araştırma amaçlı uçuşlar da aynı kapsamda değerlendirilmektedir. Queensland Hükümeti ise parklarda ve ormanlarda İHA'ların ticari ve araştırma amaçlı kullanımını yasaklamıştır [138]. Bu kapsamda İHA'ların operasyon tiplerine yönelik kısıtlamaların tanımlanabilmesi için "OperasyonTipiKısıtlaması (OperationTypeRestriction)" tip değeri eklenmiştir.

İHA yüklerinin nitelikleri tez çalışması kapsamında incelenmiş olan her iki yasal düzenlemede de hassasiyetle ele alınmış olan konulardan biridir. Hem AB hem de ABD yasal düzenlemelerinde İHA'ların tehlikeli yük taşıması yasaklanmıştır. Ancak, doğrudan tehlikeli madde olarak tanımlanmamış olsa da, İHA'lar günümüzdeki uygulamalarda aşı [14], medikal test [143] ve kan nakliyesinde [144] sıklıkla kullanılmaktadır. Dolayısıyla, özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar veya insan toplulukları, bu tarz yükleri taşıyan İHA'lar için hassas alanlar olarak değerlendirilebilir. Bu doğrultuda İHA'ların taşıdıkları yüke yönelik kısıtlamaların tanımlanabilmesi için "İHAYükTipiKısıtlaması (DroneLoadTypeRestriction)" tip değeri eklenmiştir.

İHA'ların toplam ağırlığı, İHA operasyonlarının en önemli unsurlarından biridir ve tez kapsamında incelenen her iki yasal düzenlemede de ele alınmıştır. Ağırlık arttıkça, İHA operasyonlarının doğurduğu riskler de doğru orantılı olarak artmaktadır. Dolayısıyla, her ne kadar yasak düzenlemeler kapsamında İHA'ların taşıyabileceği maksimum yükler belirlenmiş olsa da, bazı alanlar bu konuda özellikle hassasiyet gösterebilir. Örneğin, Queensland Hükümeti parklar ve ormanlar üzerinde iki kilogramdan daha ağır İHA'ların uçuşunu kısıtlamıştır. Bu tarz uygulamaların tanımlanabilmesi amacıyla "İHAAğırlığıKısıtlaması (DroneWeightRestriction)" tip değeri eklenmiştir.

İHA'lara yönelik hayata geçirilen yasal düzenlemelerin temel amacı, daha önce de belirtildiği gibi, hem hava sahasındaki diğer hava araçları hem de yeryüzündeki canlı ve cansız varlıklar için güvenli bir ortam tesis etmektir. Dolayısıyla İHA operasyonlarının gerçekleştiği alandaki insan nüfusu, operasyonun riskini doğrudan etkilemektedir. Nüfus yoğunluğu, tez kapsamında incelenen her iki yasal düzenlemede de ele alınmaktadır. Bu sebepten, yoğun nüfuslu alanlarda İHA uçuşlarının kısıtlanması veya bu alanlara özel tedbirlerin tanımlanması muhtemeldir. Bu hususa yönelik tanımlamaların gerçekleştirilebilmesi için “NüfusYoğunluğuKısıtlaması (PopulationDensity)” tip değeri eklenmiştir.

İHA operasyonların emniyetli bir şekilde gerçekleştirilmesi için hava koşullarının dikkate alınması hayati önem arz etmektedir. ABD yasal düzenlemelerinde operasyon esnasında kontrol istasyonundan minimum görüş mesafesinin en az üç mil olması gerektiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte operasyonu gerçekleştirecek pilotun uçuş öncesinde hava koşullarını analiz etmesi gerektiğine değinilmektedir. Dolayısıyla görüş mesafesinin kısıtlı olduğu ve İHA operasyonunu riske sokacak hava koşullarının bulunduğu bölgelerde İHA operasyonları kısıtlanabilir. Bu kısıtlamaların tanımlanabilmesi amacıyla “HavaKoşulları (AtmosphericConditions)” tip değeri eklenmiştir.

«codeList» RestrictedAreaTypeValue	
+	AtmosphericConditions
+	DroneLoadTypeRestriction
+	DroneWeightRestriction
+	EnvironmentalRestriction
+	OperationTypeRestriction
+	PopulationDensity
+	PrivacyRestriction

Şekil 5.6. KısıtlıAlanTipDeğeri (RestrictedAreaTypeValue) kod listesi

Kısıtlı Alanlar (Restricted Area) kapsamında tanımlanmış “KısıtlıAlanTipDeğeri (RestrictedAreaTypeValue)” kod listesinin sınıf diyagramı yapısı Şekil 5.6’da gösterilmektedir.

5.1.2.3. Tehlike Alanı (Danger Area)

Tez kapsamında İHA’ların rotalarının belirlenmesi noktasında yasaklı alanlara ve kısıtlı alanlara ek olarak kullanılan bir diğer hava sahası alanı ise tehlike alanlarıdır. Tehlike alanları, kısıtlı veya yasaklı alan olarak tanımlanmayan, ancak uçuşlara yönelik potansiyel tehditler içeren ve temel misyonu pilotları uyarmak olan alanlar olarak ifade edilmektedir [145].

Çizelge 5.5. Tehlike Alanı tip değerleri (Danger Area Type Values)

Tip Değeri	Tanım
AskeriFaaliyetler (MilitaryActivities)	Silah atışları, tatbikatlar, askeri eğitimler ve benzeri askeri faaliyetlerdir.
YüksekYoğunlukluDuman (HighVelocityPlume)	Hava taşıtlarının görüşlerini kısıtlayacak ve güvenlik riskleri teşkil edecek yoğunluktaki dumandır.
ParaşütvePlanörAktiviteleri (ParachuteAndGlidingActivities)	İHA operasyonlarını tehlikeye atabilecek paraşüt ve planör uçuşları gibi faaliyetlerdir.
MadenAmaçlıPatlatma (MineBlasting)	Maden çalışmaları kapsamında gerçekleştirilecek ve İHA operasyonlarını tehlikeye atabilecek her tür patlatma işlemi.

Bu alanlar genellikle yetkili makamlar tarafından izlenmektedir, ancak temel olarak tehlikeli alanlardan uzak durmak pilotların sorumluluğundadır [146]. Askeri faaliyetlerin, paraşüt ve planör aktivitelerinin, maden çalışmalarına yönelik yapılan patlatmaların ve yüksek yoğunluklu dumanların bulunduğu bölgeler tehlike alanı olarak tanımlanabilir [146,147].

Bu kapsamda “TehlikeAlanı (DangerArea)” nesnesine yönelik “TehlikeAlanıTipDeğeri (DangerAreaTypeValue)” kod listesi tanımlanmıştır. Bahsi geçen kod listesinin değerleri ve ilgili tanımlar Çizelge 5.5’te listelenmektedir. Tanımlanmış olan kod listesinin sınıf diyagramı yapısı ise Şekil 5.7’de gösterilmektedir.

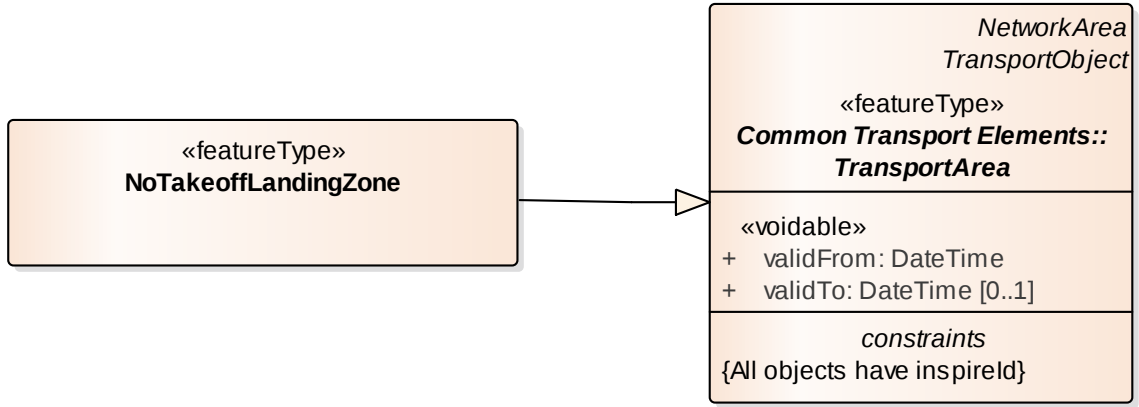
«codeList» DangerAreaTypeValue	
+	HighVelocityPlumeRise
+	MilitaryActivities
+	MineBlasting
+	ParachuteAndGlidingActivities

Şekil 5.7. TehlikeAlanıTipDeğeri (DangerAreaTypeValue) kod listesi

5.1.3. İniş-Kalkış Yasaklı Alan (No Drone Zone)

Tez kapsamında tasarlanan yapıda İHA’ların iki TTA arasındaki en kısa rotayı izlemesinin beklendiği, ancak rotada yasaklı alanların, kısıtlı alanların ve tehlike alanlarının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Ancak bazı durumlarda, İHA’ların rotalarının belirlenmesinde hayati rol oynayan bu alanların yanında, İHA’ların izledikleri rotaları değiştirmeyecek, ancak iniş ve kalkış durumlarında etkili olacak alan nesneleri de bulunmaktadır.

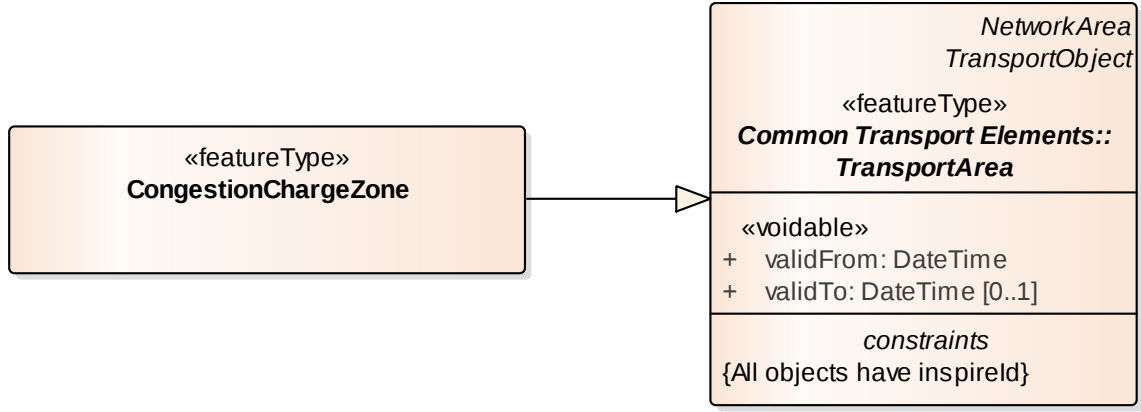
Bu alanlar ABD’de “No Drone Zone” olarak adlandırılmaktadır [148]. Bu alanların temel özelliği; alanlar dahilinde İHA’ların iniş kalkış yapamamasıdır. İHA’ların alan dışındaki başka noktalardan kalkış yapmış ve alan üzerinde uçuş izni temin etmiş olması da bu yasağı kaldırmamaktadır. Araç trafiğinin olduğu yolların yakınlarındaki alanlarda gerçekleştirilen İHA iniş-kalkışları sürücülerin dikkatini dağıtacağından [102], bu alanlar iniş-kalkış yasaklı alan olarak değerlendirilebilir. Bu doğrultuda, alan nesneleri kapsamında, “UlaşımAlanı (TransportArea)” nesnesine kalıtım ilişkisiyle bağlı olan “İnişKalkışYasaklıAlan (NoTakeoffLandingZone)” nesnesi tanımlanmış ve nesnenin sınıf yapısı Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. İniş-Kalkış Yasaklı Alan (NoTakeoffLandingZone) sınıf gösterimi

5.1.4. Sıkışıklık Ücretlendirmesi Alanı (Congestion Charge Zone)

Gökyüzündeki İHA sayısı gün geçtikçe artmakta ve bu artışın yıllar geçtikçe daha da hızlanması beklenmektedir. Yalnızca Avrupa’da bile İHA pazarının 2035 yılına kadar 10 milyar Euro’yu, 2050 yılına kadar ise 15 milyar Euro’yu aşması beklenmektedir [149]. Dolayısıyla, gelecekte İHA’ların kentsel lojistikte yaygın olarak kullanılması ve ortaya çıkacak yoğun İHA trafiği, hava sahasında sıkışıklığa neden olabilir. Bu sorunla başa çıkabilmek için, İHA’lara yönelik olarak, halihazırda kara yollarında kullanılmakta olan sıkışıklık ücretlendirmesine benzer yapılar önerilmektedir [150]. Sıkışıklık ücretlendirmesi ile hava trafiğinin yoğun olduğu alanlardaki İHA uçuşlarından ücret talep edilebilir. Böylelikle hava sahasındaki İHA sayısında ve İHA’ların sebep olabileceği gürültü ve emisyonda azalma sağlanabilir, hava sahası daha kolay bir şekilde yönetilebilir. Halihazırda böyle bir uygulama henüz yürürlükte olmasa da teknolojiye dayanıklı bir yapı tesis edilmesi kapsamında gelecekte ortaya çıkabilecek ihtiyaçlara yönelik; “UlaşımAlanı (TransportArea)” nesnesine kalıtım ilişkisiyle bağlı olan “SıkışıklıkÜcretlendirmesiAlanı (CongestionChargeZone)” nesnesi tanımlanmış ve nesnenin sınıf yapısı Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. SıkışıklıkÜcretlendirmesiAlanı (CongestionChargeZone) sınıf gösterimi

5.2. Kısıtlamalar, Gereksinimler ve Tamamlayıcı Bilgiler

Bölüm 5.1’de genişletme çalışması kapsamında İHA operasyonlarının rotalarının belirlenmesine temel teşkil eden alan unsurlarına değinilmiştir. Bu doğrultuda TTA, yasaklı ve kısıtlı alanlar, tehlike alanları, iniş-kalkış yasaklı alanlar ve sıkışıklık ücretlendirmesi alanları tanımlanmıştır. Bu bölümde ise bu alanların ve alanlara yönelik kısıtların tanımlanmasında kullanılan unsurlar ile tamamlayıcı bilgilere değinilecektir.

5.2.1. Zamansal Karakterli Nesnelerin Tanımlanması

Tanımlanacak olan tüm alan nesneleri ve kısıtlamalar zamansal bir karaktere sahip olabilir. Diğer bir deyişle, alan nesnelerinin varlığı, belirli bir zaman aralığı için tanımlanabilir. Örneğin, daha önce de aktarıldığı gibi, ABD’de Beyzbol Ligi (Major League Baseball) müsabakalarının düzenlendiği stadyum veya alanın üç deniz mili içinde İHA operasyonları yasaklanmış olup yasak, etkinliğin başlangıcından bir saat önce başlar ve etkinliğin sona ermesinden bir saat sonra biter. INSPIRE kapsamında bu tür zamansal tanımlamaların yapılabilmesi amacıyla “validFrom” ve “validTo” öznitelikleri kullanılmaktadır. “validFrom” özniteliği, nesnelerin geçerliliğine yönelik başlangıç tarih ve saati belirtirken, “validTo” özniteliği bu nesnelerin geçerliliğini yitirdiği tarih ve saati belirtir [80]. Dolayısıyla bu husus beyzbol ligi maçı örneği ile birlikte değerlendirildiğinde, “validFrom” özniteliği ile maçın başladığı saatin bir saat öncesi, yani yasaklamanın başlangıç saati belirlenebilir. Aynı şekilde “validTo” özniteliği ile

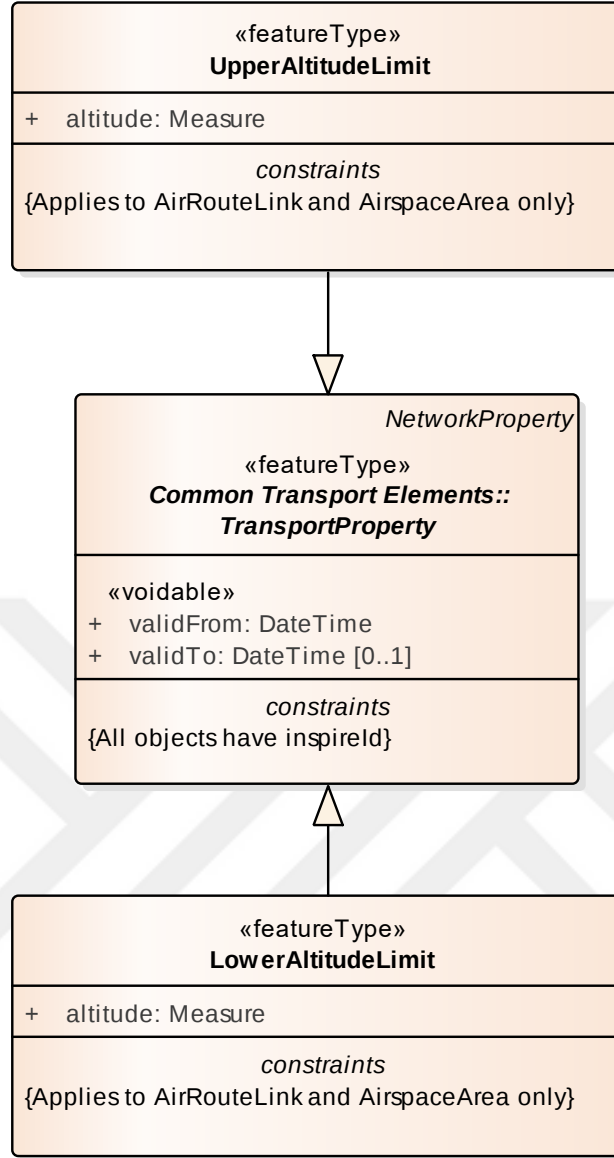
maçın bitişinin bir saat sonrası, dolayısıyla yasaklamanın bitiş saati tanımlanabilir. Bu zaman aralığı, yasaklı alanın mevcut olduğu zaman aralığını ifade etmektedir.

Tez çalışması kapsamında tanımlanmış olan tüm alan nesneleri “UlaşımAlanı (TransportArea)” nesnesine ve benzer şekilde kısıtlamalara ve tanımlamalara yönelik tüm nesneler “UlaşımÖzelliği (TransportProperty)” nesnesine kalıtım ilişkisiyle bağlıdır. Dolayısıyla “validFrom” ve “validTo” öznitelikleri bu iki nesneden miras olarak alınmakta ve bu öznitelikler ayrıca diğer nesneler içerisinde tanımlanmamaktadır.

5.2.2. Alan Nesnelerinin Boyutlarının Tanımlanması

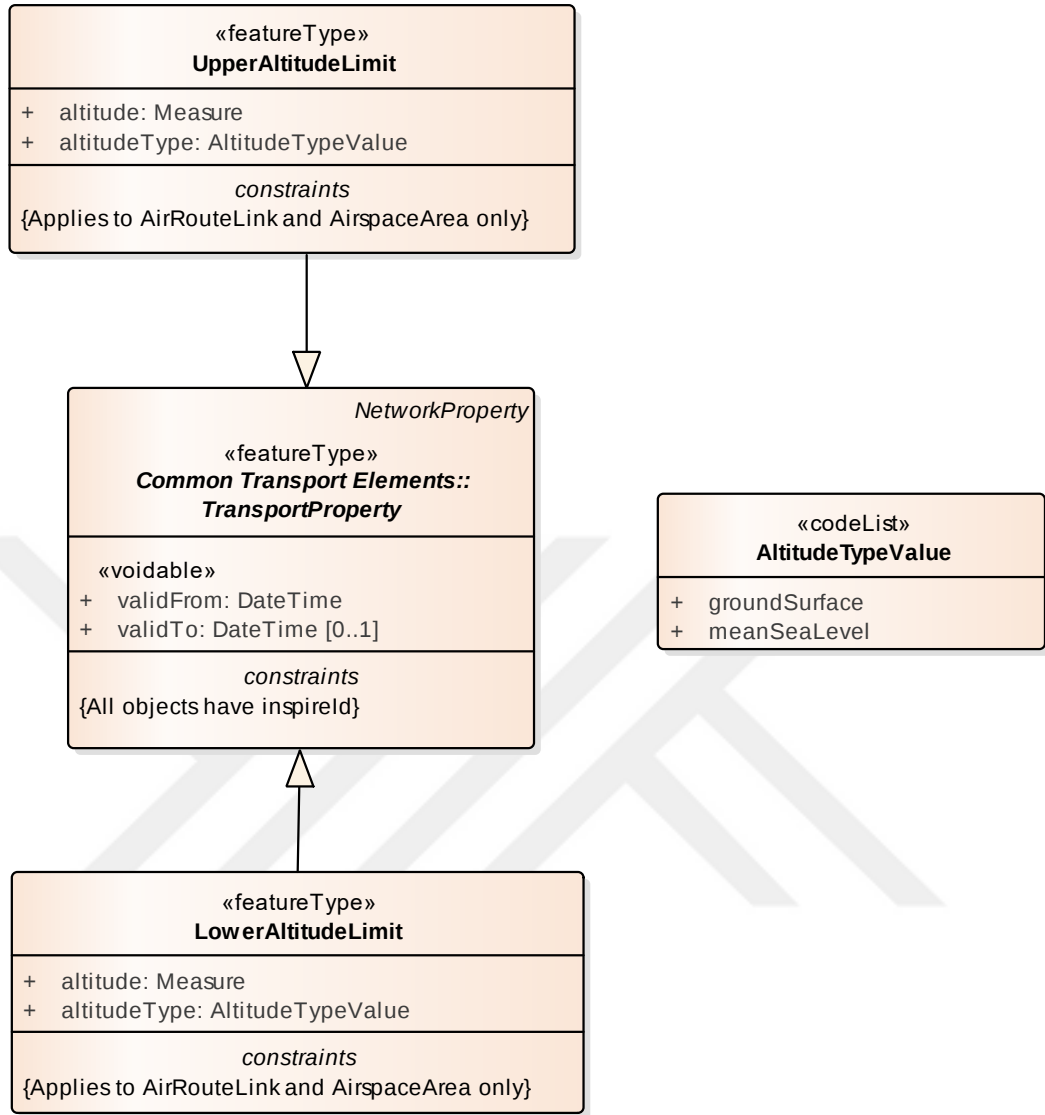
Alanların, zamansal karakterlerinin tanımlanmasına ek olarak, boyutlarının tanımlanması da önemli bir husus olarak öne çıkmaktadır. Bu boyutlar yatayda mesafelerle veya doğrudan koordinatlarla ifade edilebilirken, dikeyde genellikle çeşitli referanslardan alınmış yüksekliklerle tanımlanmaktadır. Ancak bu referanslar aynı ülkenin farklı tanımlamalarında bile çeşitlilik gösterebilmektedir. Örneğin, Şekil 5.3'te gösterilmiş olan yasaklı alan P-40'ın dikey boyutu ortalama deniz seviyesinden 4.999 feet olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.4'te gösterilen yasaklı alanda ise, yasaklı alanın üst sınırı 34.000 feet olarak belirlenmiş, ancak bu kez referans yüzey olarak yer yüzeyi kullanılmıştır.

INSPIRE'in mevcut yapısında hava sahasının üst sınırının belirlenmesi “YüksekİrtifaLimiti (UpperAltitudeLimit)” nesnesi ile ve alt sınırının belirlenmesi “DüşükİrtifaLimiti (LowerAltitudeLimit)” nesnesi ile sağlanmaktadır. “UlaşımÖzelliği (TransportProperty)” nesnesine kalıtım ilişkisi ile bağlı olan bu nesnelerin mevcut yapıda sahip oldukları öznitelikleri Şekil 5.10'da gösterilmektedir.



Şekil 5.10. Mevcut YüksekİrtifaLimiti (UpperAltitudeLimit) nesnesi ve DüşükİrtifaLimiti (LowerAltitudeLimit) nesnesi sınıf gösterimi

Ancak Şekil 5.10'da da görüleceği gibi bu yükseklikler tanımlanırken yüksekliklerin referans yüzeyleri dikkate alınmamaktadır. Bu doğrultuda, hava sahalarının dikey sınırlarının belirlenmesi esnasında referans yüzeylerin standart bir yapıda ifade edilebilmesi amacıyla “YüksekİrtifaLimiti (UpperAltitudeLimit)” ve “DüşükİrtifaLimiti (LowerAltitudeLimit)” nesnelerinin her ikisine de “İrtifaTipi (AltitudeType)” özniteliği ve bu özniteliğe bağlı “İrtifaTipDeğer (AltitudeTypeValue)” kod listesi tanımlanmıştır. Söz konusu nesneler ve kod listesi Şekil 5.11’de gösterilmektedir.



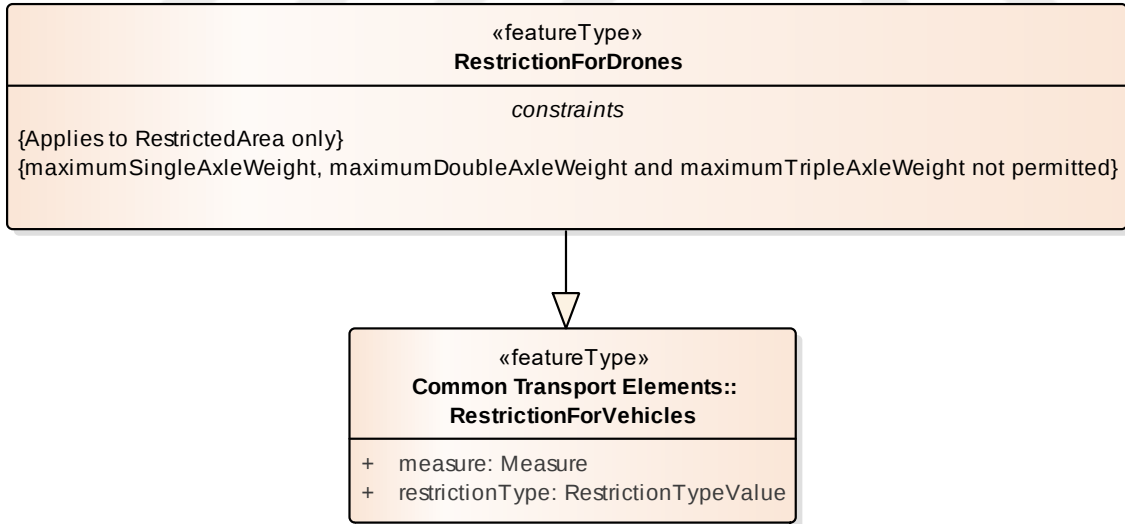
Şekil 5.11. Genişletilmiş YüksekİrtifaLimiti (UpperAltitudeLimit) nesnesi ve DüşükİrtifaLimiti (LowerAltitudeLimit) nesnesi sınıf gösterimi

Tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalarda temel anlamda iki irtifa tipi ile karşılaşılmıştır. Bu tiplerden ilki Şekil 5.3'teki örnekte olduğu gibi ortalama deniz seviyesidir (mean sea level). İkincisi ise Şekil 5.4'te de olduğu gibi yeryüzünü referans almaktadır. Benzer şekilde hem AB hem de ABD'nin yasal düzenlemelerinde tanımlanmış maksimum uçuş yüksekliğinde de referans yeryüzünün en yakın noktası olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.11'de gösterilen "İrtifaTipDeğeri (AltitudeTypeValue)" kod listesi de bu iki irtifa tipini içerecek şekilde oluşturulmuştur.

5.2.3. İHA'lar İçin Kısıtlamalar

İHA'lara yönelik hava sahalarının tanımlanmasının ardından bu hava sahaları içerisinde uçabilecek olan İHA'ların niteliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Zira, bir hava sahası belirli tipteki İHA'lar için kısıtlı olabilirken, hava sahasında tanımlanmış kısıtları karşılayan İHA'lar için açık olabilir. Dolayısıyla öncelikle 5.1.2.2. başlığında aktarılmış olan kısıtlı alanların (restricted area), İHA'lara yönelik bir kısıt içerip içermediğinin tanımlanması gerekmektedir. Bu alanlarda tüm hava araçlarına yönelik kısıtlar oluşturulabileceğinden, kısıtlamaların tanımlanmasında İHA'ların diğer hava araçlarından ayrılması elzemdir.

Bu kapsamda OUE içerisinde tanımlanmış olan “AraçlarİçinKısıtlama (RestrictionForVehicles)” nesnesi HUA'nın mevcut yapısı içerisinde kullanılmış ve bu nesneye kalıtım ilişkisi ile bağlı olan “İHAİçinKısıtlama (RestrictionForDrones)” nesnesi tanımlanmıştır. Bahsi geçen nesne Şekil 5.12'de gösterilmektedir.



Şekil 5.12. AraçlarİçinKısıtlama (RestrictionForVehicles)’ nesnesi ve ‘İHAİçinKısıtlama (RestrictionForDrones)’ nesnesi sınıf gösterimi

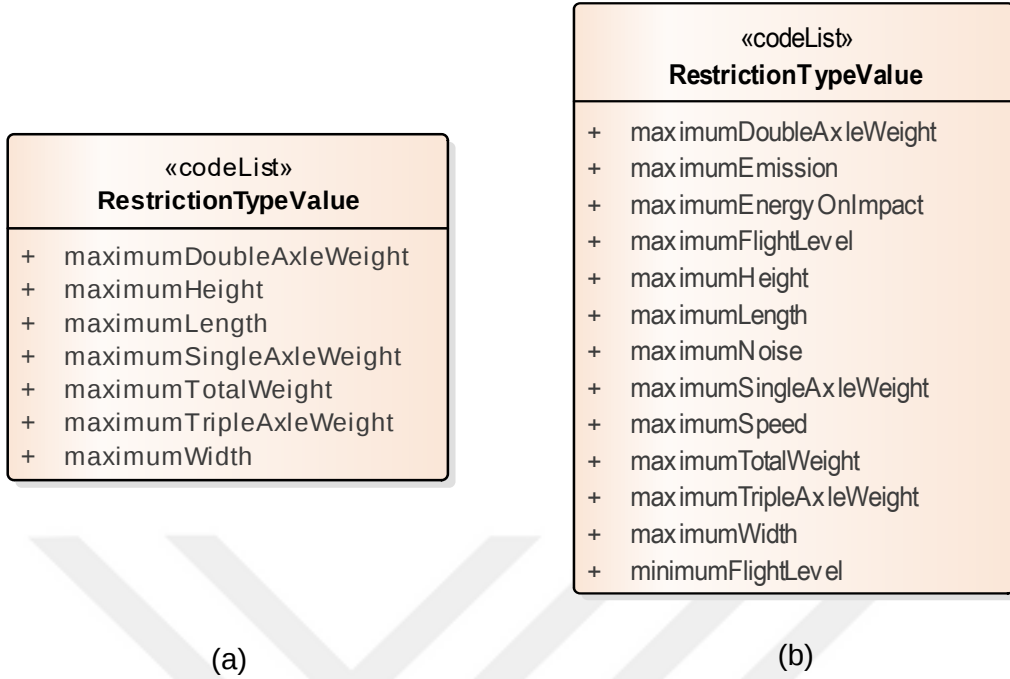
“İHAİçinKısıtlama” nesnesi, aralarındaki ilişki nedeniyle “AraçlarİçinKısıtlama” nesnesinin tüm özniteliklerine sahip olacaktır. Ancak “AraçlarİçinKısıtlama”

nesnesi daha önce de bahsedildiği gibi OUE kapsamında tanımlanmış olduğundan, UAT'nin diğer tüm alt temalarına da hizmet etmektedir. Dolayısıyla nesneye yönelik tanımlanmış olan “araçları için Kısıtlama Tipi (RestrictionTypeValue)” özniteliği ve ilgili kod listesi tüm alt temalara ilişkin kısıtları kapsamaktadır.

Kod listesinde tanımlanmış olan değerlerin bir kısmı ise İHA'lar için uygun kısıtlar değildir. Dolayısıyla ilgili kod listesi, öncelikle tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalar doğrultusunda İHA'ları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Sonrasında ise “İHA'ları için Kısıtlama” nesnesinin kısıtlar (constraints) bölümünde, bu nesnenin kullanamayacağı kısıt tipleri tanımlanmış ve bu değerlerin kullanımının önüne geçilmiştir. “araçları için Kısıtlama Tipi (RestrictionTypeValue)” kod listesinin genişletme çalışması öncesindeki ve sonrasındaki yapısı Şekil 5.13'de gösterilmektedir.

Kod listesinin genişletilmesinde yasal düzenlemelerin incelenmesi sonucunda elde edilen bulgular kullanılmıştır. Bu kapsamda kod listesine çevresel kaygılara yönelik olarak maksimum emisyon (maximum emission) ve maksimum gürültü (maksimum noise), İHA'ların muhtemel bir çarpışmada ortaya çıkarabileceği maksimum enerji (maximum energy on impact) ve maksimum hız (maximum speed) değerleri eklenmiştir.

Bununla birlikte maksimum uçuş seviyesi (maximum flight level) ve minimum uçuş seviyesi (minimum flight level) kısıtları UAT veri tanımlama dokümanında tanımlanmış olsa da, bu değerlerin INSPIRE UML diyagramlarına yansıtılmadığı gözlemlenmiştir. Tez çalışması kapsamında bu değerler de tip değeri olarak kod listesine eklenmiştir.



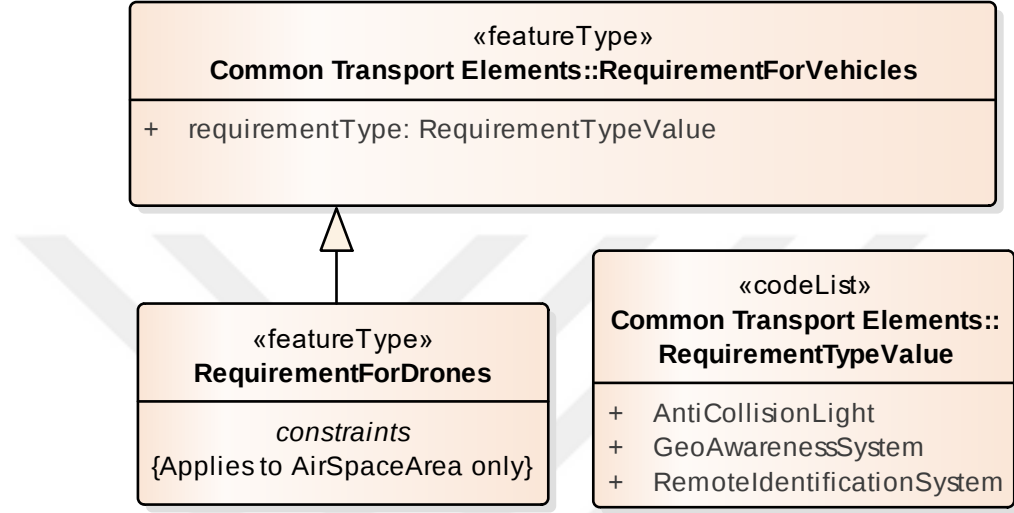
Şekil 5.13. KısıtlamaTipDeğeri (RestrictionTypeValue) kod listesinin genişletme çalışması öncesindeki (a) ve sonrasındaki (b) yapısı

5.2.4. İHA'lar İçin Gereksinimler

Tez çalışmasının önceki başlıklarında bahsedildiği gibi İHA operasyonları güvenlik, gizlilik ve çevresel faktörler kapsamında belirli alanlarda kısıtlanabilmekte veya yasaklanabilmektedir. Bununla birlikte bazı alanlarla veya şartlarda ise yalnızca belirli teknik özelliklere sahip İHA'ların uçuşlarına izin verilebilmektedir. Örneğin, ABD'de İHA'ların gece uçuşları gerçekleştirebilmesi için çarpışma önleyici ışığa (anti-collision light) sahip olması gerekmektedir. AB'de ise ülkelerin tanımlayacağı belirli alanlara yalnızca uzaktan tanımlama sistemi (remote identification system) ve coğrafi farkındalık sistemi (geo-awareness system) mevcut olan İHA'ların girişine izin verilebilir.

Bu kapsamda İHA'lara yönelik teknik gereksinimlerin tanımlanabilmesi için "İHAİçinGereksinim (RequirementForDrones)" nesnesi oluşturulmuştur. Ancak bu nesne, HUA içerisine doğrudan eklenmemiştir. Öncelikle OUE içerisinde "AraçlarİçinGereksinim (RestrictionForVehicles)" nesnesi tanımlanmıştır. Bu

nesnenin tanımlanma amacı, bugün İHA'lar için gerek duyulan teknik gereksinimlerin, ilerleyen zamanlarda UAT'nin diğer alt temaları içerisinde de ihtiyaç konusu olabileceğidir. Örneğin, otonom araçların günlük kullanımı yaygınlaştıkça, belirli yollara yalnızca çarpışma önleyici sistem gibi belirli teknik özelliklere sahip araçların girmesi sağlanabilir.

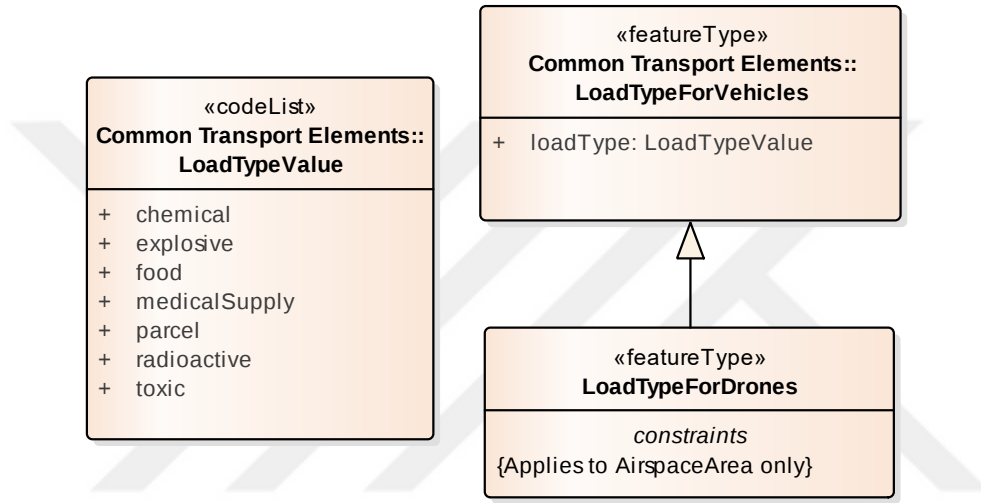


Şekil 5.14. AraçlarİçinGereksinim (RestrictionForVehicles) nesnesi, İHAİçinGereksinim (RequirementForDrones) nesnesi ve GereksinimTipDeğeri (RequirementTypeValue) kod listesi sınıf gösterimi

OUE içerisinde “AraçlarİçinGereksinim” nesnesinin tanımlanmasının ardından bu nesne HUA içerisinde kullanılmış, “İHAİçinGereksinim” nesnesi ise bu nesneye kalıtım yoluyla bağlanmıştır. Ardından, teknik özelliklerin standart bir yapıya kavuşturulması maksadıyla, OUE kapsamında “GereksinimTipDeğeri (RequirementTypeValue)” kod listesi tanımlanmıştır. “AraçlarİçinGereksinim” nesnesi, “İHAİçinGereksinim” nesnesi ve “GereksinimTipDeğeri” kod listesi Şekil 5.14’te gösterilmektedir.

5.2.5. İHA Yük Tipleri

İHA'ların taşıdıkları yüklerin tipleri, daha önce de değinildiği gibi, İHA operasyonlarının riskini doğrudan etkileyen önemli faktörlerden biridir. Dolayısıyla İHA yükleri, İHA'lara yönelik kısıtlamalarda veya yasaklamalarda etkin rol oynayabilir. Bu kapsamda, İHA'ların taşıyabilecekleri muhtemel yüklerin tanımlanabilmesine yönelik “İHAİçinYükTipi (LoadTypeForDrones)” nesnesi oluşturulmuştur.



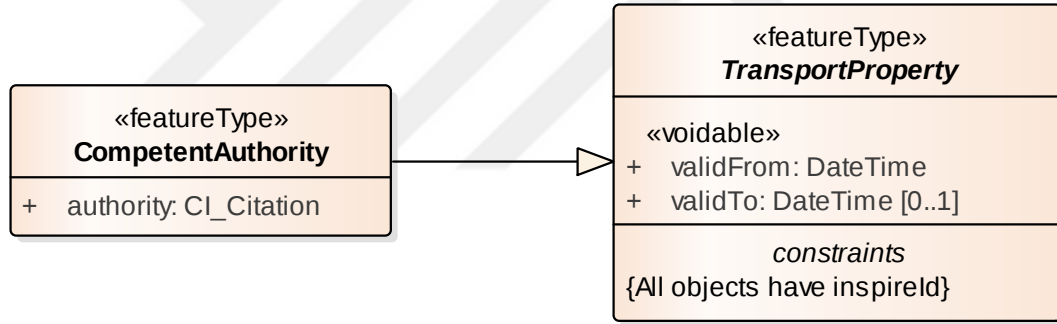
Şekil 5.15. AraçlarİçinYükTipi (LoadTypeForVehicles) nesnesi, İHAİçinYükTipi (LoadTypeForDrones) nesnesi ve YükTipiDeğeri (LoadTypeValue) kod listesi sınıf gösterimi

Ancak, “İHAİçinYükTipi” nesnesi, bir önceki başlıkta aktarılmış olan “İHAİçinGereksinim” nesnesine benzer şekilde HUA içerisine doğrudan eklenmemiştir. Yük tiplerinin ihtiyaç duyulabilecek tüm UAT alt temalarında kullanılabilmesi için OUE kapsamında “AraçlarİçinYükTipi (LoadTypeForVehicles)” nesnesi tanımlanmıştır. Sonrasında bu nesne HUA içerisinde kullanılmış, “İHAİçinYükTipi” nesnesi ise bu nesneye kalıtım yolu ile bağlanmıştır. Ayrıca, yük tiplerinin standart bir yapıya kavuşturulması için “YükTipiDeğeri (LoadTypeValue)” kod listesi tanımlanmıştır.

“AraçlarİçinYükTipi” nesnesi, “İHAİçinYükTipi” nesnesi ve “YükTipiDeğeri” kod listesi sınıf yapısı Şekil 5.15’te gösterilmektedir.

5.2.6. Yetkili Otoriteler

İHA'lara yönelik tanımlanan yasaklı ve kısıtlı alanlar, yasağı veya kısıtı koyan yetkili otoriteler tarafından yönetilmektedir. Örneğin, Şekil 5.4’te verilen örnekteki yasağın sebebi volkanik aktiviteler olup NOTAM metninde, hava sahasında sadece Hawaii Volcanoes National Park Service kapsamında gerçekleştirilen operasyonların yetkilendirildiği belirtilmektedir. Dolayısıyla yasaklamaların ve kısıtlamaların duyurulması noktasında hem irtibat noktasının belirtilmesi hem de gerektiğinde izin alınacak merciin tanımlanması açısından yetkili kuruluşların açıklanması önem arz etmektedir.



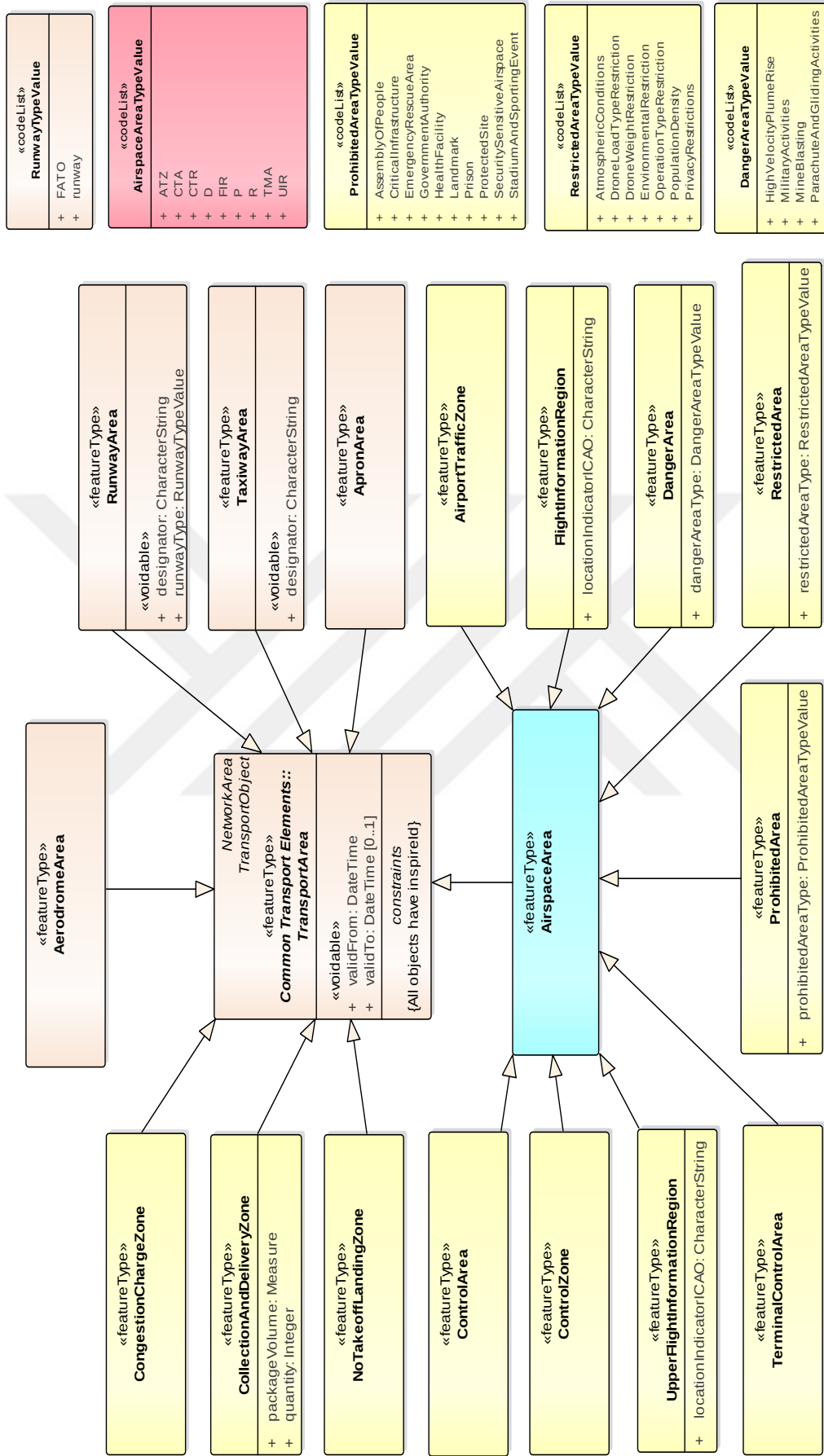
Şekil 5.16. YetkiliOtorite (CompetentAuthority)’ nesnesinin HUA içerisindeki sınıf yapısı

INSPIRE’in mevcut yapısı içerisinde, OUE alt temasında, nesnelerin sahipliğine yönelik olarak “MalikOtorite (OwnerAuthority)” ve bakımına yönelik olarak “BakımOtoritesi (MaintenanceAuthority)” tanımlanmıştır. Bu nesneler, yasaklı ve kısıtlı alanların yönetimini teşkil edecek yetkili otoriteleri kapsamamaktadır. Bu doğrultuda OUE içerisinde “YetkiliOtorite (CompetentAuthority)” nesnesi tanımlanmış ve sonrasında bu nesne HUA içerisinde kullanılmıştır. “YetkiliOtorite” nesnesinin HUA içerisindeki sınıf yapısı Şekil 5.16’da gösterilmektedir.

6. TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında, INSPIRE UAT, lojistikte otonom İHA'ların kullanımına yönelik olarak genişletilmiştir. Genişletme çalışması için öncelikle AB ve ABD'nin İHA yasal düzenlemeleri kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve İHA'ların uçuş öncesinde ve uçuş sırasında ihtiyaç duyabileceği, bununla birlikte operasyon süresince üretebileceği coğrafi veriler irdelenmiştir. Dolayısıyla tez çalışmasıyla hem bu yasal düzenlemelere yönelik sistematik bir genel bakış sağlanmış, hem de otonom İHA operasyonlarına yönelik konumsal veri ihtiyaçları ortaya konulmuştur. Yasal düzenlemelere ek olarak lojistik kapsamındaki İHA kullanımları incelenmiş ve kullanım senaryolarına göre ihtiyaç duyulabilecek olan coğrafi veriler detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Yasal düzenlemelere ve kullanım senaryolarına yönelik olarak genişletilmiş olan HUA'nın alan nesnelerine yönelik UML diyagramı Şekil 6.1'de, ulaşım özelliklerine yönelik UML diyagramı ise Şekil 6.2'de gösterilmektedir. Şekillerde; genişletme çalışması kapsamında oluşturulmuş olan nesneler sarı, modifiye edilmiş olan nesneler mavi, silinmiş nesneler ise kırmızı renkli olarak gösterilmektedir. Bu gösterim şekli, bu başlık altındaki diğer UML diyagramları için de geçerlidir.

Her ne kadar tez çalışmasında HUA'nın genişletilmesine odaklanılmış olsa da hem INSPIRE'in bütünleşik yapısının korunması hem de genişletme kapsamında üretilen ve güncelleştirilen nesne ve kod listelerinin UAT'nin diğer alt temalarında da kullanımın sağlanması amacıyla OUE kapsamında da çeşitli genişletmeler yapılmıştır. OUE içerisinde tanımlanmış olan "YetkiliOtorite (CompetentAuthority)" nesnesi, "AraçlarİçinGereksinim (RequirementForVehicles)" nesnesi, "AraçlarİçinYükTipi (LoadTypeForVehicles)" nesnesi ve bu nesnelerle ilişkili kod listeleri gelişen ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda tüm alt temalar tarafından kullanılabilir durumdadır. Dolayısıyla doğrudan genişletme çalışmasına dahil edilmemiş olsalar da tez çalışması ile Karayolu Ulaşım Ağı, Demiryolu Ulaşım, Su Ulaşım Ağı ve Kablolu Ulaşım Ağı alt temalarına da katkı sağlanmıştır. OUE'nin genişletme çalışması sonucundaki Ulaşım Özellikleri (Transport Property) UML diyagramı Şekil 6.3'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Genişletme sonrası HUA alan nesneleri UML diyagramı

Genişletme çalışması kapsamında eklenmiş, çıkarılmış ve modifiye edilmiş olan nesnelere ilişkin özet bilgi Çizelge 6.1’de sunulmaktadır.

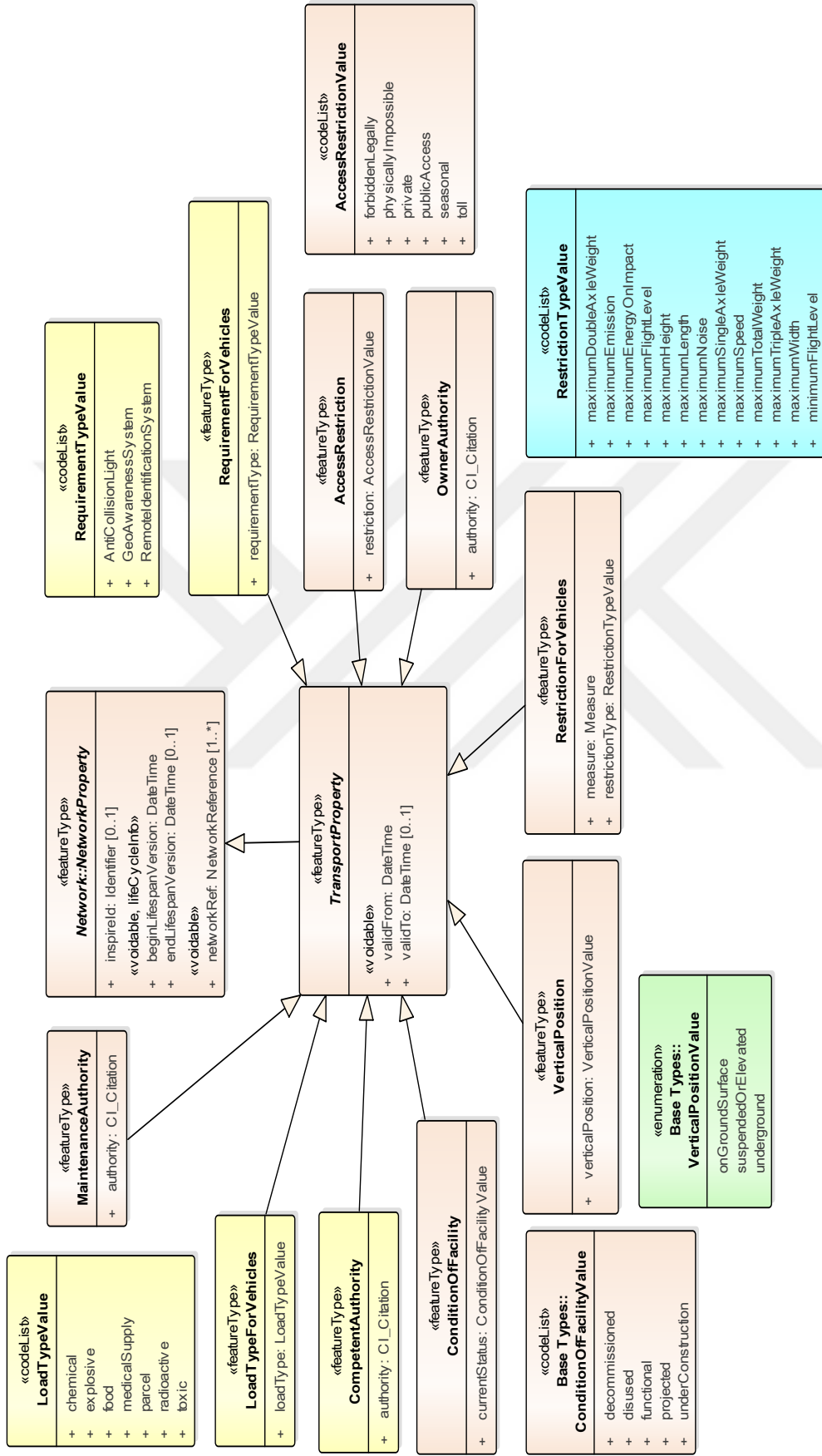
Çizelge 6.1. Genişletme çalışması sonrası nesne tipleri özet çizelgesi

	Nesne Tipi	Toplam
Eklenen	AirportTrafficZone	NoTakeoffLandingZone
	CollectionAndDeliveryZone	ProhibitedArea
	CompetentAuthority	RestrictedArea
	CongestionChargeZone	RequirementForDrones
	ControlArea	RequirementForVehicles
	ControlZone	RestrictedArea
	DangerArea	ResrictionForDrones
	FlightInformationRegion	TerminalControlArea
	LoadTypeForVehicles	UpperFlightInformationRegion
Modifiye	AirspaceArea	
	LowerAltitudeLimit	
	UpperAltitudeLimit	
Çıkarılan	-	-

Genişletme çalışması kapsamında eklenmiş, çıkarılmış ve modifiye edilmiş olan kod listelerine ilişkin özet bilgi ise Çizelge 6.2’de sunulmaktadır.

Çizelge 6.2. Genişletme çalışması sonrası kod listeleri özet tablosu

	Kod Listesi	Toplam
Eklenen	AltitudeTypeValue	
	DangerAreaTypeValue	
	LoadTypeValue	
	ProhibitedAreaTypeValue	
	RequirementTypeValue	
	RestrictedAreaTypeValue	
Modifiye	RestictionTypeValue	
Çıkarılan	AirspaceAreaTypeValue	

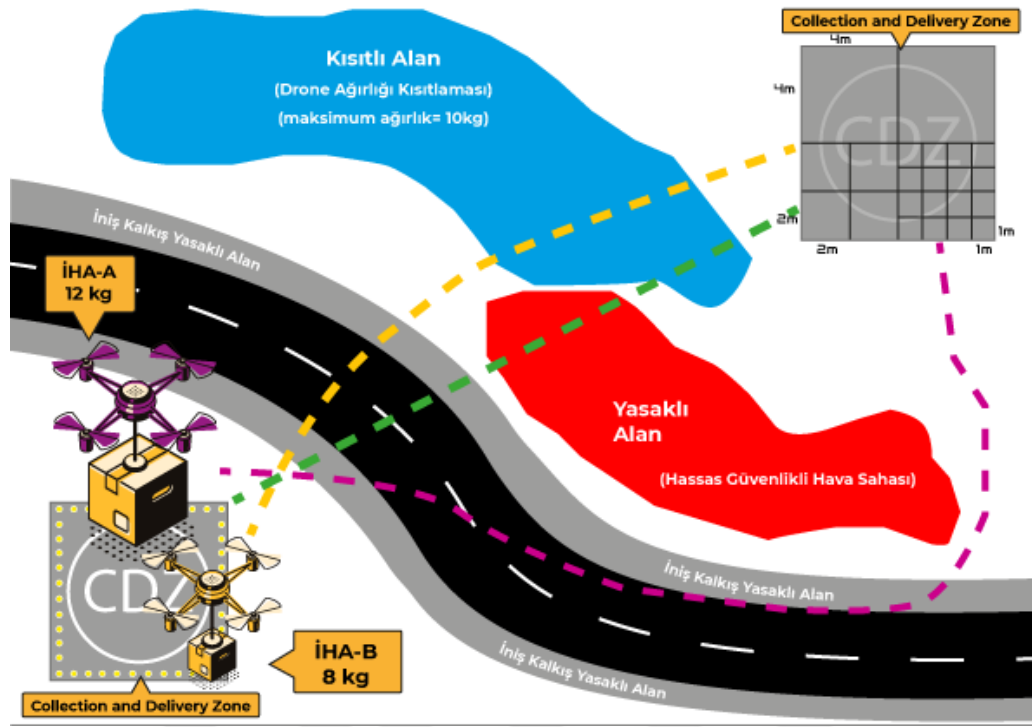


Şekil 6.3. Genişletme sonrası OUE ulaşım özellikleri nesneleri UML diyagramı

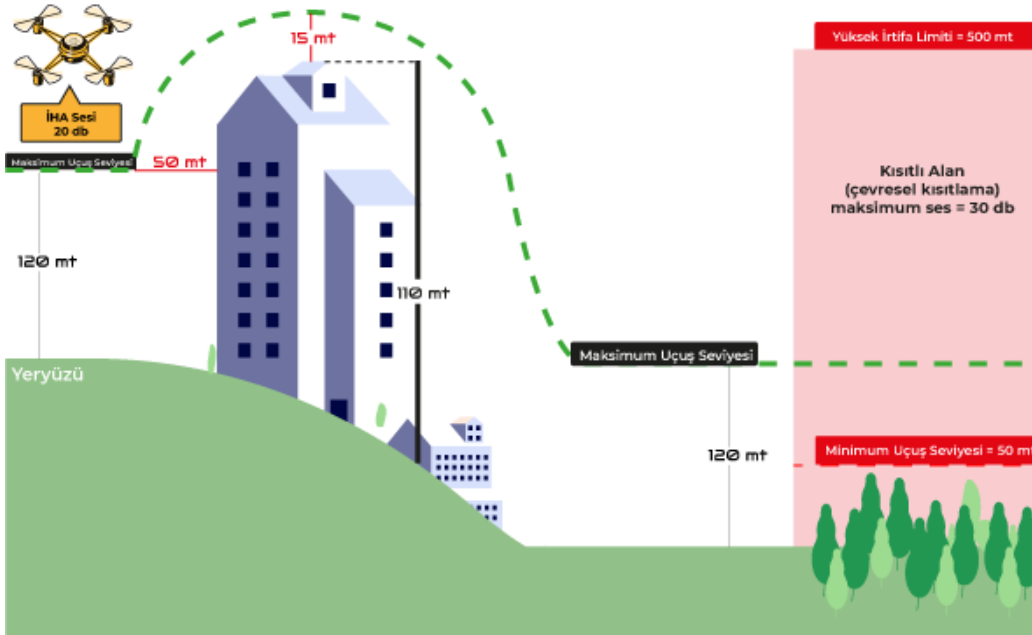
Genişletme alışması ile İHA'lar için her türlü yasaklı veya kısıtlı hava sahasının tanımlanması, bu alanların tip ve kısıtlamalarının belirlenmesi, kısıtlamaya tabi İHA'ların fiziksel ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi ve İHA operasyonları için tamamlayıcı bilgilerin standart bir yapıda sağlanması mümkün hale gelmiştir. Genişletme kapsamında önerilmiş olan ana unsurlara yönelik bazı gösterimler ise şekil 6.4'te sunulmaktadır.

Tez çalışmasında daha önce de belirtildiği gibi her bir İHA operasyonun bir TTA'da başladığı ve bittiği varsayılmaktadır. Ancak, şekil 6.4'te gösterilen yeşil renkli rota, İHA A ve İHA B için iki TTA arasındaki en kısa mesafe olsa da her iki İHA da rotanın Yasaklı Alan (Prohibited Area) zerinden geçmesi sebebiyle bu rotayı izleyememektedir. Ancak, İHA B, tanımlanmış olan ağırlık kısıtlamasına tabi olmadığından, hedefe İHA A'nın izlediğinden daha kısa bir rota izleyerek ulaşabilmektedir. Ayrıca, her iki İHA da İniş Kalkış Yasaklı Alan (No Takeoff Landing Zone) zerinde uabilirken, İHA'ların bu alanlarda iniş kalkış yapması yasaktır. Başka bir deyişle, iniş kalkış yasaklı alanlar içerisinde TTA'ların tanımlanması da mümkün değildir.

şekil 6.4'te görüleceği gibi TTA'lar farklı hacimlere sahip birden çok alan içerebilir. Genişletme alışması sayesinde bu alanların tanımlanabilmesi mümkün hale gelmiştir. İHA'lara yönelik AB ve ABD yasal düzenlemelerinde tanımlanmış olan maksimum uçuş yüksekliği ve bu uçuş yüksekliğinin engellerin geçilmesi gerektiği durumlarda nasıl aşılabileceği şekilde gösterilmektedir. Hava sahalarının st limiti belirlenirken kullanılan "YüksekİrtifaLimiti (UpperAltideLimit)" nesnesi ile çevresel kısıtlar içeren bir kısıtlı alan tanımlanmış ve bu alan içerisinde minimum uçuş seviyesi 50 metre olarak belirlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 6.4. Otonom İHA uçuşları için önerilen temel nesne tiplerinin (a) ve bir İHA'nın uçuş limitlerinin (b) gösterimi

Genişletme alışması sonucunda standart bir yapıya kavuşan yasaklı alanlar, kısıtlı alanlar, tehlike alanları, iniş-kalkış yasaklı alanlar, TTA'lar ve sıkışıklık cretlendirmesi alanları, şekil 6.4'te de görüldüğü gibi, İHA rotalarının belirlenmesinin temelini oluşturmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, İHA'ların iki nokta arasındaki en kısa yolu izleyeceği değerlendirilmektedir. Ancak, başlangıçta belirlenen en kısa yolun, çeşitli alanlar veya nesnelerle engellenebileceği, dolayısıyla rotanın bu unsurlar dikkate alınarak belirlenebileceği grlmektedir. Yine şekil 6.4'te ifade edildiği gibi, yüksek yapılar bu unsurlar arasında değerlendirilebilir. Sabit bir irtifada seyreden bir İHA, irtifasından daha yüksek bir engelle karşılaştığında bu engeli aşmak amacıyla irtifasını artırmak durumunda kalabilmektedir. Dolayısıyla en kısa rotanın belirlenmesinde yatay unsurlarla birlikte dikey unsurların da dikkate alınması gerektiği açıktır. Bu amaçla, şehirlerin üç boyutlu modellerinin kullanılmasının, ilerleyen süreçte rotaların çok daha hassas bir şekilde belirlenmesi noktasında önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Tez çalışmasına benzer olarak, 2021 yılı içerisinde TUCBS'nin Bina, evre İzleme Tesisleri, Jeoloji ve Ulaşım Ağları temalarının, güncel ihtiyaçlar ve gelişen teknolojiler kapsamında genişletilmesi sağlanmıştır. Akademisyenler, tema uzmanları ve ilgili kurum temsilcilerinin katılımları ile gerçekleştirilen genişletme çalışmaları kapsamında, Ulaşım Ağları Teması'nın bir alt teması olan Hava Ulaşım Ağı içerisinde, İHA'ların uçabileceği alanlar, "İHASahaları" nesnesi ile tanımlanmıştır. Günümüzde, İHA'ların uamayacağı alanların, uçabileceği alanlara nazaran çok daha fazla olması bu kullanımı desteklemektedir. Ancak gelecekte, İHA'ların birçok sektörde birçok farklı amaçla kullanılacağı, yasal düzenlemelerin de İHA kullanımını teşvik edeceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında, İHA'ların uçabileceği alanlardan ziyade uamayacağı alanların tanımlanmasına odaklanılmıştır.

Ülkemizde İHA'ların hava sahasına güvenli bir şekilde entegre edilmesi noktasında ise yasaklı alanların, kısıtlı alanların ve tehlike alanlarının hassas bir şekilde belirlenmesi önem arz etmektedir. Örneğin, tüm milli parklar ve tabiat

anıtları üzerindeki İHA uçuşları yasaklanacaksa, TUCBS Koruma Bölgeleri teması kapsamında tanımlanmış olan bu özelliklere sahip korunan alanların coğrafya ile ilişkilendirilmesi sağlanabilir ve bu alanlardaki İHA operasyonları yasaklanabilir. Benzer şekilde, TUCBS temaları arasında İHA uçuşlarına yönelik bilgi sağlayabilecek ilgili temalar kullanılarak, ülkemize yönelik İHA'ların uçabileceği ve uçamayacağı alanların büyük ölçüde tespit edilmesi sağlanabilir. Tez çalışması kapsamında hazırlanmış olan modelin TUCBS'ye uyarlanması bu konuda gerçekleştirilecek çalışmalara da katkı sağlayacaktır. TUCBS ve INSPIRE aynı standartlar üzerine inşa edildiğinden, tez çalışması kapsamında tanımlanmış olan nesnelerin, ilerleyen süreçte çeşitli düzenlemeler yapılarak TUCBS kapsamında kullanılması mümkün olacaktır.

İHA operasyonlarına ilişkin ele alınması gereken konulardan bir diğeri ise mülkiyet kavramıdır. AB ve ABD yasal düzenlemelerinin her ikisinde de İHA operasyonları kapsamında mülkiyete yönelik bir kısıtlama veya tanımlama yapılmamaktadır. Ancak İHA operasyonlarının, özellikle de İHA iniş ve kalkışlarının, mülkiyet hakları dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İHA iniş ve kalkışları sırasında izinsiz mülkiyet kullanımının önüne geçilmesinin ve bu hususların yasal düzenlemeler ile güvence altına alınmasının İHA'ların sosyal kabulüne ve İHA operasyonlarının güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine yönelik önem arz ettiği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, özel bir mülkiyetin TTA olarak kullanılması halinde, parsel malikinden gerekli izinlerin alınması ve irtifak hakkı tesis edilmesi gibi prosedürlerin bugünden planlanması, İHA'ların hava sahasına entegrasyonunu kolaylaştıracaktır.

Tüm bu yasaklamaların ve kısıtlamaların tanımlanmasında acil durumlar göz önünde bulundurulmalıdır. Operasyon sırasında herhangi bir sorunla karşılaşan bir İHA'nın güvenli bir şekilde uygun en yakın noktaya inişinin sağlanmasına yönelik gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Bununla birlikte, İHA'ların acil durumlarda yasaklı ve kısıtlı alanları kullanmalarına yönelik gerekli prosedürlerin düzenlenmesi önem arz etmektedir.

7. SONUÇLAR

İHA'lar hareket kabiliyetleri, zorlu şartlarda dahi kolay erişim imkânı sağlamaları ve basit kullanımları sayesinde birçok farklı alanda ve birçok farklı amaçla kullanılmaktadır. Bununla birlikte önümüzdeki yıllarda hava sahasındaki İHA sayısının artması beklenmektedir. Kısmen yeni bir teknoloji olan İHA'lar, hava sahasındaki diğer araçlar ile yeryüzündeki canlı ve cansız varlıklar için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Dolayısıyla hem diğer hava araçlarının hem de yeryüzündeki canlı ve cansız varlıkların güvenliğini ve kamunun mahremiyetini sağlamak için, İHA'ların tüm operasyon boyunca nerede olduğunu, nerede ve ne zaman uçabileceklerini bilmek hayati önem arz etmektedir. Bu nedenle, özellikle otonom İHA'lar için güvenli bir yolculuk sağlamak ve İHA'ların, ülkelerin KVA'larına uyumunu tesis etmek amacıyla İHA operasyonlarına ilişkin konumsal veriler ve tamamlayıcı bilgiler yapısal ve standart bir şekilde toplanmalı, depolanmalı ve paylaşılmalıdır.

Bu tez çalışmasında; AB kapsamında KVA olarak hizmet vermekte olan INSPIRE'a, kent içi otonom İHA lojistiğini kapsayacak şekilde genişletme önerisi sunulmuştur. Genişletme çalışmalarında AB ve ABD'nin İHA yasal düzenlemeleri konumsal veri perspektifiyle incelenmiş ve genişletme çalışmasına esas teşkil edebilecek konumsal veriler tespit edilmiştir. Bununla birlikte İHA'ların kent içi lojistik kapsamındaki kullanımları incelenmiş, etik ve gizlilik unsurları ele alınmıştır. Genişletilmiş model ile, otonom İHA'ların lojistik kullanımına yönelik konumsal verilerin standart bir yapıda tanımlanabilmeleri mümkün kılınmıştır.

Tez çalışmasının literatüre üç temel katkısı bulunmaktadır. İlk katkı olarak, AB ve ABD'nin İHA yasal düzenlemelerine konumsal veri perspektifi ile sistematik bir bakış sağlanmıştır. İkinci katkı olarak, İHA operasyonları kapsamında günümüzde kullanılan ve gelecekte kullanılabilecek coğrafi verilere yönelik kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Üçüncü katkı olarak ise, INSPIRE, kentsel lojistikte otonom İHA'ların kullanımına yönelik genişletilmiştir.

Bu hususlara ek olarak tez çalışmasının temeli teknolojik gelişmeler kapsamında KVA'ların genişletilmesine dayandığından, tez çalışmasının, gelecekte yeni teknolojilere yönelik gerçekleştirilecek genişletme çalışmalarına rehber teşkil edeceği değerlendirilmektedir. Teknoloji, KVA'ların gelişimini etkileyen en önemli unsurlardan olduğundan, gelecek çalışmalarda, önerilen modelin CityGML gibi üç boyutlu şehir modellerine yönelik geliştirilen standartlarla entegrasyonuna odaklanılacaktır.



8. KAYNAKLAR

- [1] C. Lemardelé, M. Estrada, L. Pagès, M. Bachofner, Potentialities of drones and ground autonomous delivery devices for last-mile logistics, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 149 **(2021)** 102325.
- [2] J. Lindley, P. Coulton, *Game of drones*, **2015**.
- [3] A. Konert, T. Dunin, A Harmonized European Drone Market? – New EU Rules on Unmanned Aircraft Systems, *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.* 5 **(2020)** 93–99.
- [4] G. Macrina, L. Di Puglia Pugliese, F. Guerriero, G. Laporte, Drone-aided routing: A literature review, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 120 **(2020)** 102762.
- [5] R.L. Finn, D. Wright, L. Jacques, P. De Hert, Study on privacy, data protection and ethical risks in civil Remotely Piloted Aircraft Systems operations, European Commission, n.d. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6343df3f-a30d-4a76-943f-f5b810526596> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [6] J. Valente, A. Cardenas, Understanding Security Threats in Consumer Drones Through the Lens of the Discovery Quadcopter Family, **2017**.
- [7] B. Anbaroglu, Parcel Delivery in An Urban Environment Using Unmanned Aerial Systems: A Vision Paper, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* IV-4/W4 **(2017)** 73–79.
- [8] P.L. Gonzalez-R, D. Canca, J.L. Andrade-Pineda, M. Calle, J.M. Leon-Blanco, Truck-drone team logistics: A heuristic approach to multi-drop route planning, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 114 **(2020)** 657–680.
- [9] P.B. Quater, F. Grimaccia, S. Leva, M. Mussetta, M. Aghaei, Light Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Cooperative Inspection of PV Plants, *IEEE J. Photovolt.* 4 **(2014)** 1107–1113.
- [10] J.G. Barbedo, A Review on the Use of Unmanned Aerial Vehicles and Imaging Sensors for Monitoring and Assessing Plant Stresses, *Drones*. 3 **(2019)**.
- [11] M. Geetha Priya, K. Venkatesh, L. Shivanna, S. Devaraj, Detecting short-term surface melt over Vestre Broggerbreen, Arctic glacier using indigenously developed unmanned air vehicles, *Geocarto Int.* **(2020)** 1–12.
- [12] F. Karsli, O. Gungor, V. Yilmaz, A. Akar, Ö. Akar, E. Gökalp, İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, **2013**.
- [13] A. Restas, Drone Applications for Supporting Disaster Management, *World J. Eng. Technol.* 03 **(2015)** 316–321.

- [14] L. Haidari, S. Brown, M. Ferguson, E. Bancroft, M. Spiker, A. Wilcox, R. Ambikapathi, V. Sampath, D. Connor, B. Lee, The economic and operational value of using drones to transport vaccines, *Vaccine*. 34 **(2016)**.
- [15] J.J. Kim, I. Kim, J. Hwang, A change of perceived innovativeness for contactless food delivery services using drones after the outbreak of COVID-19, *Int. J. Hosp. Manag.* 93 **(2021)** 102758.
- [16] UNICEF Supply Division, How Drones Can Be Used to combat COVID-19, **2020**.
- [17] N.H. Motlagh, T. Taleb, O. Arouk, Low-Altitude Unmanned Aerial Vehicles-Based Internet of Things Services: Comprehensive Survey and Future Perspectives, *IEEE Internet Things J.* 3 **(2016)**.
- [18] B. Custers, Flying to New Destinations: The Future of Drones, in: **2016**: pp. 371–386.
- [19] Sesar Joint Undertaking, European drones outlook study - Unlocking the value for Europe, in: **2016**.
- [20] C. Stöcker, R. Bennett, F. Nex, M. Gerke, J. Zevenbergen, Review of the Current State of UAV Regulations, *Remote Sens.* 9 **(2017)** 459.
- [21] R. Luppici, A. So, A technoethical review of commercial drone use in the context of governance, ethics, and privacy, *Technol. Soc.* 46 **(2016)** 109–119.
- [22] European Aviation Safety Agency (EASA), Concept of Operations for Drones A risk based approach to regulation of unmanned aircraft, **(2015)**.
- [23] C. Stöcker, R. Bennett, F. Nex, M. Gerke, J. Zevenbergen, Review of the Current State of UAV Regulations, *Remote Sens.* 9 **(2017)** 459.
- [24] H. Nakamura, Y. Kajikawa, Regulation and innovation: How should small unmanned aerial vehicles be regulated?, *Technol. Forecast. Soc. Change.* 128 **(2017)**.
- [25] M. Tuchyna, Establishment of spatial data infrastructure within the environmental sector in Slovak Republic, *Environ. Model. Softw.* 21 **(2006)**
- [26] A. Rajabifard, M.-E.F. Feeney, I.P. Williamson, Future directions for SDI development, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation.* 4 **(2002)** 11–22.
- [27] D. Nebert, Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook, in: **2001**.
- [28] Ł. Grus, W. Castelein, J. Cromptvoets, T. Overduin, B. Loenen, A. Groenestijn, A. Rajabifard, A. Bregt, An assessment view to evaluate whether Spatial Data Infrastructures meet their goals, *Comput. Environ. Urban Syst.* 35 **(2011)** 217–229.

- [29] J. Georis-Creuseveau, C. Claramunt, F. Gourmelon, A modelling framework for the study of Spatial Data Infrastructures applied to coastal management and planning, *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 31 **(2016)** 1–17.
- [30] European Commission, About INSPIRE, (2021). <https://inspire.ec.europa.eu/about-inspire/563> (Erişim Tarihi: **15 Ağustos 2021**).
- [31] M. Vanderhaegen, E. Muro, Contribution of a European Spatial Data Infrastructure to the Effectiveness of EIA and SEA Studies, *Environ. Impact Assess. Rev.* 25 **(2005)** 123–142.
- [32] European Commission, INSPIRE Extensions, **(2020)**.
- [33] M. Swan, Sensor Mania! The Internet of Things, Wearable Computing, Objective Metrics, and the Quantified Self 2.0, *J. Sens. Actuator Netw.* 1 **(2012)** 217–253.
- [34] Techcrunch, Eric Schmidt: Every 2 Days We Create As Much Information As We Did Up To 2023, (2010). <https://techcrunch.com/2010/08/04/schmidt-data/?guccounter=1> (Erişim Tarihi: **23 Kasım 2021**).
- [35] ESRI, Reveal More Value in Your Data with Location Analytics, (2012). <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecore-archive/Files/Pdfs/library/whitepapers/pdfs/reveal-more-value.pdf> (Erişim Tarihi: **23 Kasım 2021**).
- [36] M. Scholten, R. Klamma, C. Kiehle, Evaluating Performance in Spatial Data Infrastructures for Geoprocessing, *IEEE Internet Comput.* 10 **(2006)** 34–41.
- [37] A.K. Tripathi, S. Agrawal, R.D. Gupta, Cloud enabled SDI architecture: a review, *Earth Sci. Inform.* 13 **(2020)** 211–231.
- [38] J. Georis-Creuseveau, C. Claramunt, F. Gourmelon, A modelling framework for the study of Spatial Data Infrastructures applied to coastal management and planning, *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 31 **(2016)** 1–17.
- [39] K. Kelm, R. Tonchovska, W. Volkmann, Drones for Peace: Part II Fast and Inexpensive Spatial Data Capture for Multi Purpose Use, in: **2014**.
- [40] L.F. Alvarez León, A blueprint for market construction? Spatial data infrastructure(s), interoperability, and the EU Digital Single Market, *Geoforum.* 92 **(2018)** 45–57.
- [41] A.C. Aydinoglu, Modelling, encoding and transforming of open geographic data to examine interoperability between GIS applications, *Geocarto Int.* 31 **(2016)** 446–461.
- [42] A.Ç. Aydınoğlu, T. Yomralıoğlu, Coğrafi/Konumsal Veri Altyapısına İlişkin Uluslararası Girişimler, *Harita Derg.* **(2007)**.

- [43] I. Williamson, SDIs-Setting the Scene, in: **2003**.
- [44] International Hydrographic Organization, Spatial Data Infrastructures “The Marine Dimension,” **(2017)**.
- [45] I.P. Williamson, A. Rajabifard, M.-E.F. Feeney, Developing spatial data infrastructures : from concept to reality, in: Taylor & Francis, London ;, **2003**.
- [46] A. Kotsev, K. Schleidt, S. Liang, H. Van der Schaaf, T. Khalafbeigi, S. Grellet, M. Lutz, S. Jirka, M. Beaufiles, Extending INSPIRE to the Internet of Things through SensorThings API, Geosciences. 8 **(2018)**.
- [47] National Academies Press, Toward a Coordinated Spatial Data Infrastructure, Washington, **1993**.
- [48] A. Kotsev, M. Minghini, R. Tomas, V. Cetl, M. Lutz, From Spatial Data Infrastructures to Data Spaces—A Technological Perspective on the Evolution of European SDIs, ISPRS Int. J. Geo-Inf. 9 **(2020)**.
- [49] L. McKee, Building the GSDI, in: **1996**.
- [50] L. Pashova, T. Bandrova, A brief overview of current status of European spatial data infrastructures – relevant developments and perspectives for Bulgaria, Geo-Spat. Inf. Sci. 20 **(2017)**.
- [51] I. Masser, J. Crompvoets, Qualitative monitoring of information infrastructures: A case study of INSPIRE, Environ. Plan. B Plan. Des. 45 **(2016)**.
- [52] ANZLIC, ANZLIC Council, (2021). <https://www.anzlic.gov.au/anzlic-council> (Erişim Tarihi: **23 Kasım 2021**).
- [53] ICSM, Australian Spatial Data Infrastructure, (2021). <https://www.icsm.gov.au/australian-spatial-data-infrastructure-asdi> (Erişim Tarihi: **23 Kasım 2021**).
- [54] H. Jiang, J. van Genderen, P. Mazzetti, H. Koo, M. Chen, Current status and future directions of geoportals, Int. J. Digit. Earth. 13 **(2020)** 1093–1114.
- [55] Coalition of Geospatial Organizations, Report Card on The U.S. National Spatial Data Infrastructure, **(2018)**.
- [56] Federal Geographic Data Committee, Advancement of The National Spatial Data Infrastructure, **(2021)**.
- [57] D. Coleman, Collaborative Approaches to Building a Canadian Spatial Data Infrastructure, **(2000)**.
- [58] Natural Resources Canada, Canadian Geospatial Data Infrastructure Vision, Mission and Roadmap - The Way Forward, **(2012)**.

- https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/rncan-nrcan/M104-8-2012-eng.pdf (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).
- [59] S. Schade, C. Granell, G. Vancauwenberghe, C. Keşler, D. Vandenbroucke, I. Masser, M. Gould, Geospatial Information Infrastructures, in: **2020**.
- [60] European Commission, INSPIRE Direktifi, (2007). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&from=EN> (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).
- [61] L. Grus, S. Wijngaarden, A. Bregt, W. Castelein, Implementing INSPIRE in the Netherlands, Ann. Geomat. 7 2009 434. (**2009**).
- [62] I. Masser, All shapes and sizes: The first generation of national spatial data infrastructures, Int. J. Geogr. Inf. Sci. 13 (**1999**) 67–84.
- [63] VROM, GIDEON - Key geo-information facility for the Netherlands, (2008). https://www.geonovum.nl/uploads/documents/GIDEON2008-2011_Engels.pdf (Erişim Tarihi: **11 Aralık 2021**).
- [64] D. Vandenbroucke, D. Biliouris, Spatial Data Infrastructures in The Netherlands: State of play 2011, (2010). <https://inspire.ec.europa.eu/reports/stateofplay2011/rcr11NLv123.pdf> (Erişim Tarihi: **11 Aralık 2021**).
- [65] PDOK, PDOK Viewer, (2021). <https://www.pdok.nl/viewer/> (Erişim Tarihi: **11 Aralık 2021**).
- [66] V. Cetl, K. Tóth, P. Smits, Development of NSDIs in western balkan countries in accordance with INSPIRE, Surv. Rev. 46 (**2014**) 316–321.
- [67] Resmi Gazete, e-Donüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planı (2003-2004), (2003). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/12/20031204.htm#3> (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).
- [68] Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulabilmesi İçin Ön Çalışma Raporu - Eylem 47, 2005. http://www.bilgitoplumu.gov.tr/wp-content/uploads/2015/02/050100_Eylem47.pdf (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).
- [69] Resmi Gazete, e-Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 Yılı Eylem Planı, (2005). <https://www.resmigazete.gov.tr/Eskiler/2005/04/20050401-12-1.htm> (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).
- [70] Resmi Gazete, 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararname, 2011. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/07/20110704M1-1.htm> (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).

- [71] B. Anbaroğlu, N. GÜLLÜOĞLU, G. BİLGİN, A. AYDINOĞLU, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Ulaşım Veri Temasının Katılımcı Coğrafi Bilgi Yaklaşımıyla Güncellenmesi, Geomatik. **(2021)**.
- [72] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Veri Temaları Hakkında, (2021). <https://cbs.csb.gov.tr/cografi-veri-temalari-hakkinda-i-86103> (Erişim Tarihi: **24 Kasım 2021**).
- [73] J. Rumbaugh, I. Jacobson, G. Booch, Unified Modeling Language Reference Manual, The (2nd Edition), **(2004)**.
- [74] ISO, ISO/IEC 19501:2005 Information technology — Open Distributed Processing — Unified Modeling Language (UML) Version 1.4.2, (2005). <https://www.iso.org/standard/32620.html> (Erişim Tarihi: **25 Kasım 2021**).
- [75] K. Scott, The Unified Process Explained, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., USA, **2002**.
- [76] A.K. Cooper, H. Moellering, J. Hjelmager, P. Rapant, T. Delgado, D. Laurent, S. Coetzee, D.M. Danko, U. Düren, A. Iwaniak, J. Brodeur, P. Abad, M. Huet, A. Rajabifard, A spatial data infrastructure model from the computational viewpoint, Int. J. Geogr. Inf. Sci. 27 **(2013)** 1133–1151.
- [77] European Commission, INSPIRE data models, (2021). <https://inspire.ec.europa.eu/Data-Models/Data-Specifications/2892> (Erişim Tarihi: **25 Kasım 2021**).
- [78] J. Osis, U. Donins, Topological UML Modeling: An Improved Approach for Domain Modeling and Software Development, **2017**.
- [79] A. Rhem, UML For Developing Knowledge Management Systems, Auerbach Publications, New York, **2006**.
- [80] European Commission, Data Specification on Transport Networks – Technical Guidelines, (2014). <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/tn> (Erişim Tarihi: **16 Ekim 2021**).
- [81] European Commission, Data Specification on Buildings – Technical Guidelines, (2013). <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/bu> (Erişim Tarihi: **26 Aralık 2021**).
- [82] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Standartlarının Belirlenmesi Pprojesi: TUCBS Kavramsal Model Bileşenleri, (2012). <https://webdosya.csb.gov.tr/csb/dokumanlar/cbs0008.pdf> (Erişim Tarihi: **27 Kasım 2021**).
- [83] European Commission, Data Specification on Addresses – Technical Guidelines, (2014). <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/ad> (Erişim Tarihi: **26 Aralık 2021**).

- [84] R. Pooley, P. Wilcox, Applying UML: Advanced Applications, **2003**.
- [85] A.Ç. Aydınoğlu, E. Tın, O. Lenk, S. Çobanoğlu, A. Toksoy, M. Güney, A. Kara, R. Bovkır, Avrupa Coğrafi Bilgi Altyapısı - INSPIRE, (2018). https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/inspire-booklet_v2-20180626135558.pdf (Erişim Tarihi: **27 Aralık 2021**).
- [86] European Commission, European Environment Agency, Mid-term evaluation report on INSPIRE implementation, 2014. <https://www.eea.europa.eu/publications/midterm-evaluation-report-on-inspire-implementation> (Erişim Tarihi: **15 Ağustos 2021**).
- [87] European Commission, INSPIRE Principles, (2021). <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-principles/9> (Erişim Tarihi: **29 Kasım 2021**).
- [88] European Commission, INSPIRE Roadmap, (2021). <https://inspire.ec.europa.eu/inspire-roadmap/61>.
- [89] M. Feeney, A. Rajabifard, I. Williamson, T. Chan, The Dynamic Nature of Spatial Data Infrastructures: A Method of Descriptive Classification, (2003).
- [90] T. Řezník, K. Charvat, V. Lukas, K. Jr, S. Horakova, M. Kepka, Open Data Model for (Precision) Agriculture Applications and Agricultural Pollution Monitoring, **2015**.
- [91] H. Eriksson, L. Harrie, J. Paasch, A. Persson, Techniques for and consequences of using INSPIRE extensions: a case study with Swedish hydrological data, Int. J. Spat. Data Infrastruct. Res. **13 (2018)**.
- [92] M.C. Iban, O. Aksu, A model for big spatial rural data infrastructure in Turkey: Sensor-driven and integrative approach, Land Use Policy. **91 (2020)**.
- [93] C. Fernández-Freire, I. Del Bosque González, J. Vicent, E. Pérez Asensio, A. Fraguas-Bravo, A. González, P. Fábrega-Álvarez, C. Parcero-Oubiña, A Cultural Heritage Application Schema: Achieving Interoperability of Cultural Heritage Data in INSPIRE, Int. J. Spat. Data Infrastructures Res. IJSDIR **(2013)** 74–97.
- [94] F. Hedefalk, A. Östman, Making Swedish environmental geodata INSPIRE compliant: A harmonization case study, Mapp. Image Sci. **(2011)** 30–37.
- [95] European Commission, INSPIRE Extensions, (2021). <https://inspire.ec.europa.eu/portfolio/inspire-extensions> (Erişim Tarihi: **15 Ağustos 2021**).
- [96] INSPIRE Drafting Team Data Specifications, INSPIRE Generic Conceptual Model, (2014). <https://inspire.ec.europa.eu/documents/inspire-generic-conceptual-model> (Erişim Tarihi: **30 Kasım 2021**).

- [97] A.C. Watts, V.G. Ambrosia, E.A. Hinkley, Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use, *Remote Sens.* 4 (2012).
- [98] U. Volovelsky, Civilian uses of unmanned aerial vehicles and the threat to the right to privacy – An Israeli case study, *Comput. Law Secur. Rev.* 30 (2014) 306–320.
- [99] N. Coops, T. Goodbody, L. Cao, Four steps to extend drone use in research, *Nature.* 572 (2019) 433–435.
- [100] S. Murai, Man who landed drone on roof of Japanese prime minister's office gets suspended sentence, *Jpn. Times.* (2016). <https://www.japantimes.co.jp/news/2016/02/16/national/crime-legal/man-landed-drone-roof-japanese-prime-ministers-office-gets-suspended-sentence/> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [101] RT, Japan's lower house passes law restricting use of drones, (2015). <https://www.rt.com/news/272731-japan-law-drones-ban/> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [102] Z. Barlow, H. Jashami, A. Sova, D.S. Hurwitz, M.J. Olsen, Policy processes and recommendations for Unmanned Aerial System operations near roadways based on visual attention of drivers, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 108 (2019) 207–222.
- [103] European Parliament, Single European Sky, (2021). <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/133/air-transport-single-european-sky> (Erişim Tarihi: **1 Kasım 2021**).
- [104] European Commission, Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on the Rules and Procedures for the Operation of Unmanned Aircraft, 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=EN> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [105] European Commission, Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the Rules and Procedures for the Operation of Unmanned Aircraft, 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [106] European Commission, Commission Implementing Regulation (EU) 2020/639 of 12 May 2020 Amending Implementing Regulation (EU) 2019/947 as Regards Standard Scenarios for Operations Executed in or beyond the Visual Line of Sight, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0639&from=EN> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).

- [107] European Union Aviation Safety Agency, Certified Category - Civil Drones, (2021). <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas/certified-category-civil-drones> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [108] FAA Modernization and Reform Act, 2012. <https://www.congress.gov/bill/112th-congress/house-bill/658/text> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [109] FAA, Small Unmanned Aircraft Systems Regulations (Part 107), 2016. <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?node=pt14.2.107&rgn=div5> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [110] FAA, Airspace Restrictions, (2020). https://www.faa.gov/uas/recreational_fliers/where_can_i_fly/airspace_restrictions/ (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [111] A. Raj, B. Sah, Analyzing critical success factors for implementation of drone in logistics sector using Grey- DEMATEL based approach, Comput. Ind. Eng. 138 (2019).
- [112] J. Park, S. Kim, K. Suh, A Comparative Analysis of the Environmental Benefits of Drone-Based Delivery Services in Urban and Rural Areas, Sustainability. 10 (2018).
- [113] N. Agatz, P. Bouman, M. Schmidt, Optimization Approaches for the Traveling Salesman Problem with Drone, SSRN Electron. J. (2015).
- [114] Sivil Havacılık Genel M¼d¼rl¼ğ¼, Acıbadem Sağlık Grubu tarafından İHA ile hafif ilaç taşıması test uçuşları gerekleştirilebilmesi için NOTAM yayınlandı., (2021). <http://web.shgm.gov.tr/tr/genel-duyurular/6573-acibadem-saglik-grubu-tarafindan-ih-ile-hafif-ilac-tasimasi-test-ucuslari-gerceklestirilebilmesi-icin-notam-yayinlandi> (Erişim Tarihi: **4 Aralık 2021**).
- [115] Amazon Prime Air, (2021). <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [116] A. Welch, A cost-benefit analysis of Amazon Prime Air, Honors Theses, 2015.
- [117] M. McNabb, JD, China's E-Commerce Giant, Making Deliveries to Remote Areas by Drone Available, (2019). <https://dronelife.com/2019/01/16/jd-chinas-e-commerce-giant-making-deliveries-to-remote-areas-by-drone/> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [118] Wing, Delivering to customers on three continents, (2021). <https://wing.com/> (Erişim Tarihi: **4 Aralık 2021**).
- [119] Deutsche Post DHL Group, DHL launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service, (2019).
- [120] DHL Customer Solutions & Innovation, Unmanned Aerial Vehicles in Logistics, 2014.

- [121] G. Zenezini, A. Lagorio, R. Pinto, A.D. Marco, R. Golini, The Collection-And-Delivery Points Implementation Process from the Courier, Express and Parcel Operator's Perspective, 16th IFAC Symp. Inf. Control Probl. Manuf. INCOM 2018. 51 **(2018)** 594–599.
- [122] L. Song, T. Cherrett, F. McLeod, W. Guan, Addressing the Last Mile Problem: Transport Impacts of Collection and Delivery Points, Transp. Res. Rec. 2097 **(2009)** 9–18.
- [123] R.L. Finn, D. Wright, Privacy, data protection and ethics for civil drone practice: A survey of industry, regulators and civil society organisations, Comput. Law Secur. Rev. 32 **(2016)** 577–586.
- [124] Nathaniel J. Turner, A Look at the Privacy Policies For the FAA's Six Drone Test Sites, (n.d.). <https://www.aclu.org/blog/free-future/look-privacy-policies-faas-six-drone-test-sites> (Erişim Tarihi: **21 Haziran 2021**).
- [125] V. Chang, P. Chundury, M. Chetty, Spiders in the Sky: User Perceptions of Drones, Privacy, and Security, **2017**.
- [126] J. Nelson, T. Gorichanaz, Trust as an ethical value in emerging technology governance: The case of drone regulation, Technol. Soc. 59 **(2019)** 101131.
- [127] B. Rao, A.G. Gopi, R. Maione, The societal impact of commercial drones, Technol. Soc. 45 **(2016)** 83–90.
- [128] C. Lin, D. He, N. Kumar, K. R. Choo, A. Vinel, X. Huang, Security and Privacy for the Internet of Drones: Challenges and Solutions, IEEE Commun. Mag. 56 **(2018)** 64–69.
- [129] R. Clarke, The regulation of civilian drones' impacts on behavioural privacy, Comput. Law Secur. Rev. 30 **(2014)** 286–305.
- [130] F. Furini, C.A. Persiani, P. Toth, The Time Dependent Traveling Salesman Planning Problem in Controlled Airspace, Transp. Res. Part B Methodol. 90 **(2016)** 38–55.
- [131] EASA, Drone Incident Management at Aerodromes, **(2021)**.
- [132] UK Civil Aviation Authority, Establishment and Dimensions of ATZ, (2019). <https://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?catid=1&pagetype=65&appid=11&mode=detail&id=9329> (Erişim Tarihi: **16 Ekim 2021**).
- [133] Skybrary, Control Zone, (2020). https://www.skybrary.aero/index.php/Control_Zone (Erişim Tarihi: **16 Ekim 2021**).
- [134] ICAO, Annex 2 to the Convention on International Civil Aviation - Rules of the Air, **(2005)**.

- [135] ICAO, ICAO Flight Vector Apps, (2021). <https://gis.icao.int/ICAOAVIATION> (Erişim Tarihi: **16 Ekim 2021**).
- [136] FAA, Special Use Airspace, (2021). <https://sua.faa.gov/sua/siteFrame.app> (Erişim Tarihi: **21 Eylöl 2021**).
- [137] FAA, Temporary Flight Restrictions, (2021). <https://tfr.faa.gov/tfr2/list.jsp> (Erişim Tarihi: **4 Kasım 2021**).
- [138] Queensland Government, Drone Safety, (**2021**). <https://parks.des.qld.gov.au/before-you-visit/visit-with-care/drone-safety>.
- [139] D. Hambling, Dozens More Mystery Drone Incursions Over U.S. Nuclear Power Plants Revealed, (2020). <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/09/07/dozens-more-drone-incursions-over-us-nuclear-power-plants-revealed/?sh=23c438eb6296> (Erişim Tarihi: **14 Aralık 2021**).
- [140] B. Schäffer, R. Pieren, K. Heutschi, J.M. Wunderli, S. Becker, Drone Noise Emission Characteristics and Noise Effects on Humans—A Systematic Review, *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 18 (**2021**).
- [141] Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications, Report on the Review of the Air Navigation (Aircraft Noise) Regulations 2018 – Remotely Piloted Aircraft & Specialised Aircraft, (**2020**). https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/migrated/aviation/environmental/aircraft-noise/files/report_on_review_of_air_navigation-aircraft_noise-regulations2018-v2.pdf.
- [142] Exception for Limited Recreational Operations of Unmanned Aircraft, **2019**. <https://uscode.house.gov/view.xhtml?req=granuleid:USC-prelim-title49-section44809&num=0&edition=prelim>.
- [143] C. Thiels, J. Aho, S. Zietlow, D. Jenkins, Use of Unmanned Aerial Vehicles for Medical Product Transport, *Air Med. J.* 34 (**2015**).
- [144] A. Lockhart, A. While, S. Marvin, M. Kovacic, N. Odendaal, C. Alexander, Making space for drones: The contested reregulation of airspace in Tanzania and Rwanda, *Trans. Inst. Br. Geogr.* (**2021**).
- [145] LVNL, Navigation Warnings, (2021). <https://www.lvnl.nl/eaip/2019-08-01-AIRAC/html/eAIP/EH-ENR-5.1-en-GB.html#enr-5.1.6-EHR4> (Erişim Tarihi: **5 Kasım 2021**).
- [146] Skybrary, Danger Area, (2017). https://www.skybrary.aero/index.php/Danger_Area (Erişim Tarihi: **5 Kasım 2021**).

- [147] Civil Aviation Safety Authority, Prohibited, restricted and danger areas, (2021). <https://vfrg.casa.gov.au/general/rules-of-the-air/prohibited-restricted-and-danger-areas/> (Erişim Tarihi: **5 Kasım 2021**).
- [148] FAA, No Drone Zone, (2021). https://www.faa.gov/uas/resources/community_engagement/no_drone_zone/ (Erişim Tarihi: **15 Aralık 2021**).
- [149] S.J. Undertaking, European drones outlook study - Unlocking the value for Europe, in: **2016**.
- [150] R. Merkert, M.J. Beck, J. Bushell, Will It Fly? Adoption of the road pricing framework to manage drone use of airspace, Transp. Res. Part Policy Pract. 150 (**2021**) 156–170.



EKLER

EK 1 – UAT ve OUE UML Diyagramları XML Kodları

Genişletme alışması sonucunda elde edilmiş olan UAT ve OUE'nin UML diyagramlarına ilişkin XML dosyaları <https://github.com/gokhan-bilgin/INSPIREextension> linkinden paylaşılmaktadır.

INSPIRE temalarının birbirleri arasındaki ve GKM ile ilişkileri değerlendirildiğinde; yukarıda paylaşılan UML diyagramlarının UAT'nin diğer alt temalarıyla ve GKM içerisinde tanımlanan nesnelerle ilişkilerinin doğru bir şekilde tanımlanabilmesi için, <https://inspire.ec.europa.eu/portfolio/data-models> adresinde yayınlanan INSPIRE veri modellerinin indirilmesi, sonrasında model içerisinde UAT ve OUE'ye ilişkin mevcut yapıların, genişletme çalışması sonucunda üretilmiş olan UML yapılarıyla değiştirilmesi gerekmektedir.

Bu şekilde kullanılmaması durumunda genişletme çalışması sonucunda üretilmiş olan ve yukarıda paylaşılan UML diyagramlarının INSPIRE'in diğer temalarıyla, UAT içerisindeki alt temalarla ve GKM kapsamında tanımlanmış nesnelerle olan ilişkileri tanımlanamayacaktır.