

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE İÇİN DÖRT BOYUTLU KADASTRAL VERİ
MODELİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Hicret GÜRSOY SÜRMENELİ

DOKTORA TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Programı

Danışman

Prof. Dr. Mehmet ALKAN

Temmuz, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE İÇİN DÖRT BOYUTLU KADASTRAL VERİ
MODELİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI**

Hicret GÜRSOY SÜRMENELİ tarafından hazırlanan tez çalışması 05.07.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet ALKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mehmet ALKAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hülya DEMİR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU, Üye
Gebze Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa YANALAK, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Taylan ÖCALAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Mehmet ALKAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Türkiye için Dört Boyutlu Kadastral Veri Modelinin Tasarımı ve Uygulaması, başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Hicret GÜRSOY SÜRMENELİ

İmza



Bu alışma, TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı ile desteklenmiştir.

*Hayatımızdan zamansız bir vakitte ayrılan rahmetli kardeşim Cihat GÜRSOY'a
ithaf ediyor ve minnettarlığımı sunuyorum.*

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmasını bünyesinde hazırlamaktan çok gurur duyduğum Yıldız Teknik Üniversitesi'ne, yurtdışında araştırma yapmam için destekleyen TÜBİTAK'a ve misafir araştırmacı olarak ağırlayan Twente Üniversitesi'ne teşekkürü borç bilirim.

Öncelikle doktora çalışmam süresince hem akademik hayatıma yapmış olduğu değerli katkıları hem de özel hayatımda bir abi olarak yardımlarını esirgemeyen değerli danışmanın Prof. Dr. Mehmet ALKAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Değerli zamanlarını ayırarak tezi değerlendiren, tez izleme ve savunma jürimde tezime katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Hülya DEMİR'e, Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU'na, Prof. Dr. Mustafa YANALAK'a ve Doç. Dr. Taylan ÖCALAN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Yurtdışında araştırmacı olduğum ve daha sonrasında da çalışmalarına katkı sağlayan Prof. Dr. Jaap ZEVENBERGEN'e, Prof. Dr. Christiaan LEMMEN'e, Prof. Dr. Alias Abdul RAHMAN ve Dr. Mila KOEVA'ya teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın temellerinin atıldığı Arsin İlkokulu'ndaki değerli öğretmenlerime; daha sonra eğitim hayatımın ve hayata karşı bakış açımın şekillenmesine en büyük katkıyı sağlayan Arsin Lisesi'ndeki kıymetli öğretmenlerime ve meslek hayatıma adım attığım Karedeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği bölümünde görev yapan değerli hocalarım, tüm çalışanları ve kıymetli dönem arkadaşlarıma en içten duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Lisansüstü eğitimim boyunca birçok güzel anıyı beraber paylaştığımız değerli arkadaşlarım Doç. Dr. Zeynel Abidin POLAT, Dr. Seda ÖZARPACI, Dr. Hüseyin DUMAN, Dr. Muharrem Hilmi ERKOÇ'a, YTÜ Harita Mühendisliği bölümünde görev yapan tüm hocalarıma ve mesai arkadaşlarıma, bölümümüzün güler yüzlü ve değerli çalışanlarına teşekkür ederim.

Eğitime verdikleri değerden ötürü bugünlere gelmemde büyük fedak rlıkları olan babam Yusuf GÜRSOY ve annem   kriye GÜRSOY'a; aldığım her kararı destekleyen kardeşim Alperen GÜRSOY ve her daim anılarımda yaşayan rahmetli kardeşim Cihat GÜRSOY'a minnet ve şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Son olarak lisansüstü eğitimim boyunca sabrını ve desteğini esirgemeyen, doktora çalışmama önemli katkılarda bulunan eşim Mustafa Kemal S RMENEL  ve yaşına göre büyük bir anlayış gösteren canım kızım Ravza Elçin S RMENEL 'ye en kalbi duygularımla teşekkür ederim.

Hicret GÜRSOY S RMENEL 

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	x
KISALTMA LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
TABLO LİSTESİ	xvi
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.1.1 Arazi Bilgi Yönetimi (Land Administration).....	7
1.1.2 3B Kadastro	8
1.2 Tezin Amacı	10
1.3 Hipotez.....	12
2 3B ARAZİ BİLGİ MODELLERİ	14
2.1 ISO.....	15
2.2 Open Geospatial Consortium (OGC)	15
2.3 Avrupa Birliği Konumsal Veri Alt Yapısı (INSPIRE)	16
2.4 Standart Bilgi Modelleri	16
2.4.1 Temel Kadastro Veri Modeli	43
2.4.2 FGDC Standart Referans Modeli	45
2.4.3 ArcGIS Parsel Veri Modeli.....	48
2.4.4 Yasal Mülkiyet Nesnesi Modeli	43
2.4.5 e-Plan Veri Modeli	45
2.4.6 Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Kadastro Veri Teması.....	48
2.4.7 3B Kadastral Veri Modeli	43
2.4.8 Arazi Bilgi Yönetimi Modeli (Land Administration Domain Model – LADM)	45
2.4.9 Standart Bilgi Modellerinin Değerlendirilmesi	48
2.5 Fiziksel Veri Modelleri.....	37
2.5.1 OGC LandInfra/InfraGML.....	43
2.5.2 OGC CityGML.....	45
2.5.3 ISO 167139:2013 IFC/BIM.....	48

2.5.4	IndoorGML	43
2.6	LADM Tabanlı Geliştirilmiş Seçilen Ülke Profillerinin İncelenmesi	42
2.6.1	Malezya	43
2.6.2	Polonya	45
2.6.3	İsrail	48
2.6.4	Hırvatistan.....	50
2.7	Geliştirilen Entegre Veri Modelleri	53
2.7.1	LADM – CityGML Entegre Veri Modeli.....	53
2.7.2	LADM – IFC Entegrasyonu	54
2.7.3	LADM – IndoorGML Entegrasyonu	56
2.7.4	LADM – InfraGML Entegrasyonu	56
3	TÜRK KADASTRAL SİSTEMİ İÇİN 4B KADASTRAL VERİ MODELİ ÖNERİSİ	58
3.1	Metodoloji.....	58
3.2	Gereksinim Analizi	61
3.2.1	Paydaş Bilgileri.....	61
3.2.2	Mülkiyet Hakkı ve Kısıtlılıkları	83
3.2.3	Kadastrada Tescile Konu Olan İşlemler	86
3.2.4	Kadastrada Tescile Konu Olan Kadastral Nesneler	77
3.2.5	Geometri ve Dokümanlar.....	97
3.3	LADM Tabanlı Kadastral Veri Modelinin Geliştirilmesi İçin Mantıksal Veri Modelinin Geliştirilmesi	79
3.3.1	Zaman Verisinin Temsili	86
3.4	Kavramsal Veri Modelinin Oluşturulması	90
3.4.1	Kişi Paketi (TR_Party).....	90
3.4.2	İdari Birim Paketi (TR_Administrative).....	92
3.4.3	Konumsal Birim Paketi (TR_SpatialUnit).....	119
3.4.4	Ölçüm ve Temsil Paketi (TR_RepresentationAndMeasurement).103	
3.5	LADM-CityGML Veri Modellerinin Entegrasyonu	105
3.5.1	CityGML yapısı	105
3.5.2	4B Kadastral Veri Modeli İçin Yeni Bir 4B ADE Oluşturulması ...	107
3.5.3	Geliştirilen 4B ADE ile TKGM CityGML Veri Formatının Değerlendirmesi.....	113
4	4B KADASTRAL VERİ MODELİNİN TEST EDİLEBİLMESİ İÇİN VERİTABANI TASARIMI	115

4.1 Modelin Test Edilebilmesi İçin Sorgulama Senaryolarının Oluşturulması	116
4.2 Açık Kaynaklı 4B Veritabanı Tasarımın Gerçekleştirimi	116
4.3 4B Veritabanına Veri Eklenmesi ve Sorgulanması	118
4.4 Veritabanının Servis Edilmesi ve 3B Görselleştirilmesi	125
4.4.1 Web Detay Servisinin (Web Feature Servise) Oluşturulması.....	126
4.4.2 Görselleştirme İşlemi İçin Cesium Virtual Globe platformunun Oluşturulması	131
4.5 Örnek Sorgulamaların Gerçekleştirimi	135
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	145
KAYNAKÇA	152
A 4B KADASTRAL YASAL VERİ MODELİ İÇİN LADM TABANLI OLUŞTURULAN VERİLER VE VERİ TİPLERİ	164
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	207

SİMGE LİSTESİ

$t_{\min}$	Kayıt Tarihi
O	Owner (Malik)
p	Parcel (parsel)
$t_{\max}$	Terkin Tarihi
t	Zaman



KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ADE	Uygulama Alan Uzantısı (Application Domain Extension)
AEC	Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (Architecture, Engineering & Construction)
BAG	Temel Adres ve Bina Sicili (Basic Registration Addresses and Buildings)
BIM	Bina Bilgi Modelleri (Building Information Model)
BRK	Dijital Kadastro Haritası (Digital Cadastre Map)
BRT	Temel Kayıt Topoğrafyası (Basic Recording Topography)
BGT	Temel Kayıt Büyük Ölçekli Topoğrafya (Basic Record Large-Scale Topography)
BRK	İdari Sınırlar (Administrative Boundaries)
CP	Onaylı Planlar (Certificated Plans)
DDGLM	Malezya Arazi ve Maden Genel Müdürü Dairesi (Department of the General Manager of Land and Mining)
DSMM	Malezya Etüd ve Haritalama Dairesi (Malaysian Survey and Mapping Department)
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
FIG	Uluslararası Ölçmeciler Birliği (International Federation of Surveyors)
FM	Tesis Yönetimi (Facility Management)
GML	Coğrafi İşaretleme Dili (Geography Markup Language)
HDM	Uyumlaştırılmış Veri Modeli (Harmonised Data Model)
HKS	Hak, Kısıtlılık, Sorumluluk
IFC	Endüstri Temelli Sınıflar (Industry Foundation Classes)
INSPIRE	Avrupa Konumsal Veri Altyapısı (Infrastructure for spatial information in Europe)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
ICSM	Hükümetler arası Yer Ölçümü ve Harita Oluşturma Komitesi (Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping)
KVA	Konumsal Veri Altyapısı
LADM	Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli (Land Administration Domain Model)

LandInfra	Arazi ve Altyapı Kavramsal Model Standardı (Land and Infrastructure Conceptual Model Standard)
LAS	Arazi Bilgi Yönetim Sistemleri (Land Administration System)
LIS	Arazi Bilgi Sistemi (Land Information System)
LoD	Ayrıntı Düzeyi (Level of Detail)
MLSM	Çok Katmanlı Uzay Modeli (Multi-Layered Space Model)
NLIS	Ulusal Arazi Bilgi Sistemi (National Land Information System)
OGS	Açık Coğrafi Konsorsiyum (Open Geospatial Consortium)
RRR	Right, Restriction, Responsibility
SGA	Malezya Devlet Jeodezi İdaresi (Malaysian State Geodesy Administration)
SP	Standartlar Programı (Standards Program)
SSM	Yapılandırılmış Uzay Modeli (Structured Space Model)
SQL	Yapılandırılmış Sorgu Dili (Structured Query Language)
SLD	Stilli Katman Tanımlayıcı (Styled Layer Descriptor)
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
TOP10NL	Nesne Yönelimli Topoğrafik Veritabanı
UN-HABITAT	Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı (United Nations Human Settlements Programme)
UML	Birleşik Modelleme Dili (Unified Modeling Language)
WMS	Web Harita Servisi (Web Map Service)
WFS	Web Detay Servisi (Web Detail Service)
WCS	Web Raster Servisi (Web Raster Service)
WMTS	Web Harita Döşeme Servisi (Web Map Tiles Service)
WPS	Web İşlem Servisi (Web Processing Service)
XML	Genişletilebilir İşaretleme Dili (Extensible Markup Language)
2B	2 Boyut
3B	3 Boyut
4B	4 Boyut
3DCDM	3B Kadastral Veri Modeli (3D Cadastral Data Model)
3DCityDB	3B Şehir Veritabanı (3D City Database)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	FGDC Standart Referans Modeli varlık ilişki diyagramı genel görünümü [74].....	19
Şekil 2.2	ArcGIS Parsel Veri Model'inin temel nesneleri ve ilişkilerinin temsili [69].....	20
Şekil 2.3	Yasal Mülkiyet Nesnesi modeli temel sınıfların temsili [21].....	21
Şekil 2.4	e-Plan modelindeki paketlerin temsili [23].....	22
Şekil 2.5	TUCBS Tapu-Kadastro veri teması temel işleyişi [75].....	23
Şekil 2.6	3B Kadastral veri modeline ait genel kavramsal veri modeli [19]...	25
Şekil 2.7	ISO 19152 LADM standardının ana sınıfları [70].....	26
Şekil 2.8	LADM Version Objects sınıfının diğer LADM sınıfları ile ilişkisi [70].....	27
Şekil 2.9	ISO 19152 LADM standardında tanımlanan temel sınıflar ve sınıflar arası ilişkiler [61].....	29
Şekil 2.10	OGC LandInfra/InfraGML standardının arazi bölümü paketinin temsili [82].....	37
Şekil 2.11	CityGML 2.0'da yer alan modüller ve aralarındaki ilişkilerin UML temsili [84].....	39
Şekil 2.12	IFC Bina modeli [88].....	40
Şekil 2.13	Malezya kadastral sisteminin LADM ile temsil edilmesinin genel görünümü [95].....	44
Şekil 2.14	Polonya kadastral sisteminin 3B LADM ülke profiline ait konumsal birim paketi [102].....	47
Şekil 2.15	İsrail kadastral sistemine ait LADM tabanlı ilk ülke profili genel görünümü [4].....	49
Şekil 2.16	Hırvat kadastrounun 3B kadastroya geçişi için genişletilmiş LADM profili [109].....	51
Şekil 3.1	4B Kadastral veri modelinin gerçekleştirilmesi için yapılacak işlem adımları ve kullanılan yöntemlerin açıklanması.....	58
Şekil 3.2	Geliştirilen LADM bazlı 4B kadastral yasal veri modelinin TUCBS ve INSPIRE veri modelleri ile genel ilişkisi.....	83
Şekil 3.3	LADM temsil edilen zamansal topoloji [70].....	85
Şekil 3.4	Türk kadastro sistemindeki herhangi bir taşınmaza ait işlemlerin zamansal ifadelerinin grafiksel gösterimi.....	87
Şekil 3.5	Bir taşınmaz üzerindeki işlemlerin zamansal olarak izlenmesi.....	88

Şekil 3.6	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Kişi paketinin UML temsili.....	89
Şekil 3.7	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Hak sınıfının UML temsili.....	92
Şekil 3.8	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Kısıtlılık sınıfının UML temsili.....	94
Şekil 3.9	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Sorumluluk sınıfının UML gösterimi.....	95
Şekil 3.10	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Tescil İşlemler sınıfının UML temsili.....	97
Şekil 3.11	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Konumsal Birim sınıfının UML görünümü.....	100
Şekil 3.12	LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Ölçüm ve Temsil alt paketinin UML görünümü.....	102
Şekil 3.13	Bina objesi ve bina objesini oluşturan detay objelerin CityGML 2.0 ile temsil edilmesi [128].....	103
Şekil 3.14	4B ADE kavramsal veri modeli UML gösterimi.....	107
Şekil 3.15	4B ADE kavramsal veri modeli için oluşturulan kod listeleri.....	109
Şekil 4.1	4B ADE Kadastro Veri Modeli oluşturmak ve uygulamak için gerçekleştirilecek işlem adımları iş akışı.....	113
Şekil 4.2	Uygulama alanı (TKGM parsel sorgulama sonuç ekran görüntüsü) [133].....	117
Şekil 4.3	Uygulama alanına ait Google Earth Pro ekran görüntüsü.....	117
Şekil 4.4	Uygulama bölgesinde bulunan sekiz tane yapının QGIS ortamında 2B gösterilmesi.....	118
Şekil 4.5	Veritabanından sorgulama yapılabilmesi için işlem adımlarının gösterilmesi.....	119
Şekil 4.6	Sorgu 1 sonucu oluşan sonuç ekran görüntüsü.....	121
Şekil 4.7	Sorgu 2 sonucu oluşan sonuç ekran görüntüsü.....	123
Şekil 4.8	GeoServer arayüzü.....	125
Şekil 4.9	GeoServer içerisinde katmanların ilişkilendirilmesi için SQL kod yazılması	126
Şekil 4.10	Veritabanından verilerin KML formatında servis edilmesi.....	127
Şekil 4.11	KML formatına dönüştürülen verilerin Google Earth Pro ortamında 3B olarak görüntülenmesi.....	128
Şekil 4.12	Google Eart Pro ortamında 3B temsil edilen bir bağımsız bölüme ait genel bilgilerin görüntülenmesi.....	129
Şekil 4.13	Cesium Ion sistem mimarisi [138].....	130
Şekil 4.14	Cesium platformunda veritabanındaki verilerin 3B gösterilmesi..	131

Şekil 4.15	CesiumJS kütüphanesi kullanılarak geliştirilen sorgulama panelinin gösterilmesi.....	132
Şekil 4.16	2012-2015 yılları arasında ipotekli olan bağımsız bölümlerin sorgulamasına ait sonuç ekran görüntüsü.....	133
Şekil 4.17	1100 ada 2 parsel 3 numaralı bağımsız bölüme ait güncel bilgilerin görüntülenmesi.....	134
Şekil 4.18	Herhangi bir tarihte kullanım türü iş yeri olan hisseli bağımsız bölümlerin sorgulanmasına ait sonuç ekran görüntüsü.....	135
Şekil 4.19	Hisseli bir bağımsız bölüme ait güncel tapu bilgileri.....	136
Şekil 4.20	2012-2015 yılları arasında 37 tane bağımsız bölüm için satış işlemi gerçekleşmiştir.....	137
Şekil 4.21	Herhangi bir maliğe ait toplam sekiz tane bağımsız bölüm görülmektedir.....	138
Şekil 4.22	Bir maliğe ait 1100 ada 2 parsel 19 numaralı bağımsız bölümdeki mülkiyet hakkına dair bilgiler görülmektedir.....	139
Şekil 4.23	Bir binaya ait bağımsız bölümlerin mülkiyet durumlarının gösterilmesi.....	140
Şekil 4.24	Uygulama bölgesine ait bulunan zemin altı otopark alanlarının sorgulanması.....	141
Şekil 4.25	Uygulama bölgesinde kullanım alanı sığınak olan alanların sorgulanmasına ait sonuç ekran görüntüsü.....	142

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Kadastral veri modellerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler ([19]'dan yararlanılarak oluşturulmuştur).....	32
Tablo 2.2	Geliştirilen kadastro modellerinin Tablo 2.1'de belirlenen kriterlere göre karşılaştırılması.....	33
Tablo 3.1	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan işlemlerin sınıflandırılması ([125]'den yararlanılarak oluşturulmuştur).....	74
Tablo 3.2	Türkiye'de mevcut mevzuat açısından kullanılan kavramlar doğrultusunda LADM sınıfları ile önerilen 4B kadastro yasal veri modelinin karşılaştırılması.....	79
Tablo 3.3	Model içerisinde kullanılacak verilerin LADM ve CityGML veri modellerinde temsil edildiği sınıflar gösterilmektedir.....	110

Türkiye İçin Dört Boyutlu Kadastral Veri Modelinin Tasarımı ve Uygulaması

Hicret GÜRSOY SÜRMENELİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALKAN

Modern bir arazi yönetimi sisteminin temelini oluşturan dört temel kavram mevcuttur: Arazi Kullanım Hakkı, Arazi Değeri, Arazi Kullanımı ve Arazi Gelişimi. Karmaşık yapıların artması ve 3B verilerin üretilmesi ile 3B Arazi Yönetim Sistemleri'nin (Land Administration System- LAS) temel taşı olarak kadastro çalışmaları görülmektedir. 3B kadastro, çok katlı yapıların yasal (Hak, Kısıtlamalar ve Sorumluluklar-HKS) ve fiziksel sınırlarının entegre edildiği bir 3B temsiliyete imkân sağlamalıdır. Bu amaç doğrultusunda yapılan tez çalışması, Türk kadastral sistemi için mevcut kadastral sisteminin 4B (3B + t) kadastro kapsamında hem yasal hem de fiziksel verilerin temsil edilebildiği uluslararası düzeyde yeni bir veri modelinin geliştirilmesi ve test edilmesine odaklanmaktadır. Hedeflenen bu amaç doğrultusunda, kamu envanterlerinin modellenmesi için Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) 19152:2012 Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli (LADM) standardı, fiziksel detayların temsil edilebilmesi için Açık Coğrafi Konsorsiyum (OGC) CityGML standardı entegre edilmiştir. Literatürde geliştirilen entegre veri modellerinin çoğu mantıksal ve kavramsal düzeyde tasarlandığından bir sonraki işlem adımı olan fiziksel veri modeli ve uygulaması konusunda

eksiklikler bulunmaktadır. Yapılan tez çalışmasının ana hedefi LADM ve CityGML kullanılarak yeni bir ADE (Application Domain Extension) 4B Kadastro Veri modelinin mantıksal, kavramsal, fiziksel ve 3B temsil edilmesini sağlayarak literatürdeki boşluğun giderilmesidir.

Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında iki ana konu tartışılmıştır. Birincisi, Türkiye'deki hukuki çerçeve ile uyumlu olacak şekilde mevcut kadastral sistemin zaman nitelikleri göz önünde tutularak tescil edilen kadastral nesnelerin 4B (3B + t) kadastro kapsamında uluslararası bir veri modelinin geliştirilmesidir. Modelin geliştirilmesi için mevcut kadastral sistemdeki kadastral nesneler LADM, fiziksel karşılıkları ise CityGML veri modeli kullanılarak yeni bir entegre veri modeli geliştirilmiştir. Sonuç ürün olarak mevcut sistemin temsil edildiği iki veri modeli oluşmuştur. İlk veri modelinde, LADM veri modeli ilave sınıflar ile geliştirilerek mevcut kadastral sisteme uyarlanmıştır. İkincisi, CityGML ADE entegre veri modeli ile mevcut sistem 3B olarak temsil edilebilmiştir. Diğer ana konu ise, geliştirilen modelin açık kaynaklı bir PostgreSQL veritabanında nasıl yönetildiğidir. Ek olarak, 4B kadastro uygulananabilmesi için kadastro nesnelerinin farklı sorgulamalara imkân verecek şekilde açık kaynaklı bir görselleştirme platformu olan CesiumJS'de servis edilmektedir. Böylece geliştirilen kavramsal modelin uygulaması ve görselleştirme işlemi yapılarak modelin çalışabilirliği gösterilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalar ulusal bazda, yürütülen 3B kadastro çalışmalarına veri modeli, veri yönetimi ve görselleştirme işlemleri açısından; uluslararası platformda ise zamansal açıdan sorgulanabilir bir veri modeli ve uygulaması ile literatürdeki uygulama açısından belirsizliklerin giderilmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: 4B (3B + t) kadastro, LADM, CityGML, 3B veritabanı yönetimi, PostgreSQL

Design and Implementation of a Four-Dimensional Cadastral Data Model For Turkey

Hicret GÜRSOY SÜRMENELİ

Department of Geomatic Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ALKAN

Four fundamental concepts form the basis of a modern land management system: Land Tenure, Land Value, Land Use, and Land Development. With the increase in complex structures and the production of 3D data, cadastral studies are seen as the cornerstone of the 3D Land Administration System (LAS). The 3D cadastre should enable a 3D representation in which the legal (Rights, Restrictions and Responsibilities – RRR) and physical boundaries of multi-storey buildings are integrated. For this purpose, the thesis study focuses on developing and testing a new data model for the Turkish cadastral system, in which both legal and physical data can be represented within the scope of the 4D (3D + t) cadastral system of the existing cadastral system. In line with this targeted purpose, the International Organization for Standardization (ISO) 19152:2012 Land Information Management Field Model (LADM) standard for modelling public inventories and the Open Geospatial Consortium (OGC) CityGML standard for representing physical details have been integrated. Since most of the integrated data models developed in the literature are designed at the conceptual level, there are deficiencies in the next process step, the logical data model and its application.

The main goal of the thesis study is to fill the gap in the literature by providing the conceptual, logical, physical and 3D representation of a new ADE (Application Domain Extension) 4D Cadastre Data model using LADM and CityGML.

In this direction, two main issues were discussed within the scope of the thesis study. The first is the development of an international data model within the scope of the 4D (3D + t) cadastre of registered cadastral objects, taking into account the time characteristics of the existing cadastral system, in line with the legal framework in Turkey. For the development of the model, a new integrated data model was developed by using the LADM and CityGML for the legal and physical sides. As a result, two data models were formed, in which the current system was represented. The LADM data model was developed with additional classes and adapted to the existing cadastral system in the first data model. Second, the existing system could be represented in 3D with the CityGML ADE integrated data model. The other main issue is how the developed model is managed in an open-source PostgreSQL database. In addition, it is served in CesiumJS, an open-source visualization platform with different queries of cadastral objects for implementing a 4D cadastre. Thus, the operability of the model was demonstrated by applying and visualizing the conceptual model developed. In addition, the studies are carried out in a national arena, in terms of data model, management and visualization processes for 3D cadastre studies; On the international platform, it contributes to the elimination of uncertainties in terms of application in the literature with a temporally questionable data model and application.

Keywords: 4D (3D + t) cadastre, LADM, CityGML, 3D database management system, PostgreSQL.

Bu tez çalışması, uluslararası standartlar kullanılarak mevcut Türk kadastral sisteminin standartlaşma çalışmalarına altyapı sağlayacak yeni bir model geliştirilmesini ve uygulanabilirliğinin test edilmesini hedeflemektedir. İzleyen alt bölümlerde Arazi Bilgi Yönetim Sistemi ve 3B kadastro çalışmalarına yönelik literatür özeti verilmektedir. Bölüm 1.2'de tezin amacı, bölüm 1.3'te tez çalışmasında kurulan hipotezler verilmektedir.

1.1 Literatür Özeti

Arazi yönetiminin temelini ülkelerin kadastro sistemleri oluşturmaktadır. Mevcut 2B kadastro sistemleri, karmaşık yapıları ve sınırlarını belirlemek için konumsal bilgilerini tam olarak temsil edemez. Bu yüzden arazi yönetiminin geliştirilmesi ve çok boyutlu bileşenlerinin temsil edilebilmesi için geçtiğimiz on yılda, tüm dünyada 3B kadastro üzerine kapsamlı araştırma ve uygulamalar yapılmıştır [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Ayrıca, çeşitli karmaşık yapıların (çok katlı binalar, tüneller, metro ağları, köprüler vb.) yer altı ve yer üstünde konumlandırılarak kentsel arazi kullanımı üzerindeki artan baskısından dolayı gelecekteki kadastro sistemlerinin geliştirilmesine yönelik uluslararası araştırmalar yapılmıştır [8], [9], [10], [11], [12], [13]. 3B konumsal bilgi modellerinin araştırılması ile ilgili kadastro çalışmaları son on yıldır ilerlemesine rağmen, 3B kadastro nesnesi ve 2B kadastro nesnelerinin arazi yönetim sistemlerine entegre edilmesinde önemli zorluklar mevcuttur [14]. Birçok ülkede, 3B yapılar, 3B bir veritabanı ile Ulusal Arazi Bilgi Sistemi (NLIS) ile entegre değildir. Çoğu NLIS, 2B parsellerin ve üzerindeki 3B özniteliklerinin eşzamanlı haritalanmasını ve kaydını ele almamaktadır [6]. Dünya genelinde 3B Kadastro ile ilgili çalışmalar incelendiğinde sistemin oluşturulmasında getirilen çözüm önerilerinde birçok benzerlik mevcuttur. Ülkelerin yasal mevzuatları ve kayıt

altına alınan kadastral nesnelerin öznitelikleri farklılık göstermesine rağmen, 3B kadastronun oluşturulmasında teknik özellikler benzerdir [15].

Hollanda, 3B kadastro sisteminin oluşturulmasında mülkiyet tescili ve görselleştirme açısından iyi bir örnektir. Kadastral haritalarda yer alan bilgiler kapsamında parsel sınırları, parsel numarası, jeodezik ağ, bina ve isimleri, ev numaraları, topoğrafik özellikler, sokak isimleri, su yolları ve kamusal kısıtlamalar da yer almaktadır [4], [16], [17]. Böylece vatandaşlar kadastral harita üzerinden taşınmazlar ile ilgili bir kamusal kısıtlama olup olmadığını öğrenebilmektedir [16]. Kadastral veriler OGC ve ISO/TC 211 gibi uluslararası standartlar ile uyumlu hale getirilerek nesne yönelimli topoğrafik veritabanı (TOP10NL) geliştirilmiştir. TOP10NL modelinin altındaki çalışmalardan bir tanesi de Kamu Hizmeti Web Servisi olan (PDOK) projesidir. PDOK aracılığıyla kadastro haritalarına ücretsiz başvuruda bulunulabilmektedir. PDOK servisi üzerinden dijital güncel coğrafi veriler, veri hizmetleri indirilebilir dosyalar olarak sunulmaktadır. Bu veriler hem kamu hem de özel sektör için güvenilir verilerdir. Merkezi hükümet tarafından sağlanan PDOK hizmeti güncel veritabanına sahip Hollanda ulusal coğrafi veri standartları (National Georegister) ve Uluslararası Avrupa INSPIRE standartları ile uyumlu veriler sunmaktadır [18]. Hollanda ulusal coğrafi veri standartları, Hollanda profiline uygun coğrafi veri katalogları, coğrafi bilgi değişim protokolleri ve standartları içeren ve INSPIRE temalarına geçişi sağlayan sistemdir. Hollanda coğrafi verileri Hollanda hükümeti ve çeşitli kurum ve şirketler tarafından üretilmektedir. PDOK servisi Temel Kayıt Adresleri ve Binalar (BAG), Dijital Kadastro Haritası (BRK), Temel Kayıt Topoğrafyası (BRT), Temel Kayıt Büyük Ölçekli Topoğrafya (BGT), İdari Sınırlar (BRK), Koordinat noktaları ağına ilişkin veriler (RD-Info) ve Mekansal planlar (Ruimtelijkeplannen.nl) gibi ek hizmetler sunmaktadır [18]. 3B kadastro çalışmalarına altlık olarak Hollanda'da, bir parselin 3B olarak nasıl ölçüleceği ve kaydedileceği hakkında ayrıntılı açıklamalar ve yönergeler mevcuttur. 2007 yılında Hollanda, Medeni Hukuk ve Kadastro Kanununu değiştirilerek, arazi mülkiyetini yeniden tanımlamış ve parselden bağımsız olarak kanunla belirlenen 3 boyutlu nesnelerin kayıt altına alınmasının önünü açmıştır [4]. Ayrıca, yer altı tren istasyonları, bisiklet parkları ve Delft'te bulunan istasyon merkezindeki yer altında bulunan bağımsız bölümlerin mülkiyet

haklarının tescili ve görselleştirilmesi üzerine veri modeli çalışmaları yapılmaktadır [8].

Kadastral sistemlerin iyileştirilmesi ve 3B kadastro çalışmaları kapsamında Avustralya'da çalışmalar yürütülmektedir. Avustralya'nın her eyaleti ve bölgesi ayrı toprak yönetimi ve kadastro sistemi ile çalışmasına rağmen, her bir sistemin bütünlüğü tutarlıdır ve konumsal veri altyapısında yer alan temel konumsal verilerin daha geniş arazi yönetimi faaliyetlerinde temel bir rol oynamasına izin verir [19]. Kadastral sistemler temel olarak arazi parsellerinin ölçülmesi ve mülkiyetinin tapu siciline kaydedilmesiyle oluşturulmuştur. Mülk terimi, kendi planlama ve derecelendirme amaçları için mülk kayıtlarını tutan yerel konseylerce kullanılır. Bir mülkün bir sokak adresi vardır. Binalar mülkiyet kayıtlarının bir parçasıdır ve yerel konseyler tarafından da kaydedilir. Avustralya uyumlaştırılmış veri modeli (Harmonised Data Model-HDM), Hükümetlerarası Yer Ölçümü ve Harita Oluşturma Komitesi (Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping- ICSM) üyeleri tarafından ortak olarak desteklenen bir veri modelidir. HDM, ISO / TC211 Coğrafi Bilgi ilkeleri ve metodolojisinin geliştirildiği çeşitli standartlar izlenerek geliştirilmiştir [20]. HDM, kadastro, topografya, yer isimleri ve sokak adresini içermektedir. HDM, dağıtım ve yorumlamaya yardımcı olmak için bir model hiyerarşisi olarak sunulmaktadır. Ayrıca Açık Coğrafi Konsorsiyumu (Open Geospatial Consortium- OGC) ilkeleri ve INSPIRE veri standardı taslak oluşturma süreçleri tarafından yürütülen faaliyetleri dikkate alarak, coğrafi bilgi alışverişini uyumlu hale getirmek için tutarlı bir yaklaşımın bulunmasını sağlamaktadır. Uyumlaştırılmış veri modelinden sonra geliştirilen bir diğer model ise e-Plan modelidir [21]. Bu model ICSM başkanlığında Avustralya araştırma planlarının geometrik ve metinsel bilgilerini modellemek üzere geliştirilmiştir. e-Plan veri modeli ISO standartlarını ve Avustralya'nın Uyumlaştırılmış Veri Modeli (HDM) kurallarını içermektedir. e-Plan modeli, araştırmacı tarafından ilk hazırlık aşamasından, belgelendirme ve tescil işlemlerine kadar tüm safhaların bir planını işlemek için gerekli olan tüm ölçüm geometrisini, idari birimi ve tapu verilerini barındırır [22]. e-Plan modelinin temeli 2B arazi parsellerine dayanır ve birkaç paket halinde sınıflandırılmıştır. Bunlar Belge, Ölçümcü, Ölçüm, Parsel, Adres, Geometri, Nokta ve Gözlemdir [21], [23]. Her Avustralya eyaleti ve bölgesi,

gereksinimlerini karşılamak için e-Plan'ın ulusal protokol şartnamesini uyarlamıştır. Örneğin, Victoria e-Plan sürümü hacimsel hakları desteklemez ve e-Plan'ın “VolumetricLot” (3B parsel) ve “VolumeGeom” (3B geometri) gibi 3B öğeleri, Victoria e-Plan modelinden çıkarılmıştır. Victoria'da, katmanlı çıkarlar 2B parseller olarak temsil edilir [24].

Avustralya'da 3B kadastral uygulamalar için geliştirilen bir diğer model Yasal Mülkiyet Nesnesi kavramıdır (Legal Property Object Model). Yasal Mülkiyet Nesnesi kavramı, haklar ve konumsal boyutunun kombinasyonuna dayanmaktadır. Yasal Mülkiyet Nesnesi, parsel bazlı veri modelinden konumsal olarak referanslanan veri modeline kadar Temel Kadastral Veri Modeli (Core Cadastral Data Model) kavramını, Kişi ve Yasal Mülkiyet Nesnesi olmak üzere iki temel nesne üzerinden yeniden yapılandırılmasına dayanmaktadır. Bu yeni yaklaşım ile arazideki tüm haklar kapsamlı bir şekilde temsil edilebilir ve arazide artan sayıda yeni kısıtlamaları içine alabilir [19], [21]. Geliştirilen modeller ve ICSM tarafından gerçekleştirilen kadastral reform ve inovasyonu kapsamında 2034 kadastral vizyonu sayesinde Avustralya Kadastro modernize edilerek 3B Kadastro sisteminin kurulmasının temelleri atılmıştır [4], [25], [26], [27].

3B Kadastro sisteminin oluşturulmasında bir başka ülke profili örneği olarak Çin'de yürütülen 3B kadastral çalışmaları ve projeleri verilebilir. 3B kadastral araştırmaları ve temsili belli bir seviyeye kadar getirilmiştir. Bazı araştırmacılar [28] tarafından, Shenzhen'deki Nanshan semtindeki bir yer altı otoparkı alanına bir arazi hacmi ve bina modeli kurularak mülkün 3B temsiliyeti önerilmiştir. Araştırmacılar tarafından Songbai'de bulunan yüksek katlı bir bina ve Xiamen'deki Lujiang yer altı otoparkı kullanılarak ArcScene'de 3B kadastral nesnesi kayıt modeli (3DCORM) tasarlanmış ve Şanghay'da 3B kadastral uygulaması için 3B arazi planlaması ve onay sürecinin önemi vurgulanmıştır [4]. Shenzhen, Wuhan ve Şanghay'da 3B kadastronun görselleştirilmesi, takibi ve yönetiminin uygulamaları yapılmaktadır. Teknolojideki gelişmeler 3B kadastronun uygulanabilirliğini arttırmaktadır. Ancak, hâlâ teknik olarak çözülmesi gereken sorunlar mevcuttur. Öncelikle; yetersiz arazi bilgisi, özellikle de eksik yer altı bilgisi, 3B modelleme için ayrıntılı bilgilerin toplanmasında zorluklara yol açmaktadır. İkinci olarak;

yükseklik, hacim ve derinlik ile ilgili arazi bilgilerinin yeterli düzeyde olmaması ya da eksik olması gelmektedir. Üçüncü olarak; kadastro ölçümlerinin içeriği ve gereksinimleri 3B kadastro açısından yetersiz kalması [4], [28] örnek olarak verilebilir.

Yapılan çalışmalar doğrultusunda bir 3B kadastro, bina ve maliklerin haklarının, kısıtlamalarının, sorumluluklarının (yasal yükümlülükler), gelişmiş politikalar, standartlar ve modeller ile fiziksel modellerine (3B arazi yüzeyinin üstünde ve altında kayıtlı hakların sağlanması) karşılık geldiği bir sistem olarak tanımlanır [1], [5], [12], [13], [19], [29]. Bu bağlamda iyi oluşturulmuş ve sürdürülebilir 3 boyutlu kadastroya sahip olmak, kent planlaması, taşınmaz değerlemesi, inşaat faaliyetleri gibi diğer birçok uygulama için faydalı olacaktır [6], [9], [12], [30]. Fakat farklı uygulamalar için aynı nesneler farklı veri standartları ve formatlarında oluşturulmaktadır. Böylece farklı kurumlar ve disiplinler arası veri alışverişi zorlaşmaktadır. Özellikle 3B kadastro sisteminin temel nesnesi olan binalar için LADM, CityGML, IFC, LandInfra/LandXML ve IndoorGML gibi yasal ve fiziksel öznitelikleri temsil eden standartlar geliştirilmiştir. Bu standartlar kadastro, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bina Bilgi Modeli, ulaşım hizmet ağları ve taşınmaz değerlemesi gibi her uygulama için tek başına kullanılabileceği gibi birbirleriyle entegre edilerek de kullanılabilirler [31], [32], [33]. Kadastro çalışmaları ile ilişkilendirilebilecek standartlar LADM, LandInfra, CityGML, IFC ve IndoorGML olarak sıralanabilir. LandInfra, OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından geliştirilmiş nispeten yeni sayılan açık kaynaklı bir standarttır. LandInfra, inşaat çalışmaları, kara altyapı tesisleri, yollar, binalar, demiryolları, arazi çalışmaları gibi teknik faaliyetler için geliştirilmiştir [34], [35]. LandInfra, arazinin idari ve arazideki çıkarlara (arazi parselleri, irtifaklar ve kat mülkiyeti) dayalı olarak bölünmesini tanımlar. Fakat kadastral sistemde bir taşınmaz ve malik arasındaki Hak, Kısıtlılık ve Sorumlulukların (HKS) temsil edilmesinde LADM kadar başarılı değildir [33], [36]. Bu nedenle, LandInfra ve LADM'nin kapsamı biraz farklıdır, ancak aynı zamanda birbiriyle de ilişkilidir (Özellikle Altyapı geliştirme projelerinde mülkiyet ile ilişkili kısımlarında). Kadastro amacıyla kullanılan diğer veri modelleri, IFC, CityGML ve IndoorGML gibi veri modelleridir. LADM'nin aksine fiziksel nesneleri modellemek için IFC, CityGML ve IndoorGML kullanılır.

Fiziksel modellerden biri olan CityGML, sanal 3B şehir modellerinin veri değişimini, paylaşımını, depolanmasını ve bakımını kolaylaştırmak için XML (Extensible Markup Language) tabanlı bir formatta temsil edilen anlamsal bir bilgi modelidir. OGC tarafından yayımlanan GML sürüm 3.1.2 (GML3) konumsal veri alışverişi için genişletilebilir bir uluslararası standarttır. CityGML, geometri, topoloji, semantik ve görünüm açısından bir 3B şehir modelinin temel varlıklarının, niteliklerinin ve ilişkilerinin kapsamlı bir temsilini sağlar [37], [38]. IndoorGML ise, iç mekân navigasyon uygulamaları için ortak bir şema oluşturmayı amaçlayan bir OGC standardıdır. İç mekânı ve jeo-informasyonu kodlamak için Coğrafi Biçimlendirme Dili (GML) sözdizimini tanımlayan iç mekân alanlarının topolojisini ve anlambilimini modeller [39], [40]. Özellikle, BIM alanında kullanılan IFC standardı [41], 3B kadastro için çok çeşitli konumsal veriler sağlar. Uluslararası bir standart olan IFC, ISO 16739 [41] ve geometri tanımları ISO 10303 [42] ile standartlaştırılmıştır. BIM (IFC) ve 3B CBS (CityGML), farklı amaçlara hizmet etmek ve farklı araçlarda kullanılmak üzere bağımsız olarak tasarlanmış ve geliştirilmiş olmasına rağmen kadastral uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle BIM uygulamaları bir bina ölçeğinde tüm yapı elemanlarına ve yapının tüm teknik detaylarına odaklanırken, CityGML bir 3B şehir modeli ya da daha büyük ölçekli uygulamalar için kullanılmaktadır.

Bu kapsamda birçok ülke ve araştırmacı tarafından kadastral amaçlı ve CBS uygulamaları için entegre veri modelleri kullanılmaktadır [4], [6], [7], [10], [31], [36], [43], [44]. Böylece nesnelerin hem yasal hem de fiziksel detayları temsil düzeyinde entegrasyonu mümkündür. Genel olarak, entegre veri modelleri geliştirmenin iki yöntemi vardır. İlki, fiziksel veri modellerini yasal veriler ile zenginleştirmektir. İkincisi ise, bir yasal veri modeli ile fiziksel bir veri modeli arasında bir dış ilişkiyi tanımlamaktır [6], [9], [12]. Ülkemizde entegre veri modellerinin, 3B kadastro, 3B şehir modelleri, dijital ikiz gibi projeler ile başta Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü olmak üzere Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'ndaki birimler; belediye düzeyinde araştırma, planlama ve taşınmaz değerlendirme birimleri; mimarlık, mühendislik ve inşaat şirketleri tarafından kullanılması hedeflenmektedir.

1.1.1 Arazi Bilgi Yönetimi (Land Administration)

Arazi bilgi yönetimi (Land Administration), yasal, mali, düzenleyici ve bilgi yönetimi olmak üzere dört temel bileşenden oluşan, mülkiyete, konuma ve değere ilişkin bilgileri belirleme ve yayımlama süreci olarak tanımlanmaktadır [45]. Arazi bilgi yönetimini oluşturan 4 temel bileşenin ana fonksiyonu ise bir taşınmaz üzerindeki hakların ve bu haklara ait sınırların belirlenmesi ve resmi bir biçimde kaydedilmesidir. Bu iki işlem arasındaki ilişki hem tescil hem de kayıt işlemini gerçekleştiren kadastral sistemler tarafından sağlanmaktadır. Arazi kavramı birçok uluslararası belgede [46], [47], [48] belirtildiği üzere farklı amaçlar ve hedefler için kullanılan ve Arazi bilgi yönetiminin önemli bir parçası olarak sayılmaktadır [49]. Arazi ile ilgili bilgi sunan iki temel kavram ortaya çıkmaktadır. Arazinin sınırlarının ve geometrisinin belirlendiği kadastro kavramı ve arazi ile ilgili yasal hakların kayıt altına alınması ile ilgili arazi tescili kavramı Uluslararası Ölçmeciler Birliği (International Federation of Surveyors - FIG, [50]) kadastro kavramı için "araziyle ilgili hak, kısıtlama ve sorumlulukların kaydını içeren parsel tabanlı ve güncel bir arazi bilgi sistemi"; arazi tescili için ise "araziyle üzerinde yasal olarak tanımlanmış hakların resmi kaydı" olarak tanımlamıştır. FIG tarafından ortaya koyulan Kadastro 2014 [51] vizyonuna göre kadastro mali amaçlarla (bina ve arazi mülkiyeti kayıt sistemlerinin birleştirilmesi), hukuki amaçlarla (kamusal haklar ve kısıtlamalar dâhil olmak üzere, arazinin bütün yasal durumunu gösterilmesi), arazi kullanımı bilgi yönetimine yardımcı olmak amacıyla ve sürdürülebilir kalkınma ile çevresel korumayı kolaylaştıracak güncel bir Arazi Bilgi Sistemi (Land Information System - LIS) olarak görülmektedir. Ayrıca, 2014 kadastro vizyonuna göre farklı ölçek ve içerikteki bilgiye erişimin sağlanması, veri değişiminin ve verinin yayımlanması için kadastral harita üretiminin, modern kadastrolarda yerini veri modellemeye bırakması öngörülmüştür [51].

Kadaastro, kadastral sistem ve arazi tescili kavramları ülkeler tarafından farklı şekillerde yorumlandıklarından dolayı Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (United Nations Economic Commission for Europe – UNECE) çatı bir terim olarak Arazi Bilgi Yönetimi kavramını kullanmıştır [52]. Bu bağlamda Arazi Bilgi Yönetimi; arazinin kullanımı, süresi, değeri ve gelişimi hakkında 'nasıl', 'ne',

'kim', 'ne zaman' ve 'nerede' soruları ile ilgili bilgi verir [53]. Böylece Arazi Bilgi Yönetimi, arazinin gelişiminde hukuki ve teknik yönlerle ilgili bilgileri, veri toplama yöntemleri, modelleme yaklaşımları, veri yönetimi ve görselleştirme yöntemleri için gereksinimleri belirleyen ve ilgili taraflar arasında kurumsal düzeyde ilişkiler kurabilen disiplinler arası bir çatı kavramıdır [30]. Arazi bilgi yönetimi, arazinin hem yasal yönleri (Haklar, Kısıtlamalar, Sorumluluklar-HKS) hem de konumsal birimleri (kadastronun temel birimi olan parseller) kapsadığından sürdürülebilir kalkınma politikaları kapsamında önemli yer tutmaktadır. Teknolojinin gelişimi ile beraber Arazi Bilgi Yönetim Sistemleri (LIS), sürdürülebilir kalkınma için 2030 küresel politika hedeflerini destekleyecek modern bilgi teknolojisi ile etkili arazi yönetimi altyapılarının oluşturulması ihtiyacına yanıt verebilecek düzeyde olmalıdır [54]. Arazi bilgi yönetiminin en temel parçası olan konumsal bilginin geliştirilmesi hem kırsal hem de kentsel alanlarda uzun vadeli ve sürdürülebilir yatırım fırsatlarının artmasına neden olacaktır. Bu bağlamda, konumsal bilgi, genel olarak ulusal kalkınmayı, ekonomik büyümeyi desteklemek ve politika oluşturmayı geliştirmek için kritik bir araç olarak kabul edilmektedir [55]. Arazi Bilgi Yönetiminde, konumsal bilginin uygulama alanının genişlemesi ile boyut kavramı da önem kazanmıştır. Arazi bilgi yönetiminde 3B uygulamalar için yeni terimlerin oluşması ile 3B Arazi Bilgi Yönetimi (3D LA) kavramı gündeme gelmiştir. Arazi bilgi yönetiminin kadastro, arazi tescili, taşınmaz değerlendirme, arazi kullanımı ve bunların 3B uygulamalarını içermesinden dolayı 3B kadastro yerine 3B Arazi Bilgi Yönetimi teriminin kullanılması önerilmiştir [14].

Yukarıdaki bilgiler ışığında, sürdürülebilir bir Arazi Bilgi Yönetiminin kadastro, arazi tescili, kadastral sistem gibi terimleri kapsayan çatı bir terim olmakla beraber sadece arazi tescili ve kadastral bilgilerle sınırlı olmadığı; arazi kullanımı, değerlendirme ve vergilendirme unsurlarını da kapsamı gerektiği anlaşılmaktadır.

1.1.2 3B Kadastro

Kadastro sistemleri bir parselin üstündeki/altındaki/üzerindeki hak, kısıtlılık ve sorumlulukları tanımlayan ve kaydeden Arazi bilgi yönetim sistemlerinin en temel

bileşeni olarak kabul edilir. Şehirlerin hem yatayda hem de düşeyde sınırlarının genişlemesi ile kadastro sistemlerindeki 2B kavramı yetersiz kalmaktadır. Mevcut Arazi Bilgi Yönetim Sistemleri hâlâ, altyapıların artan karmaşıklığı nedeniyle düşey alanların konumsal kapsamını kaydetme, yönetme ve görselleştirme konusunda yasal, organizasyonel ve teknik zorluklarla karşı karşıya kalan 2B tabanlı kadastro sistemlerine dayanmaktadır [1], [15], [36], [56], [57]. Kadastroda arazi üzerindeki hakların kaydedildiği en temel öge taşınmaz birimi olan parseldir. Bir arazinin kullanımı gerçekte 3 boyutlu bir hacmi kapsamaktayken, kadastroda düşey bileşeni bulunan haklar, 2 boyutlu parseller üzerinde tesis ve tescil edilir.

Son yıllarda, dünya genelinde 2B kadastronun yetersizliğinden dolayı 3B parsel tescili (3B parsellerin kaydı için yasal mevzuatların geliştirilmesi; ölçü krokilerinde 3B düşey profil bilgilerin yer alması) ile ilgili çalışmaların sayısının önemli ölçüde artmasıyla 3B kadastro kavramı gelişmiştir [15], [54]. Gelişen 3B kadastro kavramı ile kadastral nesnelerde boyut kavramı değer kazanmıştır. Böylece çok boyutlu nesnelerin toplanması, depolanması, analizi ve görselleştirme işlemleri için Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) önemli rol almaktadır. Üç boyutlu kadastro: yasal (3B nesnelerin kaydını desteklemektedir), kurumsal (3B kadastral nesnelerin kayıt altına alınması ve ilgili taraflar arasındaki ilişkileri düzenlemektedir) ve teknik (3B kadastronun gerçekleştirilmesi için teknik platformlar sağlamaktadır) olmak üzere üç ana unsur üzerine inşa edilmiştir. Bu üç ana unsurun çalışma kapsamaları aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- 3B mülkiyetin kayıt altına alınması için hukuki destek ve yetkilerinin araştırılması ve net bir kapsamın belirlenmesi (yasal ve kurumsal konular),
- Gerekli 3B kadastral veriyi elde etmek için uzmanlar tarafından belirlenmiş yönetmelik (yönergeler) ve standartların geliştirilmesi. 3B verilerin toplanması, depolanması ve analiz edilebilmesinin araştırılması (yasal, kurumsal ve teknik),
- 3 boyutlu kadastro uygulamaları için uygun maliyetli analizlerin uygulanabilirliğinin araştırılması (mevcut sistemlerin 3B'ye dönüştürülmesi veya entegrasyonu, yeni verilerin toplanması) (kurumsal, teknik),

- Gelişen teknolojiler ile 3 boyutlu verilerin depolanması, toplanması, kullanılması ve görselleştirilmesi (teknik açıdan) açısından kapsamlı veri modellerinin geliştirilmesi (teknik, kurumsal) [19].

Bu bağlamda, yukarıda belirtilen çalışmaları kapsayacak şekilde 3B kadastronun genel tanımı şu şekilde ifade edilebilir. Gelişen Arazi Bilgi Yönetim Sistemin en temel ögesi olan 3B kadastro; bir taşınmaz ile ilgili yer altı ve yer üstündeki HKS'leri (yasal modeller) ve bunların fiziksel olarak ifade edilen karşılıklarının (fiziksel modeller) zamansal değişimlerini 3B dijital olarak yöneten, görselleştiren ve ulusal bir standart oluşturarak kurumlar arası veri değişimini sağlayan bir araçtır [4], [19], [58]. Belirtilen tanımda da ifade edildiği gibi sürdürülebilir bir 3B kadastro için, kadastral nesnenin sürekliliği ve verilerin yeniden kullanımı bağlamında bütüncül yaklaşımların oluşturulması gerekmektedir. Yani bir nesnenin farklı uygulamalar (inşaat uygulamaları, planlama, değerlendirme, ekonomi vb.) için de kullanılacağı düşünülerek elde edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda teknolojinin gelişimi ile veriye ulaşımın kolaylaşması, kadastral sistemler için farklı veri toplama yöntemleri (lidar, yersel ölçmeler vb.) ve veri modelleri (IFC, CityGML vb.) ortaya çıkarır [59], [60]. Bu durum özellikle kentsel alanlarda 3B coğrafi verilere olan talebi arttırmaktadır. Coğrafi verinin birçok farklı kaynaktan elde edildiği ve çok sayıda kullanıcı tarafından yönetildiği düşünüldüğünde coğrafi veri standartları bu aşamada kilit rol almaktadır. Bu durum birçok ülke tarafından bazen ulusal bazen uluslararası standartlar kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın temel motivasyonu, mevcut kadastral sistemin 4B kadastro kapsamında uluslararası standartlar kullanılarak yeni bir kadastral veri modelinin geliştirilmesi ve geliştirilen modelin uygulanabilirliğinin test edilmesidir. Literatürde mevcut yapı durumunun ve mülkiyete konu olan hakların, kadastral sistemlerde tam yansıtılabilmesi için 3B kadastro çalışmalarının 3B veri modelleri ile güçlendirilmesi konusunda fikir birliği olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiği zaman 3B kadastro kapsamında veri temini, veri

modellemesi, veri yönetimi ve 3B görselleştirme alanlarındaki çalışmalara odaklandığı görülmektedir. Türkiye’de ise 3B kadastral tescil için yapılan çalışmalar incelendiği zaman, mevcut kadastral sistemin uluslararası veri modelleri, veri yönetimi ve 3B görselleştirme çerçevesinde detaylı incelenmediği görülmektedir. Bu motivasyon doğrultusunda iki ana hedef belirlenmiştir. Birincisi, Türkiye’deki kadastral sistemin ulusal ve uluslararası standartlar ölçeğinde analiz edilerek kadastral nesnelerin yasal, fiziksel ve zamansal boyutunu ele alan, 4B kadastro kapsamında yeni bir model önerisi ile standartlaşmasına katkı sağlamaktır. Böylece mevcut veri modellerinde yapılan iyileştirmeler ile 4’üncü boyut olan zaman verisinin nasıl modellenmesi gerektiği konusunda literatüre katkı sağlayarak benzer çalışmalardan farkı ortaya koyulacaktır. İkincisi ise geliştirilen modelin bir vaka çalışması kapsamında açık kaynaklı bir veri tabanında yönetilmesi ve 3B görselleştirme ile modelin test edilmesidir. 3B veritabanı yönetimi ve veri dönüşümü açısından birçok ticari yazılım olmasına rağmen, hala daha açık kaynaklı platformlar ile 3B veri yönetimi ve dönüşümü konusunda eksiklikler mevcuttur. Bu kapsamda yapılan çalışma ile belirlenen eksikliklerin giderilmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Birinci hedef doğrultusunda, kadastral amaçlı kullanılan verilerin modellenmesi için Uluslararası Haritacılar Birliği (FIG) tarafından da benimsenmiş ve birçok ülke tarafından uygulan ISO 19152, Land Administration Domain Model (LADM) kullanılarak Türk kadastral sistemi için 3B Haklar (Right), Kısıtlılıklar (Restriction) ve Sorumluluklar (Responsibility) (HKS – RRR) modellenmiştir. Mevcut kadastral sistemdeki zaman verisinin LADM kullanılarak nasıl modellenmesi gerektiği irdelenmiştir. Geliştirilen model ile tapu sicilleri ve kadastro objelerine ait veriler uluslararası bir standartta modellenerek veri değişim formatları belirlenmiştir. Modellenen kamu sicillerinin fiziksel nesneler ile entegre edilebilmesi için OGC tarafından geliştirilen CityGML 2.0 veri modeli kullanılmıştır. Taşınmazların 3B temsiline imkân veren CityGML 2.0 veri modeli kamu sicillerinin 4B modellendiği LADM ile entegre edilerek yeni bir entegre veri modeli elde edilmiştir. İkinci hedef kapsamında 4B entegre veri modelinin (LADM – CityGML) açık kaynaklı PostgreSQL versiyon 13.0 veritabanı kullanılarak gerçekleştirimi ve test edilmesi sağlanmıştır. Farklı sorgulama senaryolarının 3B

görselleştirilmesi için açık kaynaklı görselleştirme kütüphanesi olan CesiumJS kullanılmıştır. Buradaki temel amaç tamamen açık kaynaklı platformlar kullanılarak veri modelinin işlevselliğinin test edilmesidir. Çalışmanın özgünlüğü, geliştirilen entegre veri modelinin açık kaynak kodlu yazılım ve platformlar kullanılarak zamansal sorgulamalara cevap vermesidir. Ayrıca literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak, model geliştirme, veritabanı yönetimi, zamansal sorgulamalar ve görselleştirme gibi tüm süreç adımları aynı anda çalışılmıştır. Böylece yapılan çalışmanın hem Türkiye'deki kurumlara hem de bu konuda çalışan ulusal ve uluslararası araştırmacılara yol gösterici olması amaçlanmaktadır.

1.3 Hipotez

Bir 3B Arazi yönetim sistemi (Land Information System – LIS), arazi yönetimi politikalarını uygularken arazinin değerini, kullanımını ve sürdürülebilirliği ile ilgili bilgileri belirleme, kaydetme ve yayma sürecini içerir. Bu kapsamda 3B kadastro çalışmaları, sürdürülebilir arazi yönetimi kapsamında tapu sicillerinin yönetilmesi ve 3B LIS'lere veri üretmesi açısından en temel bileşen sayılmaktadır. Bu bilgiler ışığında, 3B taşınmaz hakları, kısıtlamaları ve sorumlulukları (HKS) daha iyi yönetmek, zamansal sorgulamalara izin vermek ve mevcut kadastral verilerin uluslararası standartlarla modellenerek yeni 4B kadastral veri modeli geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu düşünce ile araştırma hipotezi aşağıdaki şekilde detaylandırılmıştır.

- Türkiye'deki mülkiyete konu olan aynı hakların 4B-Kadastro kapsamında temsiliyeti için uluslararası LADM ve CityGML standartlarını entegre eden yeni bir model geliştirilmiştir.
- LADM sayesinde taşınmaz ile ilgili 3B yasal yükümlülükleri (hakları, kısıtlılıkları ve sorumlulukları) daha iyi yönetmek ve zamansal analizlere imkân vererek mevcut arazi yönetim sistemini geliştirecektir.
- LADM'nin zamansal bilgileri modellemek için oluşturduğu Version Object sınıfının zaman bilgisi Türk kadastro sistemine uygulanarak geçmişe dönük zamansal sorgulamalar yapılabilir.

- Uluslararası standartlar kullanılarak geliştirilen LADM-CityGML entegre kadastral veri modeli, kadastral sistemde standartlaşma ve farklı kurumlar arasında ortak bir ontoloji oluşturacaktır.
- Geliştirilen modelin test edilebilmesi için ticari yazılımlar yerine açık kaynaklı yazılım ve platformlar kullanılarak veritabanı yönetimi ve 3B görselleştirme yapılabilmektedir.

Bununla birlikte, geliştirilen model ve uygulaması sayesinde, kadastro bilgilerinin depolanmasına, paylaşılmasına ve kullanılmasına yardımcı olarak TKGM (Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü) tarafından mevcut kadastro sisteminden bir 3B kadastroya geçiş aşamaları için genel bir çerçeve sağlayacaktır.

Bu bölümde, 3B Kadastro kapsamında yasal verilerin (tapu bilgileri vb.) ve bu verilere karşılık gelen fiziksel detayların modellenmesinde ihtiyaç duyulan standartlar ve veri modelleri incelenmiştir.

Kadastroda en temel bilgi mülkiyet hakkıdır. Bir taşınmazın yasal statüdeki varlığı mülkiyet hakkı ile başlar ve yaşam döngüsü içerisinde geçirmiş olduğu süreçler (taşınmazın tescili ve geometrisi ile ilgili olan işlemler) üzerinde kurulmuş olan aynı haklar ile tanımlanır. Tüm bu bilgilerin doğru ve etkili bir şekilde toplanması ve ilgililere sunulması için ülkeler tarafından ulusal veya uluslararası kabul gören kadastral veri modelleri geliştirilmiştir. Daha sonra gelişen teknoloji ile mevcut kadastro modelleri yerini 3B Arazi Bilgi Modellerine bırakmıştır. Bu modeller içerisinde, 3B kadastro kapsamında mülkiyet haklarının modellenmesine en iyi desteği veren Arazi Bilgi Yönetim Modelidir (Land Administration Domain Model-LADM). LADM bir taşınmazın fiziksel karşılığını temsil etmeden, ortak bir ontoloji oluşturarak yasal bilgi modellemesi ve yönetimi amacı ile geliştirilmiştir [61]. Taşınmazların fiziksel detaylarını tanımlamak için Bina Bilgi Modelleri (BIM) ve 3B şehir modelleri (LandXML, InfraGML, CityGML, IndoorGML) gibi diğer veri modelleri kullanılabilir [62].

Bilgi modellerinin uzmanlar tarafından anlaşılabilirliği ve birlikte çalışabilirliğini arttırmak için standartlaşmaları ya da belli bir standarda göre geliştirilmeleri gerekmektedir. Böylece arazi bilgi yönetiminde birbirleri ile ilişkili olan paydaşlar tarafından verilerin daha iyi yorumlanması ve yeniden kullanılması mümkün kılınmaktadır. Bu bilgiler ışığında ilk olarak arazi bilgi yönetimi kapsamındaki standartlar ve bu standartlar doğrultusunda geliştirilen modeller incelenecektir. Bu bölümde, Arazi Bilgi Yönetimi kapsamında standartlaşma çalışmaları ve geliştirilen modeller ve arasındaki ilişkiler açıklanacaktır.

2.1 ISO

ISO 19100 standart serisi, coğrafi bilgileri tanımlamak, açıklamak ve yönetmek için mimari çerçeveyi tanımlayan ilkeleri belirler. ISO 19100 standartlar serisi coğrafi bilgi standartları, herhangi bir konumla doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili olan nesneler ile ilgili bilgilerin oluşturulup yönetilebilmesi için oluşturulur. Böylece farklı kaynaklardan üretilen çeşitli coğrafi bilgilerin bir arada çalışabilirliğine imkân sağlanacaktır. Bazen coğrafi bilginin ilkelerini, kapsamını ve detaylarını belirlemek için bir dizi standart kullanmak gerekebilir. Yani coğrafi verilerin farklı kullanıcılar, sistemler ve konumlar arasında dijital/elektronik biçimde tanımlanması, elde edilmesi, analizi, erişimi, sunumu ve aktarımı dâhil olmak üzere coğrafi bilgilerin yönetimi için yöntemleri, araçları ve hizmetleri belirtilir. ISO/TC 211'in genel hedefleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir [63]:

- Coğrafi bilginin anlaşılmasını ve kullanımını artırmak;
- Coğrafi bilgiye erişimi, kullanılabilirliğini, entegrasyonunu ve paylaşımını artırmak;
- Dijital coğrafi bilgilerin verimli, etkili ve ekonomik kullanımını teşvik etmek ve ilgili donanım ve yazılım sistemleri ile çalışabilirliğini olanaklı hale getirmek;
- Yerel, bölgesel ve küresel düzeyde sürdürülebilir gelişime katkı sağlamak ve Konumsal Veri Alt yapılarının (KVA) kurulumuna teşvik etmektir.

2.2 Open Geospatial Consortium (OGC)

Open Geospatial Consortium (OGC), gerçek dünya nesnelerini modellemek için standartların geliştirilmesi ile ilgilenen kâr amacı gütmeyen bir organizasyon olarak kurulmuştur. OGC'nin vizyon ve misyonu, herhangi bir sistem veya uygulamada konumsal içerik ve hizmetlerin kullanımını ve entegrasyonunu sağlamaktır. OGC, hükümet, özel sektör, üniversiteler, STK'ları ve araştırma toplulukları olmak üzere birçok üye kuruluşa sahiptir. OGC tarafından geliştirilen ve ISO 191XX serisini standartları temel alan Coğrafi İşaretleme Dili (GML- Geography Markup Language); XML (Genişletilebilir İşaretleme Dili) şema yapısına göre coğrafi nesnelerin geometri ve öznitelik bilgilerinin modellenmesi, depolanması ve paylaşılmasını olanaklı hale getiren bir dildir. OGC'deki

standartların çalışma esası Birlikte Çalışabilirlik Programı ve Standartlar Programı olmak üzere iki temel üzerine tasarlanmıştır. Birlikte Çalışabilirlik Programı, birlikte çalışabilirlik gereksinimlerini belirlemek, bu gereksinimler doğrultusunda mevcut OGC standartlarının kullanım durumlarını, güncellemelerin yapılmasını yeni aday standartların veya uzantıların geliştirilmesi kapsamında doğrudan standartlar programının geliştirilmesine katkı sağlar. Standartlar Programı (SP), mevcut standartların revizyonlarının yapıldığı ve uygulamaları hakkında derslerin verildiği; aday standartların ise geliştirildiği, gereksinimlerin, kullanım senaryoları ve olası sorunların tartışıldığı açık bir forumdur [64].

2.3 Avrupa Birliği Konumsal Veri Alt Yapısı (INSPIRE)

2001 yılında Avrupa Komisyonu tarafından AB (Avrupa Birliği) politikalarını belirlemek, değerlendirmek, takip etmek ve uygulamak için AB'ye üye ve katılımcı ülkeler ile Avrupa Birliği Konumsal Veri Alt yapısı (INSPIRE: Infrastructure for Spatial Information in the European Community) geliştirilmiştir [65]. INSPIRE'in ana teması AB üye ve aday ülkeler arasındaki uyumu sağlayarak güncel ve güvenilir konumsal veriye erişime imkân vermektir. Ayrıca, INSPIRE'in kullanıcı kitlesini politikacılar, planlama uzmanları, ulusal ve yerel düzeydeki idareciler, vatandaş ve kurumlar oluşturduğundan, yerel-bölgesel-ulusal ve uluslararası düzeyde vatandaşın ve kurumların konumsal veriye çevresel politikalar doğrultusunda erişimine imkân sağlamaktadır. INSPIRE tüm bu süreçleri yönetebilmek için, Coğrafi Veri Setleri ve Servisleri Birlikte Çalışabilirlik Uygulama Kuralları ve Teknik Kurallar, coğrafi veri setlerinin değişimi yapılırken kullanılacak olan ortak veri modelleri, kod listeleri, harita katmanları ve ilave birlikte çalışabilirlik metaverilerini belirlemektedir. Bu doğrultuda INSPIRE Direktifinde düzenlenen 34 adet coğrafi veri teması bulunmaktadır [65], [66].

2.4 Standart Bilgi Modelleri

Kadastral sistemlerin standardize edilebilmesi için geliştirilen veri modelleri ülkeler arasında farklılık gösterse de, her bir model temelinde 2B ile temsil edilen parsellere dayanmaktadır [22]. Fakat mevcut veri modelleri karmaşık yapıların

hızla gelişmesi ile çok katlı binalar, tüneller ve kamu binaları gibi yerin altında ve üstünde yükseklikleri olan 3B ile temsil edilen yapılar için 2B parsellere dayalı veri modelleri yetersiz kalmaktadır. Tüm bu gelişmelerin temsil edilebilmesi ve 3B parsellerin, belli bir hak, kısıtlıma ve sorumlulukların tanımlanması için veri modelleri geliştirilmiştir. Kadastro amaçlı üretilen verilerin modellenmesi için geliştirilen ve en yaygın kullanılan 6 kadastro veri modeli vardır:

- The core cadastral data model (Temel Kadastro Veri Modeli) [67]
- FGDC Cadastral Data Content Standard for the National Spatial Data Infrastructure (ABD Federal Coğrafi Veri Komitesi Standart Referans Veri Modeli) [68]
- ArcGIS Parcel Data Model (ArcGIS Parsel Veri Modeli) [69]
- The Legal Property Object Model (Yasal Mülkiyet Nesnesi Modeli) [21]
- e-Plan (e-Plan Modeli) [23]
- ISO 19152, Land Administration Domain Model (LADM) (Arazi Bilgi Yönetim Modeli) [70].

Bu veri modellerine ilave olarak INSPIRE kadastro veri teması ve Avustralya’da devlet – üniversite iş birliği ile geliştirilen 3B Kadastro Veri Modeli (3DCDM) [19] de eklenebilir.

2.4.1 Temel Kadastro Veri Modeli

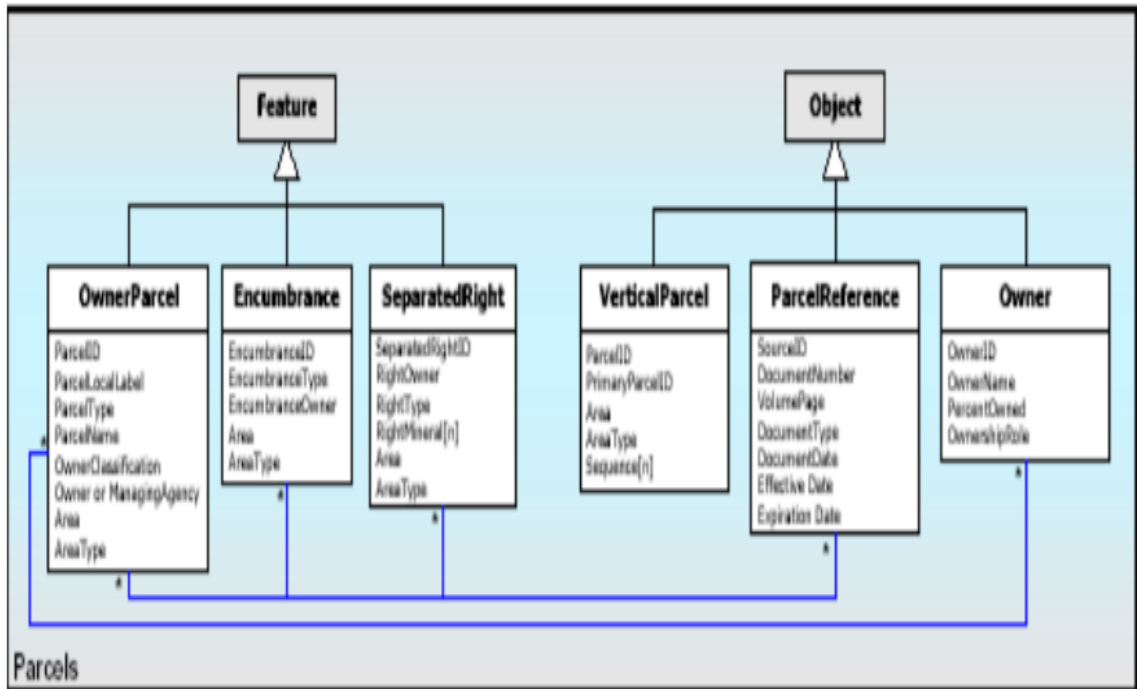
Temel Kadastro Veri Modeli, ilk olarak Van Oosterom ve Lemmen tarafından gelişim süreci başlatılmış [71], ilerleyen yıllarda birçok akademisyenin katılımıyla gerçekleştirilen bilimsel toplantılar ile Temel Kadastro Modeli geliştirilmiş ve standartlaşma çalışmaları başlatılmıştır [71], [72], [73]. Model geliştirilirken Kadastro 2014, ISO ve OGC standartları ilkeleri temel alınmış ve kullanıcılar tarafından kolay anlaşılabilmesi ve uygulanabilmesi için basit seviyede tasarlanmıştır [73]. Modelin esas fonksiyonu ise araziyle bağlantılı olarak kaydedilen her türlü nesne ile bu nesnelerle yasal veya geleneksel düzeyde ilişki içerisinde olan kişiler arasındaki etkileşimin, haklar vasıtasıyla kayıt altına alınarak kadastro sistemlerinde temsilini sağlamaktır [72], [73]. Modelin en büyük eksikliği ise sadece tek bir konumsal birim olarak parsel nesnesinin

tasarlanmasıdır. Model içerisinde kullanılan veri kaynakları (referans/yasal belgeler) ise sözlü anlaşma, özel bilgi, senet kaydı ve tapu sicilidir. Modelde konumsal referans sistemi göz ardı edilerek daha çok arazinin değerlendirilmesi, vergilendirilmesi, arazi kaydı ve arazi kiralınmasının güvenliğı, arazi edinimi ve dağıtımının geliştirilmesi (arazi piyasası), konumsal veya fiziksel planlama (sürdürülebilir yönetim ve arazi kullanımının kontrolü, doğal kaynaklar ve çevre dâhil) gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [21]. Bu modelde 3B veriler dikkate alınmamış olsa da, yeni bir 3B kadastro veri modeli geliştirmede temel bir model olarak kullanılmaktadır [19]. Bu kapsamda modelin farklı konumsal nesneleri içerecek şekilde geliştirilmesi ile birlikte ISO tarafından standart olarak kabul edilmesi önerilmiş ve yapılan oylama sonucunda 2012 yılında “ISO 19152:2012 LADM (Land Administration Domain Model)” adını alarak standart olarak kabul edilmiştir [29]. LADM ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanacaktır.

2.4.2 FGDC Standart Referans Modeli

FGDC Standart Referans Modeli, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kadastro amacı ile kullanılan nesnelerin kavramsal olarak tanımlanması ve hükümetin ve özel sektörün her düzeyinde veri paylaşımını kolaylaştırarak kadastro verisi için temel bir standart sağlaması amacı ile geliştirilmiştir [68]. Model üç temel sınıf üzerine tasarlanmıştır. Temsilci sınıfı, arazi ile ilgili tüm yasal bilgilerin kayıtlarını tutan, dosyalayan, arazi ile ilgili köşe nokta ve sınırlarını ve koordinat değerlerini oluşturan kişi, kuruluş veya kamu kurumunu temsil eder. Hak ve Hisse sınıfı, parselle ilişkili olan belirli hakları ve hisseleri tanımlar. Parsel sınıfı ise, modelin tek konumsal sınıfı olarak tasarlanmış ve taşınmazın geçmiş, şimdiki ve gelecekteki hak ve çıkarlarının konumsal boyutu olarak temsil edilen kadastro birimidir. Modelde parsel dışında başka herhangi bir konumsal birim tasarlanmamıştır. Modelde kullanılan yasal kaynaklar ise tapular, hava fotoğrafları, antlaşmalar, tüzükler, sertifikalar, sözleşmeler, kısıtlamalar, eylem, irtifak hakkı, icra emri, kiralama, ipotek, uydu görüntüleri, ölçü kroki notları olarak sıralanabilir. Modelde zaman bilgisi işlem belgesi nitelikleri kullanarak arazide hakların devri kaydını tutar. İşlemlerin Geçerlilik Tarihi, Sona Erme

sınırlamalardır), Ayrılmış haklardır (Yüzey sahipliğinden bağımsız olabilecek toprak mülkiyetine ilişkin haklar ve çıkarlardır). Bu modelde de diğer veri modelleri gibi temel birimi parsel olup başka konumsal birim düşünülmemiştir (Şekil 2.2). Modelde kullanılan yasal belgeler ise, tapu, ölçü planları, ipotek ve kira sözleşmeleri gibi tüm yasal ve yetkili belgeler kullanılır. Arazi parseli hem yasal hem de fiziki nesneleri temsil eder. Genel olarak, ArcGIS Parsel Veri Modeli, kullanıcıların CBS teknolojisi kullanarak arazi parsellerini yönetmesine yardımcı olan genel ve esnek bir veri modelidir. Veri modelinde çok katlı yapıları temsil etmek için düşey parseller poligon şeklinde temsil edilerek desteklenmektedir. Ancak, düşey parselleri temsil etmek için 3B ilkeler kullanılmamaktadır [69].

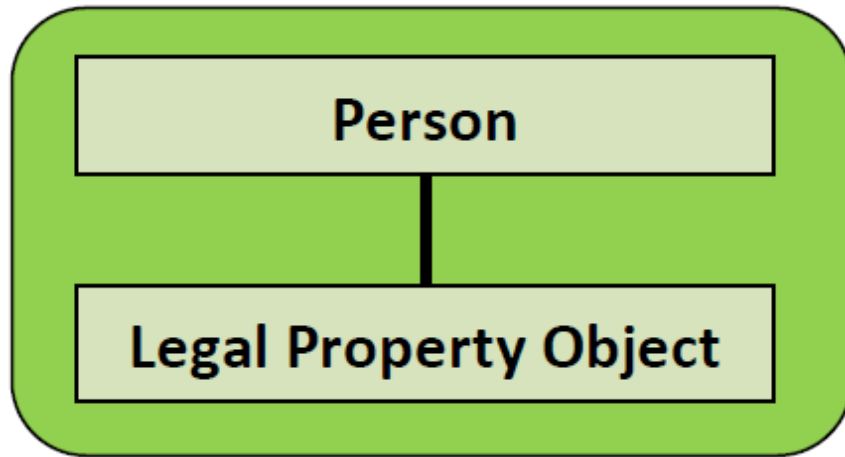


Şekil 2.2 ArcGIS Parsel Veri Modeli'nin temel nesneleri ve ilişkilerinin temsili [69]

2.4.4 Yasal Mülkiyet Nesnesi Modeli

Yasal Mülkiyet Nesnesi Modeli, Temel Kadastro Veri Modeli temel alınarak geliştirilmiş olup temel nesneleri Kişi ve Yasal Mülkiyet Nesnesidir (Şekil 2.3) [21]. Kişi, tüm özel, tüzel ve tüzel olmayan birey veya toplulukları kapsar. Yasal Mülkiyet Nesnesi ise veri modelinin tek temel konumsal birimi olup, her nesne ayrı bir Yasal Mülkiyet Nesnesi olarak değerlendirilir. Yasal Belge sınıfı, Yasal

Mülkiyet Nesnelerinin gerekli bilgilerini oluşturmak için modeldeki yasal veri kaynağını temsil eder. Aslında, yasal belge sınıfı, bir üçüncü kişinin yasal bir hak talebinde bulunabileceği bir Yasal Mülkiyet Nesnesinin kanıtını sunarak harici bir işlevselliğe sahiptir. En yaygın yasal belge ise mülkiyet tapusudur. Her yasal belge, bir yasal mülkiyet nesnesinin ve ilgili hak talebinde bulunan kişilerin açıklamalarını içerir. Zamansal bilgileri (işlem tarihi ve saati) modelde tanımlanan Yasal Belge sınıfında kaydedilir. Semantik veri yapısı, modelin sınıflarını ve niteliklerini tanımlamak için kullanılır. Bununla birlikte, veri modeli Yasal Mülkiyet Nesnesinin geometrik tanımını tanımlamaz. Veri modelinde Yasal Mülkiyet Nesnelerinin fiziksel karşılıkları dikkate alınmaz. Genel olarak, bu modelin avantajı arazideki tüm menfaatlerin (Hak, Kısıtlılık ve Sorumluluk) kapsamlı bir şekilde dâhil edilmesidir [19], [21], [22].



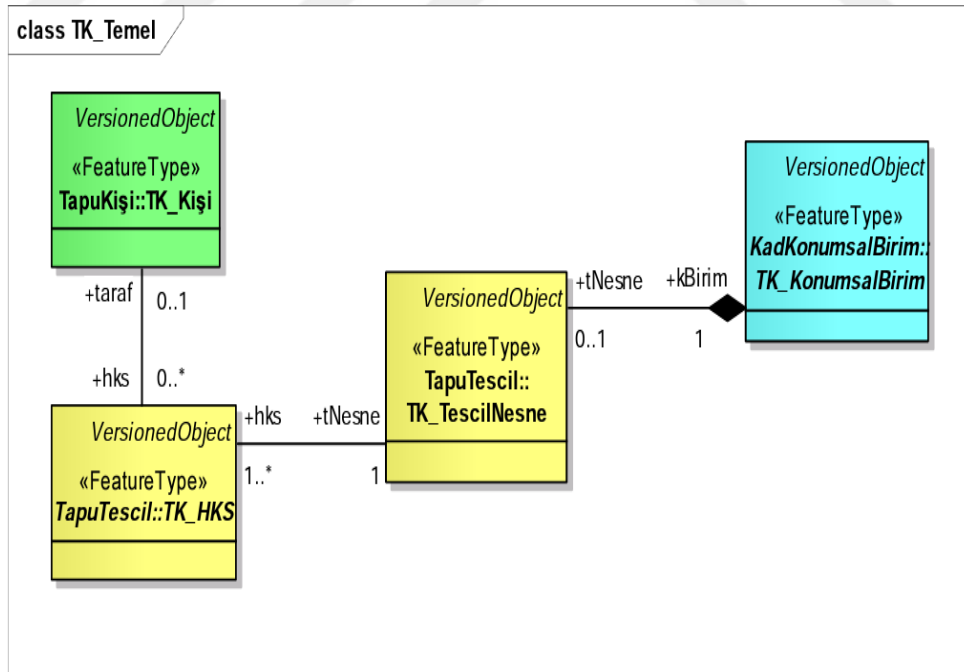
Şekil 2.3 Yasal mülkiyet nesnesi modeli temel sınıfların temsili [21]

2.4.5 e-Plan Modeli

e-Plan modeli, Hükümetler arası Yer Ölçümü ve Harita Oluşturma Komitesi (ICSM) başkanlığında Avustralya araştırma planlarının geometrik ve metinsel bilgilerini modellemek üzere geliştirilmiştir. ISO standartlarını ve Avustralya'nın Uyumlaştırılmış Veri Modeli (HDM) kurallarını kapsamaktadır. Uyumlaştırılmış veri kuralları, ulusal veri setlerinin yargı tarafından sağlanan verilerden derlenmesini kolaylaştırmak için geliştirilmiştir [23]. e-Plan modeli Belge, Araştırmacı, Ölçüm, Parsel, Adres, Geometri, Nokta ve Gözlem sınıflarından

2.4.6 Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Tapu-Kadastro Veri Teması

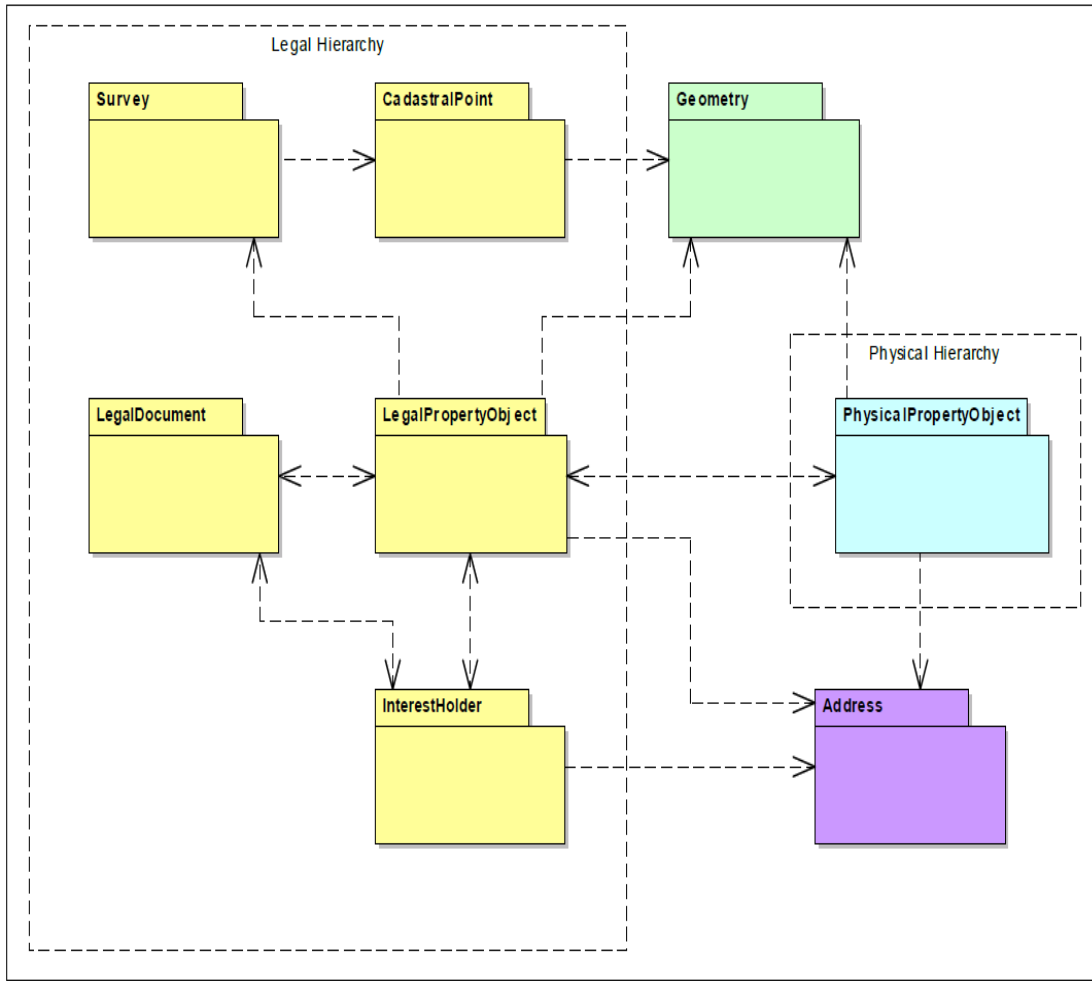
Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Tapu-Kadastro Veri Teması INSPIRE Direktifine uygun Coğrafi Bilgi Sistemi alt yapısı kurulmasını ve kamu kurum ve kuruluşlarının ürettikleri coğrafi verilerin içerik standartlarının oluşturulmasını hedefleyen bir e-devlet projesidir [65]. TUCBS veri temalarından bir tanesi olan Tapu-Kadastro veri teması; kadastro yapılan ve yeryüzünde mülkiyet hakkına sahip en küçük homojen birim olan kadastro parseli ve taşınmaz malları konumsal olarak ifade eder. Bu taşınmaz mallar için tapu kütüğünde tescil edilen mülkiyet ve diğer haklara ait bilgileri içerir. Şekil 2.5'te Tapu-Kadastro veri teması kapsamında geliştirilen sınıfların genel görünümü mevcuttur. Ayrıca bir diğer amacı ise, taşınmaz malların sınırlarının arazi ve harita üzerinde belirtilerek hukuki durumlarının ve üzerindeki hakların tespit edilmesidir. Tapu Kadastro temel olarak ada, parsel, parsel köşe noktaları, irtifak hakkı ve tapu bilgilerini içermektedir. Tapu Kadastro için belirlenen tüm detay tipleri taşınmaz mülkiyetine konu olmaları nedeniyle hemen hemen tüm veri temaları ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilişki içindedir [29].



Şekil 2.5 TUCBS Tapu-Kadastro veri teması temel işleyisi [75]

2.4.7 3B Kadastral Veri Modeli (3DCDM)

Yukarıda bahsedilen veri modellerinin kısıtlılıklarından (tek tip konumsal birim temel alınması, yasal verilerin modellenmesi, 3B desteklememesi vb.) dolayı zamanla geliştirilerek 3B veri modelleri gündeme gelmiştir. Bunlardan bir tanesi Avustralya Melbourne Üniversitesi Mekânsal Veri Altyapıları ve Arazi Yönetimi Departmanı, Victoria Sürdürülebilirlik ve Çevre Bölümü ve Hükümetler arası Ölçme ve Haritalama Komitesi iş birliği ile geliştirilen 3B Kadastral Veri Modelidir. Geliştirilen modelin amacı Avustralya yasal mülkiyet nesnesi modelinin (legal property objects) semantik olarak zenginleştirilip 3B kadastral nesnelerin fiziksel karşılıklarını desteklemektir. Bu kapsamda; 3B yasal nesneler ve fiziksel nesnelerin semantik olarak zenginleştirilmiş yeni bir 3B Kadastral Veri Modeli önerilmiştir (Şekil 2.6). Veri modeli tapu, senet, anlaşma, ipotek gibi yasal tüm belgeleri kullanır. Ayrıca veri modelinde ölçüm yapan kişi, kurum ya da kuruluş bilgileri, ölçüm belgeleri, mimari planlara da yer verilmektedir. Veri modeli 3B topolojiye izin verir ve arazi ile ilgili işlemlerin, yasal ve fiziksel değişikliklerin, ölçüm ve gözlemlerle ilgili tüm zamansal bilgileri de tutmaktadır. 3B Kadastral Veri Modelinde tanımlanan kadastral fiziksel nesneler ise bir kişiye, gruba ya da bir kuruma ait olabilen bina, bağımsız bölüm, tünel, boru hattı ve arazi yüzeyidir. 3B konumsal alan ile ilgili paydaşlar ise bir kişi, grup ya da kuruluş olabilir. Her bir “LegalPropertyObject”, alt sınıfları olan “_PhysicalPropertyObject” sınıfı ile ilişkilidir. Bu alt sınıflar: “Building” (Bina), “Land” (Arazi), “Tunnel” (Tünel), “UtilityNetwork (Yer altı şebekesi) ve “PhysicalPropertyObject” (maden, yol veya deniz gibi herhangi bir Fiziksel Özellik Nesnesi türü). “LegalPropertyObject” ve “_PhysicalPropertyObject” sınıfları arasındaki ilişki iki yönlüdür, yani ilgili nesneyi bulmak için her bir hiyerarşide (yasal veya fiziksel) gezinmenin mümkün olduğu anlamına gelir. “LegalPropertyObject” sınıfı yasal hiyerarşide temel sınıf iken, “_PhysicalPropertyObject” sınıfı 3B Kadastral Veri Model’inin 3B temsiline imkân veren bir başka önemli bileşenidir [19].

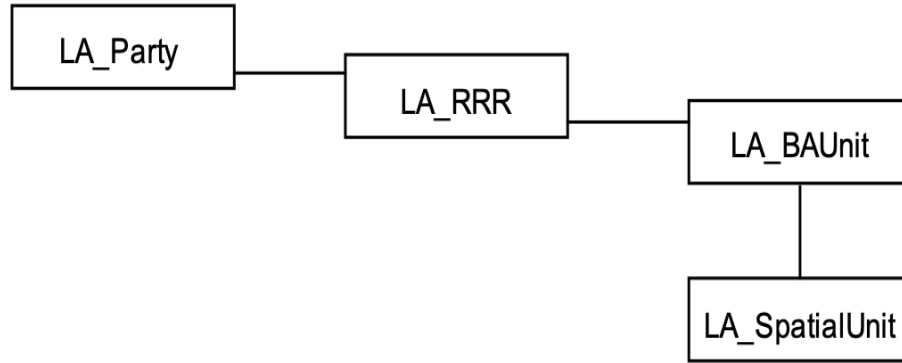


Şekil 2.6 3B Kadastral veri modeline ait genel kavramsal veri modeli [19]

2.4.8 Arazi Bilgi Yönetimi Modeli (Land Administration Domain Model- LADM)

Uluslararası bir standart olan ISO 19152:2012 Arazi Bilgi Yönetimi Alan Modeli (Land Administration Domain Model - LADM), kişi-hak-taşınmaz ilişkisini etkileyen hak, kısıtlılık ve sorumluluk (Right, Restrictions and Responsibility - RRR) arasındaki ilişkiyi düzenleyen kavramsal bir modeldir [29], [43], [49], [61], [70]. LADM referans veri modelinin tasarımı iki temel amaca dayanmaktadır. Birincisi, Modele Dayalı Mimari (Model Driven Architecture – MDA) kullanılarak, hali hazırda arazi ve mülkiyet bilgilerini yönetmek için yeteri kadar gelişmiş alt yapıya sahip olmayan ülkeler arasında etkili bir iletişim kurmak için bir arazi bilgi yönetim sistemi oluşturmaktır. İkinci ise, LADM, hem ülke içinde hem de farklı ülkelerdeki arazi idaresi aktörleri arasında iletişimi kolaylaştırmak için ortak bir dil oluşturmayı hedefler [70].

LADM sınıfları Unified Modelling Language (UML) kullanılarak tasarlanmıştır. LADM gösteriminde “ÖzellikTipi” (FeatureType), “KodListesi” (CodeList), “TanımKümesi” (Enumeration) ve “VeriTipi” (DataType) sınıfları bulunmaktadır. LADM’nin kavramsal yapısı üç ana ve bir alt paketten oluşmaktadır. Bu paketler; (1) Taraf Paketi (Party Package), temel sınıfı kişi veya kuruluşları temsil eden Taraf (LA_Party) sınıfıdır. (2) İdari Paket (Administrative Package), temel sınıfları yasal kayıt birimini temsil eden “TemelİdariBirim” (LA_BAUnit) ve taraflarla yasal kayıt birimi arasındaki hukuki ilişkileri düzenleyen Hak-Kısıtlama-Sorumluluk (LA_RRR) sınıfıdır. (3) Konumsal Birim Paketi (Spatial Unit Package), bir alan veya hacim geometrisini temsil eden “KonumsalBirim” (LA_SpatialUnit) sınıfıdır. Alt paket olan Temsil Alt Paketi (Surveying and Representation Subpackage) de kayıtlı ve kayıtlı olmayan kadastral nesnelerin geometrilerinin temsil edildiği pakettir [61], [70]. Şekil 2.7’de LADM temel sınıflarının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2.7 ISO 19152 LADM standardının ana sınıfları [70]

Model içerisinde geçmişe yönelik zamansal bilgiler “VersionedObject” sınıfında modellenmesini yönetmek için özel olarak tasarlanmış bir sınıftır. LADM'deki ana üç paket ve bir alt paket, “VersionedObject” sınıfından (AdministrativeSource ve SpatialSource sınıfı hariç) zamansal bilgilerin temsil edildiği öznelikleri devralmak üzere tasarlanmıştır (Şekil 2.8’de “VersionObject” sınıfının ilişkili olduğu sınıflar gösterilmektedir).



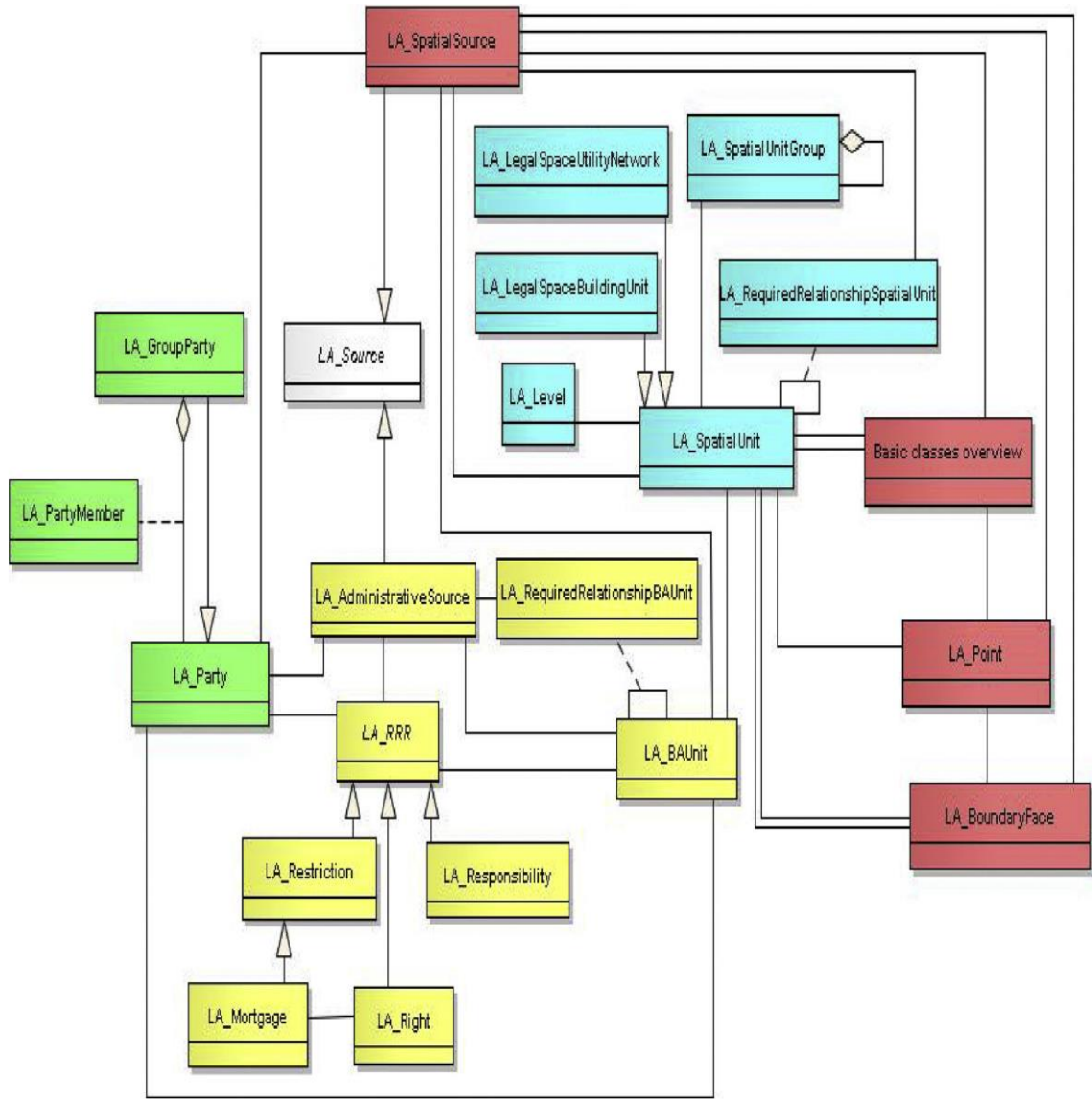
Şekil 2.8 LADM Version Objects sınıfının diğer LADM sınıfları ile ilişkisi [70]

Bu şekilde tasarlanan sınıfların sağ-üst köşesinde italik yazı ile "*VersionedObject*" ibaresi yer almaktadır. Zaman bilgisi her sınıf için ISO 19108 tarafından zamansal verilerin yönetimi için öngörülen başlangıç (startlifespanversion) ve bitiş (endlifespanversion) öznitelikleri ile tasarlanmıştır [49]. Sisteme başlangıç (start) bilgilerinin girilmesi zorunlu, fakat bitiş (end) bilgisi isteğe bağlıdır. Bitiş zamanı bilgilerinin kaydedilip kaydedilmemesi nesnenin kendisine bağlıdır [76]. "VersionObjects" sınıfındaki "Timestamp" (tarih bilgisi) ve "Time period" (tarih aralığı) kavramlarının yorumlanması gerekmektedir, çünkü LADM zaman bilgisinin düzenlenmesini kurumlara, eyaletlere ve ülkelere bırakmıştır. Yani LADM'de ifade edilen zaman bilgisi her kurum/eyalet/ülke tarafından kendi

sistemlerine uyarlanmalıdır [76]. “VersionObjects” sınıfı, zaman bilgilerini kaydetmek ve farklı sınıflardaki farklı olaylar için aynı kavramı kullanabilir. Örneğin, Taraf sınıfında bir kişi için başlangıç tarihi (startlifespanversion) doğum tarihi olabilirken, aynı kişinin bir taşınmaz ile olan ilişkisinde başlangıç tarihi mülkiyet edinme tarihi olabilir. Bu durumda zaman bilgisinin yorumlanması ve doğru kullanımında bazen problemler olabilmektedir [76], [77]. Dolayısıyla LADM'de tanımlanan zaman bilgisi ile ülkelerin hatta eyaletlerin sahip oldukları kadastro sistemlerinde kullanılması gereken zaman kavramları tam olarak örtüşmeyebilir. Bu nedenle kadastro sistemlerinde zaman bilgisinin nasıl uygun bir şekilde modellendiğinin dikkate alınması ve verilerin anlamsal belirsizlik olmadan anlamlı bir şekilde kullanıcılara sunulması gerekmektedir [76], [77].

LADM, harici (external) sınıflar oluşturarak yasal ve fiziksel nesneler arasında ayırım yapabilmektedir. Yani LADM'de fiziksel bir nesnenin modellenmesi kolay değildir. Bu nedenle, LADM'nin yasal nesneleri, harici veritabanlarındaki fiziksel nesnelere nesne tanımlayıcıları kullanılarak bağlanır. Örneğin, “ExtPhysicalUtilityNetwork”, altyapı envanter verilerinin harici kaydı için bir sınıftır. Taşınmaz değerlendirme, vergilendirme, arazi kullanımı, arşiv ile fiziksel bina ve altyapı envanterleri gibi harici sınıflar LADM'nin ilk versiyonunda yer almış fakat detaylandırılmamıştır [49], [78].

Şekil 2.9'da temsil edildiği üzere Taraf Paketi'nde yer alan sınıflar yeşil, İdari Paket'te yer alan sınıflar sarı, Konumsal Birim Paketi'nde yer alan sınıflar mavi, Ölçme ve Temsil Alt Paketi'nde yer alan sınıflar turuncu renkle görselleştirilmiştir. Sırası ile temel paketlerde yer alan sınıflar genel hatları ile açıklanmıştır.



Şekil 2.9 ISO 19152 LADM standardında tanımlanan temel sınıflar ve sınıflar arası ilişkiler [61]

“Taraf Paketi” (Party Package); RRR işlemlerinde rol alan gerçek kişi, tüzel kişi (LA_Party) ve tüzel kişiliği bulunmayan üyelerin birleşerek oluşturduğu “GrupTarf” (LA_GroupParty) ve bu sınıfa ait her bir üyenin temsil edildiği “TarfÜye” (LA_PartyMember) sınıfları ve bu sınıflara ait tanımlayıcı bilgileri içermektedir.

İdari Paket, herhangi bir konumsal bilgi içermeyen arazi sicillerindeki temel kayıt birimini temsil eden “TemelİdariBirim” (LA_BAUnit) ve bu birimler üzerindeki “Hak” (LA_Right), “Kısıtlılık” (LA_Restriction), “Sorumluluk” (LA_Responsibility)

ve “İpotek” (LA_Mortgage) bilgilerinin temsil edildiği pakettir. Ayrıca yasal kaynakların (tapu, senet vb.) “İdariKaynak” (LA_AdministrativeSource) ve “İdariKaynak” ile “TemelİdariBirim” (LA_BAUnit) arasındaki ilişkileri detaylandıran “GerekliTemelİdariBirimİlişkisi” (LA_RequiredRelationshipBAUnit) sınıflarını da temsil etmektedir.

Konumsal birim paketinde; arazi yönetiminde tescil edilen parsel, bina, bağımsız bölüm ve teknik alt yapı ağı gibi nesnelerin konumsal bilgileri “KonumsalBirim” (LA_SpatialUnit) sınıfında temsil edilir. “KonumsalBirim” sınıfının bir alt sınıfı olan “YasalKonumsalBinaBirimi” (LA_LegalSpaceBuildingUnit) binaların yasal konum bilgilerini, “YasalKonumsalAltyapıAğı” (LA_LegalSpaceUtilityNetwork) ise teknik alt yapı tesislerine ait yasal konum bilgilerini temsil eder. “KonumsalBirim” (LA_SpatialUnit) sınıfına ait birden fazla konumsal birim birleşerek (kadastral ada, belediye, il vb.) konumsal birim gruplarını (LA_SpatialUnitGroup) oluşturabilir [70], [78]. “Katman” (LA_Level) sınıfı, geometrik veya tematik bütünlük gösteren konumsal birimleri gruplandırmak için kullanılmaktadır. Katman sınıfı sayesinde, kentsel ve kırsal katmanlar, noktasal, çizgisel ve alansal konumsal birim katmanları veya teknik altyapı tesisleri ayrı ayrı gruplandırılabilir [61], [78]. Böylece konumsal birimlerin tanımlı oldukları mevzuata göre sınıflandırılmasına imkân sağlamaktadır [79]. Bazen konumsal birimlerin konum doğruluklarının yeterli olmaması nedeniyle, konumsal analizler (çakıştırma -overlay- analizi vb.) güvenilir sonuçlar vermeyebilir. Bu sorunu çözmek için “GerekliKonumsalBirimİlişkisi” (LA_RequiredRelationshipSpatialUnit) sınıfı, konumsal birimler arasındaki topolojik ilişkileri yazılı biçimde ifade etmek için kullanılmaktadır [70].

“ÖlçmeVeTemsil” (MeasurementAndSurvey) alt paketi; Konumsal Birim paketinde temsil edilen kadastral nesnelere ait geometrik ve topolojik karakterleri “Nokta” (LA_Point), “SınırYüzeyiKenarı” (LA_BoundaryFaceString) veya “SınırYüzeyi” (LA_BoundaryFace) sınıflarıyla temsil etmektedir [70].

LADM v1, 3B fiziki temsiliyeti yetersiz olduğundan ve harici sınıfların ilk versiyonda dâhil edilmemesinden dolayı 2018 yılında güncelleme çalışmalarına başlamış ve 2023 yılında tamamlanması hedeflenmektedir [62], [80]. Aşağıda

belirtilen bölümler güncelleme çalışmaları kapsamında, LADM II versiyonuna dâhil edilecektir [81]:

- ISO 19152-1- LA'nın Temelleri (Land Administration Fundamentals)
- ISO 19152-2 – Arazi Tescili (Land Registration or Land Interest)
- ISO 19152-3 – Deniz Alanları (Marine Space or Marine Geo-Regulation)
- ISO 19152-4 – Taşınmaz Değerleme (Land Valuation)
- ISO 19152-5 – Konumsal Planlama (Spatial Planning)
- ISO 19152-6 – Uygulamalar (Implementations)

Standardın güncelleme ve revizyon çalışmaları kapsamında yeni bölümler oluşturulmasının yanı sıra, taşınmazların ölçümlerine ve 3B temsiliyetine imkan veren diğer standartlar (CityGML, IFC, LandInfra/InfraGML, vb.) ile entegrasyonu da geliştirilecektir [54].

2.4.9 Standart Bilgi Modellerinin Değerlendirilmesi

Tüm bu modeller kadastral verilerin organize edilmesi ve paylaşılması amacı ile geliştirilerek 3B Kadastroya geçiş aşamasının temelini oluşturmaktadır. Hızla gelişen teknoloji ile bahsi geçen veri modelleri geliştirilerek 3B veri modellerine doğru evrilmiştir. Literatürdeki [1], [19], [29] araştırmalara göre belirlenen 10 kriter ile yukarıda anlatılan kadastral veri modelleri karşılaştırılmıştır. Literatüre göre belirlenen kriterler ve açıklamaları Tablo 2.1'de verilmiştir. Belirlenen kriterler sayesinde modellerin daha anlaşılır düzeyde analizi yapılabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen veri modelleri ülkeler arasında farklılık gösterse de 2B bir arazi parselinin temel yapı taşına dayanmaktadırlar. Mevcut kadastral veri modelleri, bir 2B arazi parselinin tanımı üzerine geliştirilmiştir [1], [21]. Bununla birlikte, bağımsız bölüm, çok katlı yapılar, tünel ve köprüler gibi yerin altında ve üstünde derinliği/yüksekliği olan üç boyutlu yapılar için 2B arazi parseli kadastraların artık en etkili yapı taşı değildir. Tüm bu kısıtlılıkların giderilebilmesi için 3B kadastral nesnelerin ve parsellerin tanımlanması ve ihtiyaca yönelik veri modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Temel Kadastral Veri Modeli, FGDC ve ArcGIS Parsel Veri Modeli gibi kadastro veri modellerinin çoğu 2B arazi parsellerine dayalı olarak geliştirilmiştir. e-Plan, 3DCDM ve LADM, 3B RRR'leri modellemek için 3B parselleri desteklemektedir. Ancak, e-Plan'da tam olarak uygulanmamaktadır [22]. 3DCDM hariç diğer kadastro veri modelleri coğrafi entegrasyon ve geometrik tutarsızlıkların giderilmesi açısından semantik olarak zenginleştirilmemiştir.

Tablo 2.1 Kadastral veri modellerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler ([19]'dan yararlanılarak oluşturulmuştur)

Belirlenen Kriterler	Kriterler ile İlgili Açıklamalar
Temel Nesne	Veri modelindeki temel nesnenin ne olduğunu sorgular. (Kişi, parsel, konumsal birim, hak)
Temel Konumsal Birim	Veri modelinin temel konumsal biriminin ne olduğunu sorgular. (2B parsel veya 3B parsel)
Diğer Konumsal Birim Türleri	Veri modelinde başka konumsal birim türlerinin olup olmadığını sorgular.
Kaynaklar	Veri kaynaklarının neler olduğunu sorgular. (Tapu, senet, sözleşme, yasalar, ölçüm krokileri, mimari planlar)
Uygulama Alanı	Veri modeli hangi amaçlar için kullanılmakta olduğunu sorgular. (Vergi, değerlendirme, kadastro, planlama, tescil, kadastro)
Zamansal Yönü	Hak, kısıtlama ve sorumlulukların veri modelinde zamansal yönünün desteklenip desteklenmediğini sorgular. (RRR'nin başlangıç ve bitiş tarihleri)
Veri Modeli ile İlgili Diğer İlgi Alanlarının Dâhil Edilmesi	Veri modelinde diğer ilgi alanlarının göz önünde bulundurularak dikkate alınıp alınmadığını sorgular. (Yer altı şebekesi, maden hakkı, biota hakkı)
Katmanlı RRR'leri Yönetip Temsil Etmesi	Veri modeli katmanlı RRR'leri nasıl temsil ettiğini sorgular. (İzdüşüm, sembol, 2B, 3B ilkeleri)
Semantik Düzeyi	Veri modelinin hangi düzeyde semantik içerdiğini sorgular. (Sınıf düzeyi, öz nitelik düzeyi, geometri düzeyi)
Fiziksel Nesneler	Veri modeli yasal nesnelerin fiziksel karşılıklarını nasıl desteklemekte olduğunu sorgular. (Modelin içerisinde, harici sınıflar ile)

Kadastro veri modelleri, yasal nesnelerin temsil edilmesi için iyi sonuç verirken, fiziksel detayların temsiliyetine imkân vermemektedir. 3DCDM yasal nesnelerin fiziksel karşılığını da temsil ettiği için kullanıcılar için gerekli ayrıntı seviyesini temin etmektedir. Tablo 2.2’de ise kriterler doğrultusunda geliştirilen kadastral veri modelleri karşılaştırılmıştır.



Tablo 2.2 Geliştirilen kadastro modellerinin tablo 2.1’de belirlenen kriterlere göre karşılaştırılması

Özellikler	Temel Kastro Veri Modeli	FGDC	ArcGIS Parsel Veri Modeli	Yasal Mülkiyet Nesnesi Modeli	e-Plan	LADM	3D CDM	TUCBS TK Veri Teması
Temel Nesne	Kişi, Hak, Parsel	Temsilci, Haklar ve Çıkarlar, Parsel	Sahiplik, Yükümlülükler, Ayrılmış Haklar	Kişi, Yasal Mülkiyet Nesnesi	Parsel, Belge, Ölçüm, Araştırmacı, Gözlem, Adres, Nokta, Geometri	LA_Party, LA_RRR, LA_BAUnit, LA_SpatialUnit	Yasal Mülkiyet Nesnesi	Parsel, Kişi, Hak
Temel Konumsal Birim	2B Parsel	2B Parsel	2B Parsel	Yasal Mülkiyet Nesnesi	2B Parsel	LA_Spatial Parcel	Yasal Mülkiyet Nesnesi	2B Parsel
Diğer Formdaki Konumsal Birimler	Yok	Yok	Düşey parsel	Her nesne ayrı bir Yasal Mülkiyet Nesnesi olarak değerlendirilecektir	BuildingFormatLot, VolumetricLot	Durum tabanlı, Metin tabanlı, Nokta tabanlı, Çizgi tabanlı	Her nesne ayrı bir Yasal Mülkiyet Nesnesi olarak değerlendirilecektir	Yok
Referans Belgeler	Sözlü anlaşma, Özel bilgi, Senet kaydı, Tapu sicilidir	Tapu, Hava Fotoğrafı, Anlaşma, İpotek, Uydu Görüntüsü, Ölçüm Notları	Tapular, Ölçüm planları, İpotekler, Kira sözleşmeleri	Tüm yasal dökümanlar	Tapu, Onay, İşlem Yapma, Diğer tüm yasal belgeler	Yasal ve / veya idari gerçekleri sağlayan tüm belgeler	Tüm yasal dökümanlar	Tapu

Tablo 2.2 Geliştirilen kadastro modellerinin tablo 2.1’de belirlenen kriterlere göre karşılaştırılması (devamı)

Uygulama Alanları	Değerleme, Vergilendirme, Arazi kiralama güvenliği, Konumsal veya fiziki planlama	Kadaastro bilgilerinin modellenmesi, yasal öğelerin otomatikleştirilmesi için temel oluşturma	Parsel seviyesi yönetiminin geliştirilmesi, CBS ortamlarında parsel düzeyinde işlevlerin desteklenmesi	Arazi yönetim sisteminin yeni mevzuat ve arazi ile ilgili kanunlar açısından daha genişletilebilir ve ölçeklenebilir olmasını kolaylaştırır	Baskılı veya PDF planlarına olan güvenin ortadan kaldırılması, plan verisinin kalitesinin iyileştirilmesi, plan inceleme işleminin geliştirilmesi	Arazi yönetimi uygulamaları	Çok amaçlı kadastro ve arazi yönetim uygulamaları	Kadaastro bilgilerinin ve verilerinin modellenmesi, veri alışverişi için için temel oluşturma
Zamansal Yönü	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Katmanlı hakların HKS'nin yönetimi ve gösterimi	2B Parsel	2B Parsel	2B Parsel	2B Parsel	2B Parsel, Hacimsel Geometri	LA_BoundaryFaceString (2B Parsel), LA_BoundaryFace (3B Parsel)	3B Parsel,	2B Parsel
Semantik Seviyesi	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada	Semantik gösterimi desteklemede	Sınıf ve Öznitelik tanımlamada

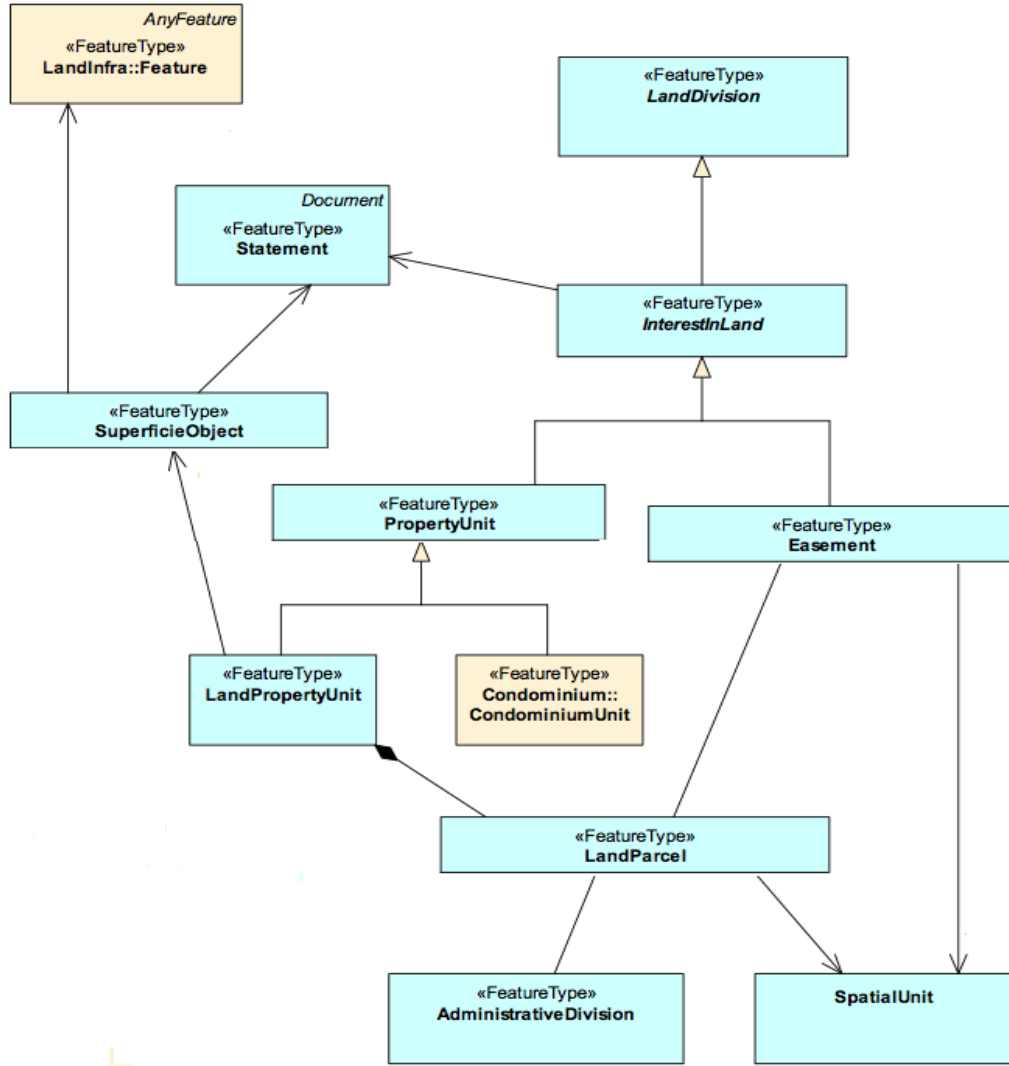
Tablo 2.2 Geliştirilen kadastro modellerinin tablo 2.1’de belirlenen kriterlere göre karşılaştırılması (devamı)

Fiziksel Nesneler	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Harici veritabanı	Var	Yok
Geliştiren Ülkeler	Hollanda	Amerika	ESRI	Avustralya ve Yeni Zelanda	Avustralya ve Yeni Zelanda	Hollanda	Avusturalya ve Yeni Zelanda	Türkiye

2.5 Fiziksel Veri Modelleri

2.5.1 OGC LandInfra / InfraGML

Arazi ve Altyapı Kavramsal Modeli (Land and Infrastructure Conceptual Model – LandInfra), OGC tarafından arazi ve inşaat mühendisliği altyapı tesisleri için geliştirilen yeni ve açık bir standarttır [34], [35]. LandInfra'nın odak noktası, LandXML'in işlevselliğini koruyarak inşaat çalışmaları (çok katlı yapıların yapılması), ulaştırma (kara yolu, demir yolu vb.), arazi yüzeyi, arazi parselleri ve ıslak alt yapılara (yağmur drenajı, atık su ve su dağıtım sistemleri vb.) ilişkin veri yönetimi için kavramsal bir yapı ve uygulama şeması sunmaktır. LandInfra için Coğrafi İşaretleme Dilini (Geography Markup Language – GML) kullanılarak InfraGML uygulama şeması hazırlanmıştır [6], [82]. LandInfra/InfraGML bir kavramsal model ve Yol, Arazi bölümü ve Demir yolu gibi sekiz alt bölümden oluşmaktadır. LandInfra/InfraGML'in alt sınıflarından Arazi Bölümü (LandDivision) Arazi Bilgi Yönetimi kapsamında değerlendirilebilir. LandInfra'da bir arazinin yasal kısımları İdari Bölümde (AdministrativeDivision), mülkiyetle ilişkili durum Arazi Bölümü (LandDivision) ile geometrileri ise İrtifak Hakkı (Easement) ve Arazi Parseli (LandParcel) geometrilerini bir-boyutlu, 2B ve 3B temsillerle tanımlayan Konumsal Birim (SpatialUnit) sınıflarıyla temsil edilmiştir (Şekil 2.10) [35], [82].

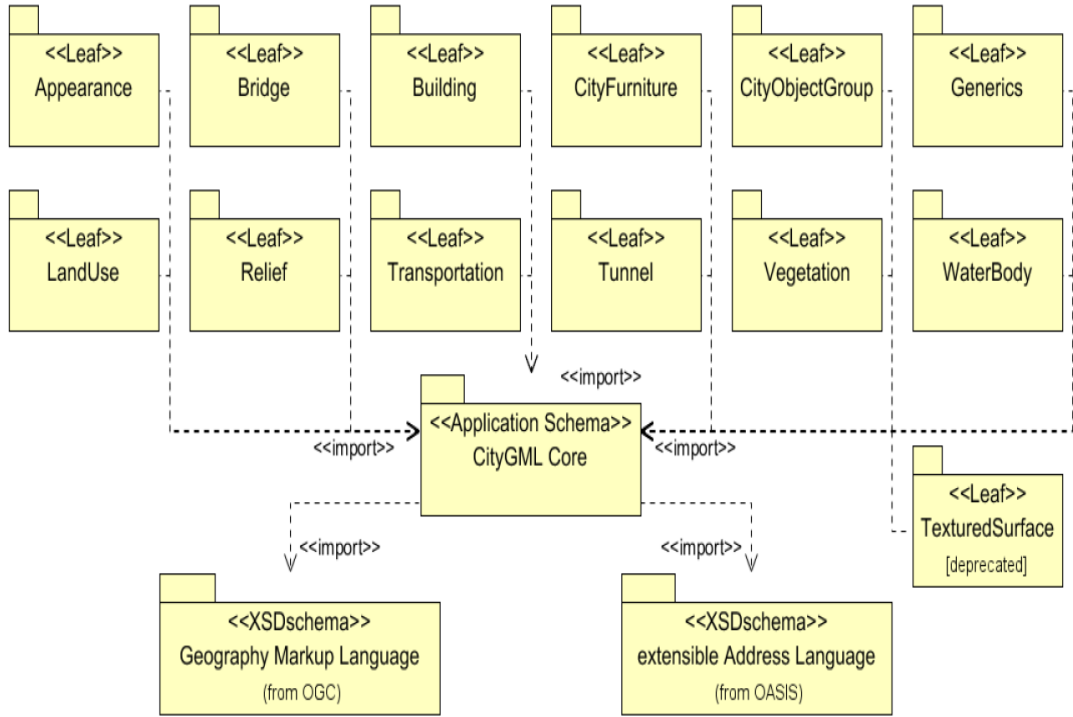


Şekil 2.10 OGC LandInfra/InfraGML standardının arazi bölümü paketinin temsili [82]

2.5.2 OGC CityGML

CityGML (City Geography Markup Language), 2008 yılında OGC tarafından standart olarak kabul edilen, 3B kent nesnelerinin değişimini, paylaşımını, depolanmasını ve bakımını kolaylaştırmak için XML tabanlı bir formatta temsil edilen GML için kapsamlı bir uygulama şemasıdır. CityGML tarafından 3B kent nesneleri, geometri, topoloji, semantik ve görünüm açısından temel varlıkları, nitelikleri ve ilişkileri ile temsil edilir [32], [37], [38]. CityGML veri modelinin “core” ve “thematic” olmak üzere iki modülü vardır. “Core” modülü, içinde tematik sınıfların türetildiği CityGML veri modelinin soyut temel sınıflarını tanımlar (Şekil

2.11). CityGML'nin “thematic” modülü ise, on üç farklı veri teması ile 3B kent modelinin belirli tematik alanlarını sağlar [11], [83], [84]. Ayrıca sunulan veri temalarının yanında modeldeki veriler kullanılarak modelin genişletilmesine ve farklı veri modelleri ile entegre edilebilmesine imkan sağlayan ADE (Application Domain Extension) mekanizması mevcuttur [83], [85]. CityGML standardı 3B kent nesnelerini hem geometrik hem de anlamsal bilgiler içeren beş ayrıntı düzeyi (LoD - Level of Detail) ile temsil eder [86]. LoD0, daha az ayrıntılı bilgi sağlayarak ve her (x,y) koordinatı için yalnızca bir yükseklik değerinin tanımlandığı 2.5B geometrisini tanımlar. LoD1, kentsel nesneleri 3B prizmatik blok modeller olarak tanımlar. LoD2, çatı ve duvarların yanı sıra çatı pencereleri ve balkonlar gibi diğer yapıların da şeklini temsil eder. LoD2 ayrıca bitki örtüsünü daha ayrıntılı olarak temsil eder ve su yüzeyini ve zemini birbirinden ayırabilir. LoD3, kentsel nesnelerin ayrıntılı mimarisini temsil eder. Ayrıca bitki örtüsünün şekli, su kütlesi ve yapı nesnelerini ayrıntılı yönleriyle temsil edebilmektedir. LoD4 ise, bir binanın iç duvarlar, mobilyalar ve odalar gibi mimari unsurlarını içerir. CityGML, 3B kadastro kapsamında kadastral verilerin yönetilmesi ve temsil edilmesine ilişkin yasal veriler ile ilgili herhangi bir bilgi içermemektedir. Ancak CityGML’de, taşınmazların 3B geometrik temsiliyetine imkân veren sınıfları mevcuttur. Kadastro açısından en önemli sınıfı CityGML “ZeminÜstüKatYüksekliği” (storeysHeightsAboveGround), “ZeminAltıKatYüksekliği” (storeysHeightsBelowGround) gibi öz nitelikleri içeren “SoyutBina” (_AbstractBuilding) sınıfıdır. “SoyutBina” sınıfı uygulama şemalarında temsil edilmesi için, “Bina” (Building) ve “BinaBölümü” (BuildingPart) alt sınıfları oluşturulmuştur. Ayrıca CityGML’de bina dışındaki yapıları (balkon, merdiven, vd.) temsil etmek için “Bina Donatısı” (BuildingInstallation), bina içindeki alanları (konut, ticari) gösteren “Oda” (Room) sınıfı bulunmaktadır [84].



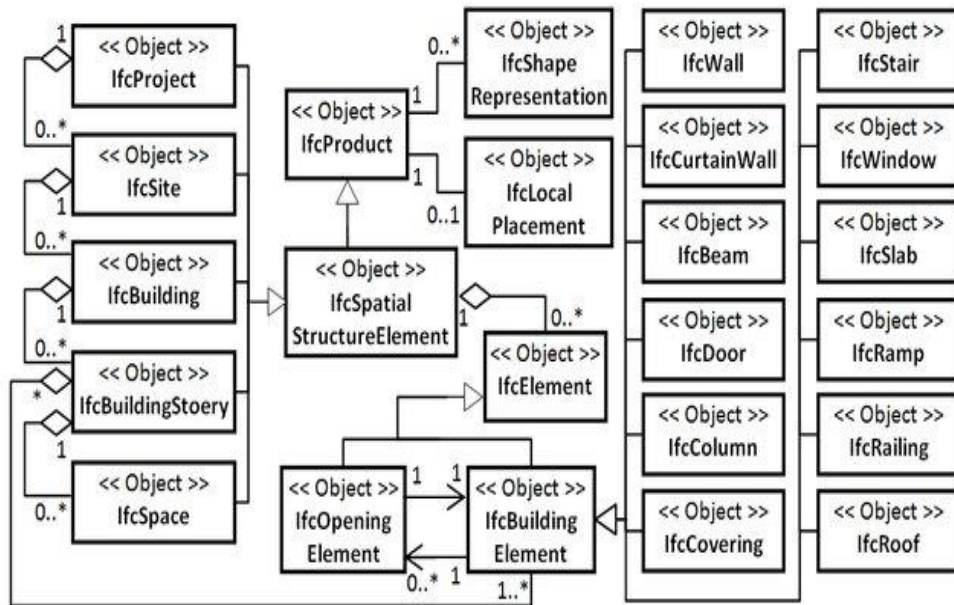
Şekil 2.11 CityGML 2.0'da yer alan modüller ve aralarındaki ilişkilerin UML temsili [84]

CityGML 2.0 versiyonu hem arazi bilgi yönetimi kapsamında detaylı bilgi sağlayabilmesi hem de IFC, IndoorGML ve LADM gibi standartlar ile daha iyi çalışabilmesi için yeni bir sürüm olan CityGML 3.0 versiyonunun yayımlanmasına yönelik çalışmalar 2015 yılında başlamıştır. Fakat CityGML 3.0 versiyonunda parsel, mülkiyet, değerlendirme gibi arazi bilgi yönetimi bileşenlerine ilişkin herhangi bir tanımlama sunulmamış sadece yukarıdaki standartlar ile entegrasyonuna yönelik iyileştirmeler yapılmıştır [85], [87].

2.5.3 ISO 16739:2013 IFC / BIM

BuildingSMART tarafından, IFC (Industry Foundation Classes) standardı BIM (Building Information Model) platformunda birlikte çalışabilirliği kolaylaştırmak ve yapı üretim sürecinin tüm aşamalarının modellenmesi ve yönetilmesi için geliştirilerek bir ISO (ISO16739) standardına dönüşmüştür (ISO, 2018). Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (AEC) ve Tesis Yönetimi (FM) alanlarındaki yazılım uygulamalarını BIM platformları üzerinden paylaşmak ve değiş tokuş

etmek de mümkündür. IFC standardı, geometrik bir temsili veya konumsal kapsamı olan bina nesnelerini yönetmek için hiyerarşik bir konumsal veri modeli kullanır (Şekil 2.12). IFC standardının kullandığı konumsal veri modeli hiyerarşisindeki en üst soyut sınıf “IfcProduct” sınıfıdır. “IfcProduct” sınıfının “IfcElement” ve “IfcSpatialElement” olmak üzere iki alt sınıfı vardır. “IfcElement” sınıfı, yapı elemanları (IfcBuildingElement) ve coğrafi elemanlar (IfcGeographicElement) gibi fiziksel olarak var olan elemanları modellemek için kullanılan IFC varlıklarının bir üst sınıfıdır. “IfcSpatialElement” sınıfı ise, bir IFC dosyası içindeki konumsal düzenlemeleri tanımlayan iki varlığın üst sınıfıdır. Bu varlıklardan bir tanesi olan “IfcSpatialStructureElement”, bir bina projesinin konumsal yapısını tanımlayan unsurları içerir. Bu unsurlar, alan varlıklarını "IfcSite", binaları "IfcBuilding", bina katlarını "IfcBuildingStorey" ve iç mekânları "IfcSpace" sınıfları içerisinde tanımlar. “IfcExternalSpatialElement” ise çeşitli dış alan, bölge ve hacim türlerini modelleyen ve “IfcExternalSpatialStructureElement” alt sınıfına sahip olan diğer bir varlıktır [85]. Tamamen teknik bir standart olup İnşaat ve Mimari projeler üzerine geliştirilmiştir. Arazi bilgi yönetimi kapsamında herhangi bir tanımlama içermemektedir. Arazi bilgi yönetimi kapsamında kullanılabilmesi için LADM gibi veri modellerinden harici destek alması gerekmektedir.



Şekil 2.12 IFC Bina modeli [88]

2.5.4 IndoorGML

OGC tarafından diğer standartlara göre nispeten yeni sayılan IndoorGML bina içi navigasyon amacıyla 3B konumsal bilgilerin modellenmesi için geliştirilmiştir (Lee, 2014). Bu standardın temeli, Yapılandırılmış Uzay Modeli (Structured Space Model- SSM) ve Çok Katmanlı Uzay Modeli (Multi-Layered Space Model - MLSM) olmak üzere iki kavramsal çerçeve tarafından desteklenmektedir. SSM, anlamsal yorumundan bağımsız olarak iç mekânın konumsal düzenini belirtir. Yani, iç mekânlar arasındaki geometrik ve topolojik ilişkilerini modeller ve iç mekânlarda navigasyon ağını sağlar. MLSM ise, SSM'nin çoklu alan katmanlarının bir kombinasyonunu içererek her bir iç mekân ögesi arasında sensörler (Wi-fi sensörü, RFID sensörü) ile anlamsal ilişkileri sağlayarak navigasyon sürecinden sorumlu olur [89]. IndoorGML standardı temelinde iç mekânlar arasında topolojik ilişkileri tanımlamaya ve konumsal bilgilerini açık bir veri modeli olan XML şeması ile sunmak üzere geliştirilmiştir [90]. IndoorGML standardı, 3B iç mekân nesneleri hakkında ayrıntılı anlamsal ve konumsal bilgi sağlamayabilir. Ancak, CityGML ve IFC gibi zengin konumsal veri modellerinden harici olarak bu bilgiler sağlanabilir [40]. IndoorGML'in önemli olan kısıtlılıklarından bir tanesi iç mekân nesnelerini ("CellSpace") bir konumsal bölge veya yapı içinde düzenleme ve gruplandırma yeteneği sağlamamasıdır. Örneğin, bir apartman alanına ait park ve depolama alanları arasında ilişkilendirme desteği yoktur. Bu durumda bu standardın biraz daha geliştirilmesi veya bu eksiklikleri giderebilecek diğer standartlar (CityGML, IFC vb.) ile harici destek sağlanması gerekmektedir.

2.6 LADM Tabanlı Geliştirilmiş Seçilen Ülke Profillerinin İncelenmesi

UN-Habitat, FAO, World Bank gibi uluslararası kuruluşlar Arazi Bilgi Yönetim sistemlerinde ortak bir ontoloji oluşturan LADM v1 kullanılmasını teşvik etmektedir. Bu bağlamda yaklaşık 40 ülke tarafından LADM tabanlı ülke profilleri çalışılmıştır. Geliştirilen ülke profilleri LADM'nin daha geniş kapsamda benimsenmesi ve eksikliklerinin giderilmesi açısından önemli katkılar sunmaktadır [91]. Geliştirilen ülke profillerinin bazıları sadece kavramsal düzeyde

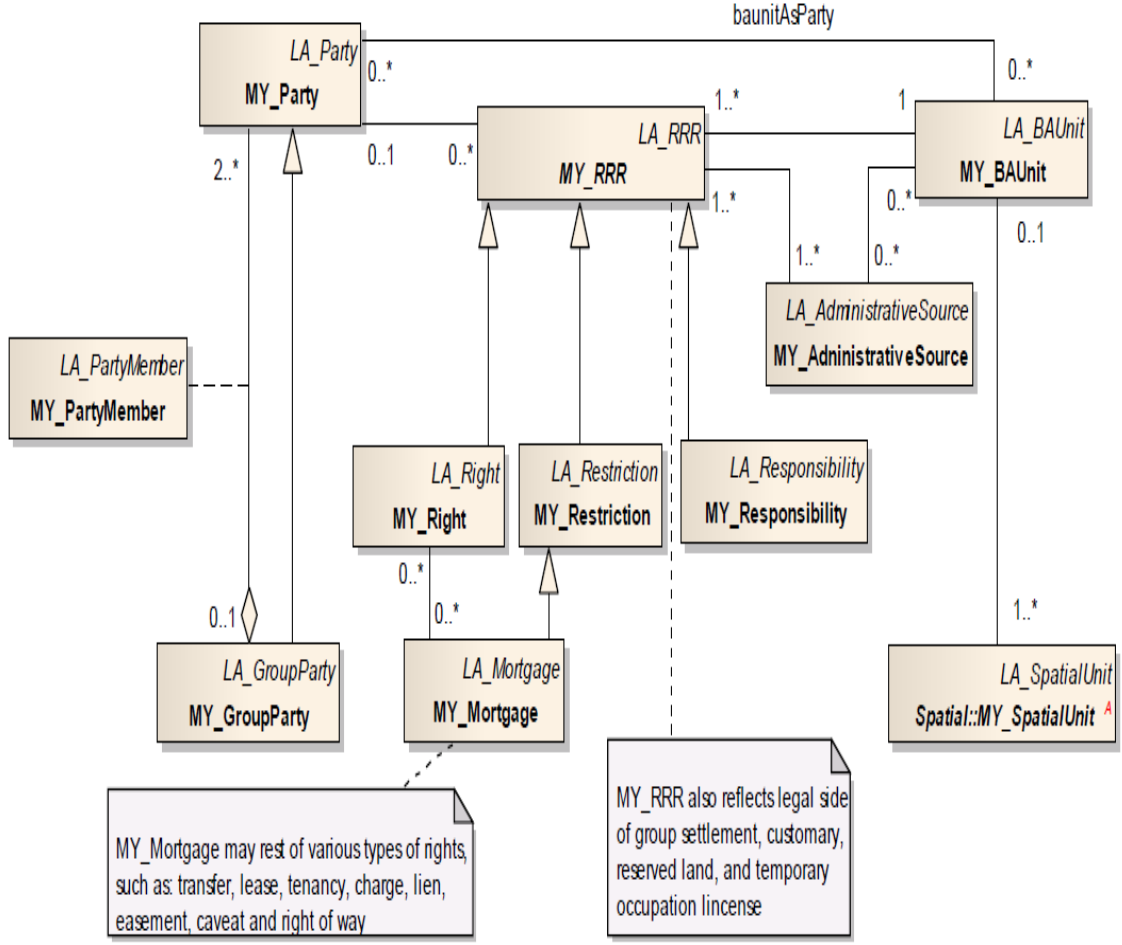
kalmakta, bazıları ise uygulama ve çözüm önerileri sunmaktadır. Çalışılan ülke profillerinin bazıları LADM sınıflarını bire bir kendi kadastral sistemlerine uygularken, bazı ülkeler ilave sınıflar ile modeli genişletebilmektedir. Yine bazı ülkeler yeraltı kadastrosu, marina kadastrosu gibi spesifik bir alana modeli uygulayabilmektedir. Akademi-devlet iş birliği ile geliştirilen ülke profillerinin sayısı akademik çalışmalara göre çok az kalmaktadır [92].

Devam eden bölümde bazı ülkelerin geliştirmiş oldukları LADM ülke profilleri açıklanacaktır. İncelenecek ülkeler seçilirken hakkında en detaylı kaynak bulunan ülkeler olmasına dikkat edilmiştir.

2.6.1 Malezya

Malezya'da kadastro sistemi Su, Arazi ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde bulunan Arazi ve Maden Genel Müdürü Dairesi (DDGLM) ve Malezya Etüd ve Haritalama Dairesi (DSMM) olmak üzere iki farklı kuruluş tarafından yönetilmektedir. DSMM'nin temel görevi parsellerin ölçülmesi, haritalanması ve konumsal bileşenlerinin gösterildiği Onaylı Planların (CP) üretilmesini sağlamaktır. Arazi idaresinin hukuki yönlerinin denetlemek ve mülkiyetin tescili DSMM, kurumunun sorumluluğundadır. Her bir kuruluşun parselleri 2B temsiliyetine imkân sağlayan DDGLM için “eTanah” ve DSMM'de “eKadaster” olmak üzere iki farklı arazi bilgi yönetim sistemleri mevcuttur. Genel olarak Malezya kadastro sistemi, yüzey seviyesinde ve yüzey seviyesinin üstünde ve altında bulunan taşınmazlar ile ilgilenir [93], [94], [95]. Geliştirilen ülke profili LADM'nin temel sınıfları altında geliştirilmiş ve LADM sınıflarından gelen tüm ilişkileri devralacak şekilde tasarlanmıştır. Malezya LADM ülke profili, yasal kısmı ve konumsal kısmı içerdiğinden 3B temsiliyete izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Taraf (MY_Party) paketinin ana sınıfları MY_Party, MY_GroupParty ve isteğe bağlı bir ilişkilendirme sınıfı olan MY_PartyMember sınıflarından oluşur. Taraf, bir mülkiyet işleminde rol oynayan kişi veya kuruluştur. Kuruluş bir şirket, belediye veya devlet olabilir. Bir taraf ise, birlikte ayrı bir varlık oluşturan herhangi bir sayıdaki taraftır. İdari birim paketi, MY_RRR (MY_Right, MY_Restriction ve MY_Responsibility), MY_Mortgage, MY_BAUnit (Temel İdari Birim) ve

MY_AdministrativeSource sınıflarından oluşur. Hak (MY_Right), sisteme dâhil olan tarafın mülkiyet, örf ve âdet, irtifak hakkı ve kiracılık hakları gibi eylem veya faaliyetlerinden oluşur. Kısıtlama (MY_Restriction), bir şeyi yapmaktan kaçınmaya yönelik resmi veya gayri resmi bir yetkidir. Sorumluluk (MY_Responsibility), bir anıtın veya binanın bakımı gibi bir şeyi yapmak için resmi veya gayri resmi bir yükümlülük olarak tanımlanır. MY_Mortgage, MY_Right sınıfıyla (0..*) ilişki türüne sahip ve MY_Restriction sınıfının bir alt sınıfıdır. Bir “İdariBirim” sınıfı (MY_BAUnit), Arazi Bilgi Yönetim Sistemine dâhil edildiği gibi, bir veya daha fazla benzersiz ve homojen hak, sorumluluk veya kısıtlamanın tüm varlık ile ilişkilendirildiği sıfır veya daha fazla taşınmazdan oluşan idari bir varlıktır [95]. Malezyada taşınmaz birimi katmanlı nesnelerden (Strata objects) oluşur. Bu katmanlı nesneler; bina ve bina bölümleri (3B temsil edilir), parsel, ek birimler ve ortak mülkiyet birimi olarak sınıflandırılır. Ayrıca Malezya ülke profili, kamu hizmetleri için yeraltı ağlarını (utilities) desteklemektedir. Taraflar, 2B’dir, ancak ilişkili oldukları nesneler 3B temsil edilir (3B topolojisi olmayan nesneler için 3B hacimsel açıklamalar yer alır.). MY_GenericLot, MY_Lot2D ve MY_Lot3D olmak üzere iki alt sınıfa sahiptir. MY_Lot2D, paylaşılan sınırlar (MY_BoundaryFaceString) ile ilgili 2B topolojiye dayanmaktadır. MY_LandParcel sınıfında bir katman nesne türü 2B olarak temsil edilir. Diğer katman nesnelerinin (MY_BuildingUnit, MY_ParcelUnit, MY_AccessoryUnit, MY_CommonPropertyUnit, MY_LimitedCommonPropertyUnit, LimitedCommonProperty ve MY_CommonProperty) 3B temsil edilebilmesi için bir üst sınıf olan MY_Shared3DInfo sınıfı oluşturulur [95]–[98]. Şekil 2.13’te Malezya LADM ülke profiline ait genel UML model verilmiştir. Uluslararası bazda ISO 19152 standardı temel alınarak geliştirilen Malezya ülke profilinde katmanlı nesneler ile ilgili terminolojik karışıklık çözülmüş durumdadır. Bu sadece Malezya için önemli değil, aynı zamanda katmanlı nesneler yasası (strata title act) sistemine sahip diğer birçok ülke için de faydalıdır. Konumsal birim 2B veya 3B olabilir [4].



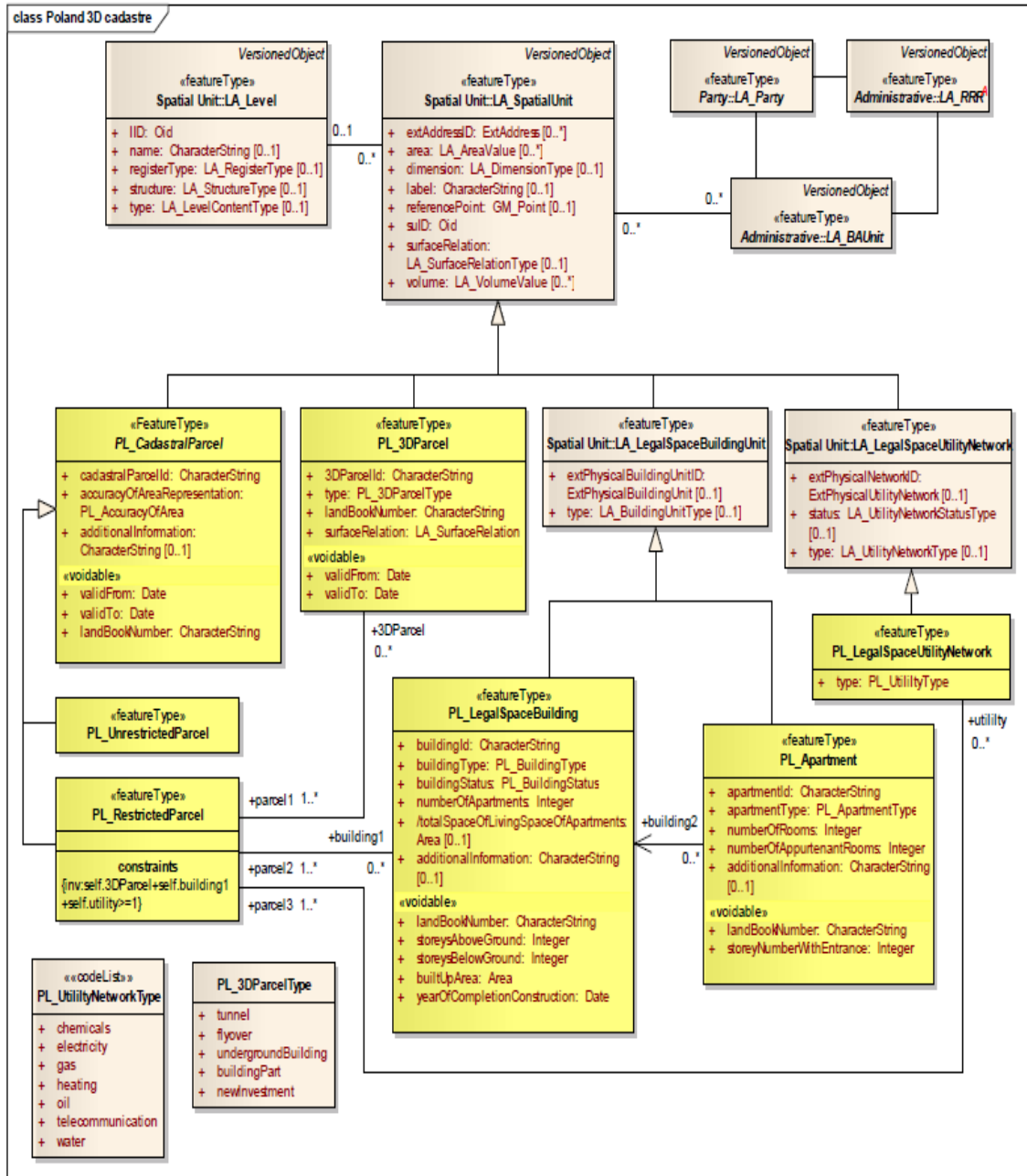
Şekil 2.13 Malezya kadastral sisteminin LADM ile temsil edilmesinin genel görünümü [95]

2.6.2 Polonya

Polonya arazi bilgi yönetim sistemi, tapu ve kadastro olmak üzere iki temel birim üzerine inşa edilmiştir. Polonya'daki tapu sicili mahkemeler tarafından yönetilir ve yasal nesneler (parseller, binalar ve bağımsız bölümler) ile ilgili bilgileri içerir. Bu bilgiler genellikle tanım, haklar, kısıtlamalar ve sorumluluklar (ipotekler dâhil) ile ilgilidir. Tapu sicilinin temel amaçları, her terekenin yasal durumunu ortaya çıkarmak ve arazi ve mülkün uygun devrini sağlamaktır. Tapu sicili, Tapu ve İpotek Yasası'na (Ustawa, 1982) göre faaliyet göstermektedir. Kadastroda yer alan veriler ise temel olarak konumsal tanımlamalardan, niteliklerden, değerlerden ve yasal nesnelerin ilgili resmî belgelerinden oluşur. Kadastro, yerel makamlar tarafından yönetilir. Polonya'daki kadastro'nun temelleri, Jeodezi ve Kartografik

Kanun tarafından tanımlanmaktadır (Ustawa, 1989). Polonya tarafından geliştirilen ve arazi bilgi yönetim sistemi için 2013 yılında kabul edilen Polonya kadastro sisteminin genel modeli 71 sınıftan oluşmaktadır. Kabul edilen kavramsal modelden akademisyenler tarafından yapılan çalışmalar ile LADM tabanlı ülke profilleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda Polonya mevcut kadastral sistemin LADM'ye uyarlanması ile ilgili araştırmalar incelenmiştir. Polonya Kadastro veri modeli için, veri tabanına dâhil edilen tüm nesneler, nesnenin yaşam döngüsünün yanı sıra ardışık sürümlerinin oluşturulma ve arşivlenme tarihlerini ve mekânsal bilgi altyapısının tanımlayıcısını belirten kuruluş ve arşivleme tarihi ile ilgili niteliklere sahiptir. Polonya kadastro veri modelinin temel sınıfı PL_GeneralObject'dir (LA_VersionObjects). Diğer tüm sınıflar bu sınıftan türetilir. Bu sınıf, bir nesnenin veri tabanında oluşturulması veya versiyonlarının arşivlenmesi durumunda oluşan tarih ve saat bilgilerinin düzenlendiği sınıftır. Polonya kadastro veri modelinin tüm sınıfları, bu öznitelikleri PL_GeneralObject'den genelleme ilişkisi ile devralır. PL_Change (LADM genişletilerek oluşturulmuş sınıf) sınıfı, yeni nesnenin oluşması, özniteliklerinden veya ilişkilerinden en az birinin değiştirilmesi durumunun gerçekleştirildiği sınıftır. PL_Change, PL_LegalDocument (LA_AdministrativeSource) veya PL_TechnicalDocumentation (LA_SpatialSource) sınıflarından oluşur. Pratik olarak, PL_Change'in yasal veya teknik belgelerden kaynaklanan değişiklikleri kadastro veritabanına dâhil etmek için temel oluşturduğu anlamına gelir. Tüm bu sınıflar "Legal Basis" paketine aittir. Polonya kadastro veri modelini temel sınıfları ve aralarındaki ilişkiler genel hatlarıyla açıklanmıştır. Polonya kadastro veri modelinin Nesneler bölümünün ana sınıfları: PL_CadastralParcel (LA_SpatialUnit - Kadastro parseli), PL_Building (LA_LegalSpaceBuildingUnit - Bina), PL_Premises (LA_LegalSpaceBuildingUnit - Yerleşkeler), PL_RegisterUnifOfLand (LA_BAUnit - Tapu sicil birimi), PL_RegisterUnifOfBuildings (LA_BAUnit - Bina sicil birimi), PL_RegisterUnifOfPremises (LA_BAUnit - Bina tescil birimi), PL_CadastralComplex (LA_SpatialUnitGroup - Kadastro kompleksi) ve PL_CadastralSection (LA_SpatialUnitGroup - Kadastro bölümü) olarak sıralanabilir. Ayrıca PL_ContourOfLandUse (LA_LA_SpatialUnit), PL_ContourOfSoilQualityValuation (LA_SpatialUnit) ve

PL_ContourOfSoilQualityValuationInParcel (LA_SpatialUnit – SubParcel) gibi tarım veya orman arazisi kullanımına bağılı toprak değerleme ile ilgili sınıflar da modele ilave edilmiştir. Model içerisindeki bir diğer önemli ilişkiler sınıflar ise, Taraflar paket sınıfları ve Mülkiyet Hakkı analizi arasındaki ilişkilerle ilgilidir. Bu sınıflar: PL_RegisterUnit (LA_BAUnit- Tescil nesne), PL_Party (LA_Party - Taraf) ve PL_Share (LA_Right) olarak tanımlanır. İlk bahsedilen iki soyut sınıf Polonya kadaastro veri modeli içinde tanımlanırken, PL_Share sınıfı araştırmacılar tarafından önerilen bir sınıftır. Bu sınıfa ilişkin bağlantılar, Polonya kadaastro veri modelinde yer alan ilişkilere göre oluşturulmuştur. Polonya kadaastro veri modelinde var olan PL_ShareOfQwnership (LA_Right), PL_ShareOfHolding (LA_Right) ve PL_ShareOfAdministration (LA_Right) sınıfları PL_Share sınıfının birer parçası olarak modellenmiştir. Böylece araştırmacılar tarafından önerilen sınıf ile Polonya lke profilinin LADM temel alınarak uluslararası platformda daha kolay sunulup anlaşılmasına imkân verileceği düşünülmektedir. PL_RegisterUnit st sınıfı, PL_RegisterUnitOfLand, PL_RegisterUnitOfBuildings ve PL_RegisterUnitOfPremises sınıflarından oluşur [99], [100]. PL_Party (LA_Party) st sınıfı, PL_NaturalPerson (LA_Party), PL_Institution (LA_Party), PL_GroupParty (LA_GroupParty) ve PL_Marriage (LA_GroupParty) sınıflarını içerir. Model içerisinde Adres ve Kira paketi, ülke profili açısından yardımcı paketlerdir. Fakat model içerisine dâhil edilmemiştir. Polonya kadaastro veri modelinin Taraflar ve Mülkiyet Hakkına konu olan Nesnelerini sunan diyagramlarını birleştirmek için PL_BoundaryPoint (LA_Point) sınıfı ve alt sınıfları oluşturulmuştur [92], [99], [100], [101]. Polonya için nerilen LADM tabanlı konumsal birim paketi şekil 2.14'te gösterilmiştir.



Şekil 2.14 Polonya kadastral sisteminin 3B LADM ülke profiline ait konumsal birim paketi [102]

2.6.3 İsrail

İsrail de uzun süreden beri arazi bilgi sisteminde taşınmazların 3B gösterimi ve kaydı konusunda hem hukuki boyutu [103], [104] hem de teknik boyutu [105] üzerine çalışmalar yürütmektedir. 3B kadastroya geçmek için uluslararası bir ISO 19152 standardı olan LADM kullanılarak ülke kadastral sistemi için model çalışmaları yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar, akademi- devlet iş birliği ile farklı

paydaşları bir araya getirerek yürütölmektedir. Çalışmalara birçok paydaşın dâhil edilmesinin amacı, sadece İsrail için LADM ölke profili oluşturmak değil, aynı zamanda 3B kadastro çalışmaları için kurumlar arası veri alışverişini, senkronizasyonunu ve günlük işleri destekleyecek ortak bir veri modelinin geliştirilmesidir.

Geliştirilen model yer altında ve yer üstünde konumlandırılan 3B kadastro nesnelerinin (Binalar, bağımsız bölümler, boru hatları, tüneller, köprüler vb.) hepsinin kapsamalıdır. Başlangıçta tüm kadastral nesneler sistemde kullanılmayabilir, ancak model tüm durumları temsil edecek düzeyde tasarlanmalıdır. Modelde 2B ve 3B kat planları kaynak olarak kullanılmalıdır, çünkü her durumda hassas yükseklik doğruluklarının kullanılmasına gerek yoktur [101], [106].

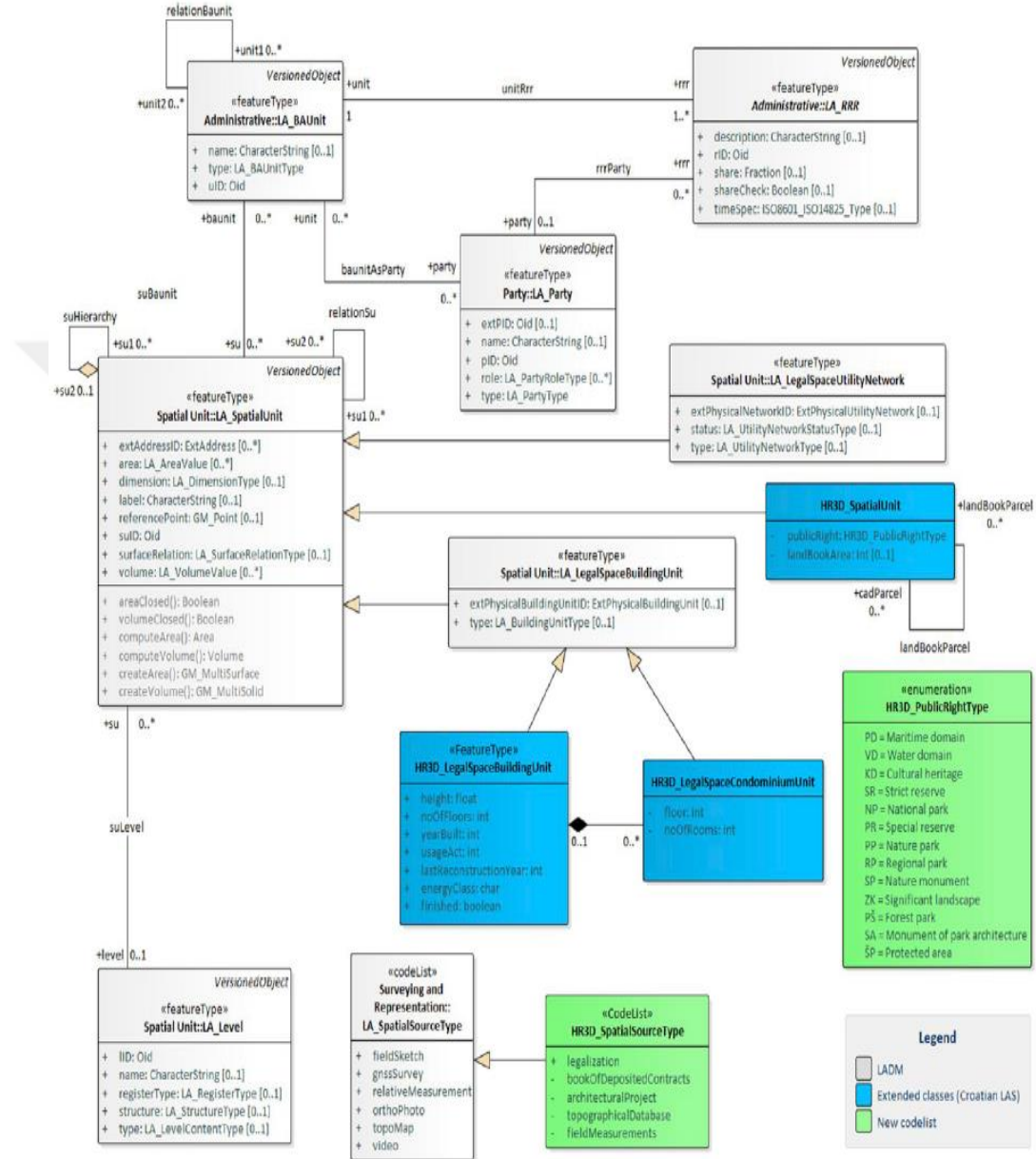
Uzun tüneller, boru hatları gibi alt yapı nesneleri tek bir nesne olarak temsil edilmemektedir. Bu nesneler, parsel ve ada bazlı parçalara bölünerek temsil edilirler. Kadastral nesnenin o ada içerisinde kalan kısımlarına denk gelen parseller ada içerisinde gruplandırılır. Bu durum LADM de LA_SpatialUnitGroup olarak temsil edilir (Şekil 2.15).

Diğer ölke profillerinden farklı olarak, geliştirilen model içerisindeki sınıflar ile ilgili verilerin hangi bakanlığın sorumluluğunda olduğuna dair bir lejant oluşturulmuştur. Mevcut modelde yeraltı ağıları gibi teknik tesisler modellenmemiştir. Geliştirilen model iki kısımdan oluşmaktadır. İlk model mevcut kadastral sistemin 2B olacak şekilde LADM'ye göre uyarlanmasıdır. İkinci model ise, muhtemel 3B temsiliyet için önerilen LADM tabanlı kadastral modeldir. İkinci modelin geliştirilmesinde yeraltı tesislerinin de dâhil edilmesi düşünülmektedir [4], [105].

elektronik ortamdan talep doğrultusunda taraflarına iletilmesini sağlayan bir One-Stop-Shop (OSS) web uygulaması geliştirilmiştir [107]. Hırvatistan'da Devlet Etüt ve Taşınmaz Kadastro Yasası'nın 2018 yılında yürürlüğe girmesi ile mevcut kadastro sistemine farklı düzenlemeler getirilmiştir. Çıkarılan yasa ile farklı kaynaklardan elde edilen Bina verileri entegre edilerek, 3B kadastroya yönelik bir geçiş aşaması olarak Bina Kaydına imkân verilmiştir. Coğrafi İsimler ve Konumsal Birimler tescilinin kapsamı yeniden düzenlenerek ilave tanımlar yapılmıştır. Kadastro ölçümlerinin ve kadastro haritalarının eskiye göre kalitesinin artırılması için teknik düzenlemeler yapılmıştır. Çıkarılan yasalar sayesinde ölçme teknikleri, yönetmelik ve prosedürler ile daha ayrıntılı olarak tanımlanmıştır [108]. Bir kadastro haritası, kadastro parsellerini sınırları ve numaraları ile bu parseller üzerinde inşa edilen binaları gösterir. Kadastro haritası aynı zamanda farklı amaçla kullanılan araziler üzerindeki evlerin sayılarını ve sınırlarını da temsil eder. Kentsel alanlarda çok fazla bağımsız bölümden oluşan binalara ait 3 boyutlu veriler belirli oranlarda toplanmaktadır. Böylece 3B kadastroya geçiş için toplanan veriler daha fazla ayrıntı ile genişletilebilmektedir [109]. Binaların kaydına imkân veren yasaların yanı sıra, 2017 yılında Altyapı (şebeke hatları) kadastro yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik geliştirilerek 1 Ocak 2022 tarihinde ikinci Altyapı Kadastro Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Çıkarılan yönetmelik ile altyapı tesisleri için dijital jeodezik raporlar hazırlanmakta ve ülke genelinde ortak bir altyapı sistemi oluşturulmaktadır [108], [109], [110].

Tüm bu bilgiler ışığında Hırvatistan LADM ülke profili ilk olarak araştırmacılar tarafından 2013 yılında geliştirilmiştir [111]. Daha sonra Hırvatistan'da dijitalleşmenin artması ve çıkarılan yasalar ile ilk geliştirilen ülke profili güncellenmiştir [108]. Model içerisinde LADM sınıfları temel alınarak ilave sınıflar eklenerek model tasarlanmıştır. Hırvatistan kadastro sistemine dâhil olan paydaşlar LA_Party paketi altında sınıflandırılmıştır. LA_Administrative paketi aynen kullanılırken ülke profili için geliştirilen kod listeleri yasa ve yönetmeliklere göre genişletilmiştir. Hırvatistan kadastro sistemine göre HR_SpatialUnit konumsal birim sınıfına yeni sınıflar ilave edilmiştir. Bu sınıflar HR_LegalSpaceInfrastructre, HR_LegalSpaceBuildingUnit, HR_OldCadastralSurvey ve HR_LegalSpaceUtilityNetwork olmak üzere dört

sınıftır. Bu sınıflar sayesinde binalar ve bağımsız bölümler, yeraltı şebekeleri ve dijitalleşme ile beraber güncellenen kadastral ölçümler temsil edilebilmektedir [108]. Şekil 2.16’da Hırvatistan 3B kadastroya geçiş için LADM’nin genişletilmiş profilini göstermektedir.



Şekil 2.16 Hırvat kadastrounun 3B kadastroya geçişi için genişletilmiş LADM profili [109]

Farklı araştırmacılar tarafından sadece LADM tabanlı kadastral sistem değil aynı zamanda LADM tabanlı taşınmaz değerlendirme modeli [110] ve yeraltı şebekesi modeli [112] de geliştirilmiştir.

2.7 Geliştirilen Entegre Veri Modelleri

Gelişen teknoloji ile 3B bilgiye artan talep doğrultusunda artık 3B kadastro yerini 3B arazi bilgi yönetimi sistemine doğru bırakmıştır. 3B arazi bilgi yönetiminde verilerin farklı kaynaklardan elde edilmesi ve dijitalleşmesi ile entegre veri modelleri önem kazanmıştır. Bir kent nesnesinin yasal ve fiziksel detaylarının temsili, ekonomik değerinin belirlenmesi, planlanması, çevreye etkileri gibi verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi için farklı veri standartları ve veri modelleri kullanılmaktadır. Tüm bu detayların en ince ayrıntısına kadar modelleyen tek bir veri modeli mevcut değildir. Bu yüzden farklı amaçlar için üretilmiş veri modelleri bütünleştirilerek farklı veri detayları üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında, 3B kadastro kapsamında hem yasal verilerin hem de fiziksel verilerin bir arada temsil edilebilmesi için en yaygın kullanılan entegre veri modelleri: LADM-CityGML, LADM-IFC, IndoorGML-LADM, LADM-LandInfra'dır. Bu bölümde bahsi geçen entegre veri modelleri açıklanacaktır.

2.7.1 LADM – CityGML Entegre Veri Modeli

LADM ile CityGML 'in entegre edilebilmesi için iki yaklaşım benimsenmiştir. İlk yaklaşım, belirli bir ülke için LADM profili oluşturarak ADE mekanizması sayesinde CityGML ile entegre edilmesidir. İkinci yaklaşım ise, ADE mekanizması kullanılarak CityGML'deki mevcut sınıfların LADM kavramları kullanılarak genişletilmesi ile yeni bir ADE oluşturulmasıdır [4], [11], [37], [43]. CityGML ve LADM entegrasyonunun avantajı, CityGML'de izin verilen genişletme mekanizmasını kullanarak ve LADM'nin veri yapısını değiştirmeden fiziksel ve yasal nesneyi birbirleriyle ilişkilendirme imkânı sağlamasıdır. Her iki yöntem de farklı araştırmacılar tarafından benimsenmiş ve kendi ülke profillerine uygun entegre veri modelleri geliştirilmiştir. Sun ve çalışma arkadaşları [9] kadastro verilerinin şehir düzeyinde yasal ve teknik yönleri ile beraber oluşturulması için modelleme çalışmaları yapmışlardır. Yapılan çalışmalarda bir binaya ait yasal veriler LADM ile fiziksel detaylar ise şehir düzeyinde CityGML kullanılarak modellenmiştir. Çalışmada CityGML içerisinde LADM verileri genişletilerek yeni

bir ADE oluşturulmuştur. Türkiye'de taşınmaz değerlemesi için Çağdaş [113] tarafından yeni bir ADE geliştirilmiştir. CityGML'de “PropertyUnit”, “CadastralParcel” ve “CondominiumUnit” olmak üzere üç yeni sınıf ilave etmiştir. “PropertyUnit” sınıfı her taşınmaz için gerekli mülkiyet ve vergilendirme bilgilerini içermektedir. Önerilen ADE, Türk taşınmaz değerlendirme sistemine göre öznetelikler ile donatılmıştır. Polonya’da yapılan çalışmada ise diğerlerinden farklı olarak yasal veriler LADM ile modellenerek ADE mekanizması sayesinde CityGML ile entegre edilmiştir. Polonya kadastro sisteminde yasal olarak üç tür yasal kadastral nesne vardır: parseller, binalar ve bağımsız bölümler. İki model arasındaki ilişki bina sınıfı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yasal verilerin modellenmesi için, LADM'nin “LA_SpatialUnit” ve “LA_LegalSpaceBuildingUnit” sınıflarına bir alt sınıf olarak “PL_3DParcel” ve “PL_LegalSpaceBuilding” (PL ISO tarafından verilen Polonya’nın ülke kısaltması) sınıfları ilave edilmiştir. Fiziksel nesneleri modellemek için ise CityGML yapısına iki sınıf ilave edildi: PL_Building (CityGML'de “Building”ın bir alt sınıfı olarak) ve PL_BuildingPart (CityGML'de “BuildingPart”ın alt sınıfları olarak). Sisteme dâhil olan paydaşlar, hak ve kısıtlılıklar LADM içerisinde modellenmiş, yasa ve yönetmelikler doğrultusunda kod listeleri genişletilmiştir. Li ve çalışma arkadaşları [114], LADM kavramlarını Çin'in yasal mevzuatına göre CityGML ile entegre eden yeni bir ADE önermişlerdir. Çin yasal mevzuatına göre bina, bağımsız bölüm, eklenti ve ortak alanlar gibi detaylar temsil edilebilmektedir ve tüm detayları için oluşturulan sınıflar CityGML'de “_AbstractBuilding” sınıfının altında tanımlanmıştır.

Yapılan çalışmalarda ortak olarak vurgulanan kısıtlılık iki veri modeli arasındaki anlamsal bağlantının tanımlanmasında yetersizlik olabilmesidir. Hem yasal hem de fiziksel modelde karşılık gelen sınıfların iyi belirlenmesi gerekmektedir.

2.7.2 LADM – IFC Entegrasyonu

BIM çalışmaları için kullanılan IFC standardı bir inşaat ve yönetim sürecinde yer alan tüm aktörlerin ortak bir veri havuzunda iş bölümlerinin ve planlanmasının takibinin yapılmasına imkân sağlamaktadır. Böylece, inşaat projelerindeki tüm detaylar en küçük ayrıntıya kadar modellenebilmektedir. Bu özelliği sayesinde

IFC'nin, araştırmacılar tarafından özellikle bağımsız bölümlerin modellenmesi açısından iç mekân kadastrosuna katkı sağladığı vurgulanmıştır [36], [43], [115], [116], [117], [118]. İlk olarak Clemen ve Gründig [119] tarafından IFC standardının kadastral amaçlı kullanılması araştırılmıştır. IFC dosyalarında bir bağımsız bölüme ait kadastro verileri yer almazken, tüm ölçüm verileri ve detayları ayrıntılı bir şekilde sunulmaktadır. Araştırmacılar IFC verilerinin kadastral amaçlı kullanılabilmesi için kadastral verilerin ilave edilmesi gerekliliğini vurgulamışlardır. Çünkü kadastro açısından değerlendirildiği zaman IFC standardının sadece fiziksel detayların modellenmesine imkân vermesi kadastral amaçlı olarak tek başına kullanılmasını yetersiz kılmaktadır. Bu araştırmalar ışığında farklı araştırmacılar tarafından IFC verilerinin kadastro verileri ile nasıl zenginleştirilebileceği araştırılmıştır [36], [59], [88], [117], [118], [120], [121], [122]. Bu yüzden birçok araştırmacı tarafından yasal verileri modelleyen LADM ile entegre edilerek kadastral amaçlı kullanılması önerilmektedir. LADM ve IFC entegrasyonunda iki yöntem benimsenmektedir. İlki, yasal yönleri temsil eden özniteliklerin IFC veri modelinde uygun gelen sınıflara ilave edilmesidir. Diğer yöntem ise, LADM ile modellenen yasal verilere IFC'de karşılık gelen uygun sınıflar ile harici olarak ilişkilendirilmesidir. Yapılan çalışmalarda standart modelin belirli öznitelikler ile genişletilmesi çalışmaların yapıldığı ülkelerin yasal düzenlemelerine göre yapılmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde LADM sınıflarına karşılık gelen sınıfları şu şekilde sınıflandırılabiliriz: LA_Parcel sınıfı IfcSite sınıfı ile LA_Building sınıfı IfcBuilding, LA_SpatialUnit sınıfı IfcZone, LA_RRR sınıfı IfcSpace ve LA_Party sınıfı IfcActor sınıfları ile ilişkilendirilir [6], [43], [58], [115], [116], [118], [123]. IFC veri modeli ile bağımsız bölümler bina seviyesinde en ayrıntılı detayına kadar temsil edilebilmektedir. Kat mülkiyeti kurulması ve denetlenmesi anlamında IFC veri modeli etkili sonuç verebilir. Fakat kadastral amaçlı düşünüldüğü zaman bina seviyesinde ayrıntılı detay vermesi kadastral amaçlı kullanılmasını etkili kılmayabilir.

2.7.3 LADM – IndoorGML Entegrasyonu

OGC tarafından geliştirilen IndoorGML veri standardı daha çok kapalı ortamlarda iç mekân navigasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Son dönemlerde iç mekânların modellenmesi için kullanılan bu yöntemin kadastral amaçlı kullanılması araştırılmaktadır. Bu kapsamda LADM ve IndoorGML entegrasyonu gündeme gelmektedir. İki veri modelinin entegrasyonu için önerilen iki yaklaşım mevcuttur. İlk yöntem, IndoorGML temel sınıflarına ilave olarak LADM tabanlı bir genişletme modülünün geliştirilmesidir [39], [58], [114]. LADM modeline ait olan “LA_SpatialUnit” sınıfı IndoorGML içindeki “CellSpace” sınıfının alt sınıfı olarak kabul edilebilir. Böylece, IndoorGML'deki konumsal nesnelerinin özelliklerini devralmanın yanı sıra, LADM tabanlı genişletme modülünde tanımlanan “LA_SpatialUnit” sınıfının, yasal bilgileri yönetmek için sahip olduğu öznitelikleri de kullanabilir. “LA_SpatialUnit” sınıfı ile ilişkili olan “LA_BAUnit”, “LA_RRR” ve “LA_Party” sınıfları da genişletme modülü içerisinde tanımlanabilmektedir. İkinci yöntem ise, IndoorGML varlıklarını LADM varlıkları ile ilişkilendirmek veya bunun tersi için bir harici bağlantı mekanizması tanımlamaktır [114]. IndoorGML iç mekân ortamları hakkında zengin 2B/3B fiziksel (veya topografik) bilgiler sağlamaktadır. 3B yasal alanların daha iyi anlaşılması ve yönetilebilmesi için fiziksel ayrıntıların da temsil edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden IndoorGML sınıfları harici olarak bina birimlerine (LA_LegalSpaceBuildingUnit) extPhysicalBuildingUnitID özniteliği aracılığıyla bağlanabilir. Bu bağlantı aracılığıyla, IndoorGML sınıfları yasal alanların geometrisini tanımlamak için kullanılabilir. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan son çalışmalarda geliştirilen LADM tabanlı ülke profilleri IndoorGML ile entegre edilerek vaka çalışmaları yapılmıştır [39], [89], [90], [123].

2.7.4 LADM – InfraGML Entegrasyonu

LandInfra farklı bölümlerinde yasal nesneleri modellemek için LADM ve LandXML'den bazı kavramlar benimsenirken, fiziksel nesneleri modellemek için bazı IFC ve CityGML varlıkları kullanılmıştır. Yasal çıkarları modellemekle ilgili

olarak, LandInfra'da "AraziBölümleri" (LandDivision) temel sınıfı mevcuttur. "AraziBölümleri "(LandDivision) sınıfı, arazinin hem idari gibi kamu hukukuna veya aynı haklar gibi özel hukuka göre "İdariBölüm" (AdministrativeDivision) sınıfı ile bölümlendirilmesini, hem de kadastro ile ilişkili olan arazi haklarını "AraziHakları" (InterestInLand) sınıfı ile temsil edilmesini sağlar. AraziHakları (InterestInLand), sınıfından "TaşınmazBirimleri" (PropertyUnit) ve "İrtifakHakları" (Easement) olmak üzere iki sınıf türetilmiştir. "TaşınmazBirimleri", sınıfı tescil edilen konumsal birimleri kapsamaktadır. Yani LADM'deki "LA_BAUnit" sınıfına karşılık gelir. "TaşınmazBirimleri" sınıfı iki alt sınıfa ayrılır: "AraziTaşınmazBirimi" (LandPropertyUnit) ve "BağımsızBölüm" (CondominiumUnit). "AraziTaşınmazBirimi" sınıfı, bir veya daha fazla arazi parselinden (LandParcel) oluşan bir mülkiyet birimini ifade eder [35].

3

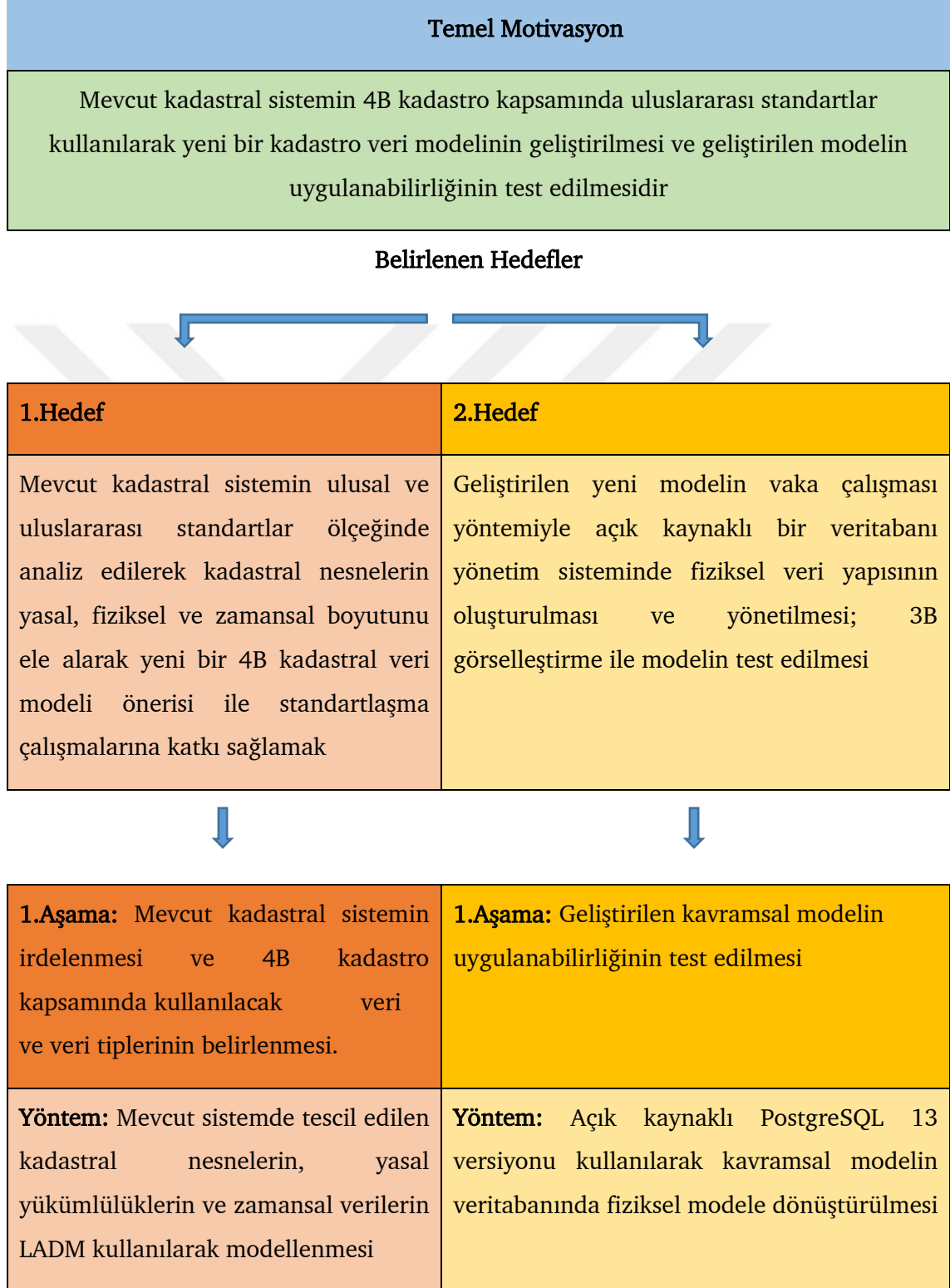
TÜRK KADASTRAL SİSTEMİ İÇİN 4B KADASTRALVERİ MODELİ ÖNERİSİ

Önceki bölümlerde 3B kadastro kapsamında geliştirilen standartlar ve veri modelleri incelenmiştir. Bu bölümde Arazi Bilgi Yönetimi kapsamında uluslararası standartlar kullanılarak Türkiye için 3B kadastro ihtiyacına yönelik veri modeli geliştirilecektir.

3.1 Metodoloji

Bilimsel yöntem, bilim insanlarının topluca ve zaman içinde gözlem ve araştırma projesi hakkında deneyler yaparak bilimsel soruları sormak ve cevaplamak için bir dizi adım atma sürecidir [124]. Kuhn [124] tarafından modernize edilen bilimsel yöntem, bir problemi tanımlamak, literatür araştırması yapmak, kuramları veya hipotezleri üretmek, hipotezi araştırma soruları haline getirerek analiz etmek, alternatif çözümler üretmek veya sorulara cevap aramaktadır. Bilimsel yöntemin en temel kısmı araştırma metodolojisinin oluşturulmasıdır. Metodolojinin oluşturulmasında ilk adım olan literatür, hipotez ve araştırma soruları bölüm 1'de açıklanmıştır. Bu bölümde Metodolojinin ikinci adımı olan, modelin tasarımı ve test edilmesi açıklanacaktır. Modelin tasarımı ve geliştirilme kısmı ayrı bölümler şeklinde açıklanacaktır. İki temel hedef doğrultusunda toplam dört işlem adımı gerçekleştirilmiştir. 1) Türkiye'deki kadastro sistemine göre yasal ve fiziksel kadastral nesnelerin ve temel kavramların LADM kapsamında belirlenmesi. 2) 4B (3B+t) kadastroya geçmek için LADM ve CityGML kullanılarak yeni bir entegre veri modeli geliştirilerek kadastral nesnelerin standartlaştırılmasına katkı sağlamak. 3) Geliştirilen modelin açık kaynaklı PostgreSQL veritabanında uygulanarak verilerin veritabanında yönetilmesini sağlamak. 4) Veritabanının 3B görselleştirilmesiyle zamansal sorgulamaların yapılmasını sağlamak. Şekil 3.1'de belirlenen hedefler doğrultusunda yapılan işlem adımlarının aşamaları, bu

aşamalarda kullanılacak yöntemler ve elde edilen sonuç ürünler için iş akış diyagramı gösterilmiştir



Sonuç: Mevcut sistemin 4B kadastral yasal modeli için mantıksal ve kavramsal modellerinin oluşturulması	Sonuç: 4B ADE kadastral modelinin yönetilebildiği açık kaynaklı veritabanının oluşturulması
Çıktılar: EK-A; Tablo 3.1, 3.2; Şekil 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12	Çıktılar: Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7; Sorgu 1,2; GitHub sayfası (https://github.com/hicretgs/CityGmlParser)



2.Aşama: Geliştirilen yasal modelin fiziksel modeller ile entegre edilerek yeni bir fiziksel modelin oluşturulması	2.Aşama: 3B görselleştirme sorgulama işlemlerinin gerçekleştirilmesi
Yöntem: Geliştirilen entegre modeller irdelenerek CityGML 2.0 ADE uzantısı ile 4B ADE kadastral veri modelinin oluşturulması	Yöntem: Tamamen açık kaynaklı platformlar kullanılmıştır. Veritabanının görselleştirme platformuna aktarılabilmesi için açık kaynaklı GeoServer sunucusu, 3B görselleştirme için CesiumJS javascript kütüphanesi, sorgulama panelinin oluşturulması için javascript betik dili kullanıldı.
Sonuç: 1. aşamanın sonuç ürünü genişletilerek oluşturulan kavramsal modelin fiziksel modelinin oluşturulması	Sonuç: 3B görselleştirme ve zamansal sorgulamalar ile 4B kadastral veri modelinin temsil edilmesi
Çıktılar: Tablo 3.3; Şekil 3.14, 3.15	Çıktılar: Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25

Şekil 3.1 4B kadastral veri modelinin gerçekleştirilmesi için yapılacak işlem adımları ve kullanılan yöntemlerin açıklaması

3.2 Gereksinim Analizi

4B Kadastral veri modeli için gereksinimlerin belirlenmesinde nitel, nicel ve vaka analizi araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Nitel araştırma, analizleri (gözlem, görüşme ve belge incelemesi) gerçekleştiren araştırmacı, bu verilerde saklı olan bilgiyi alandan toplanması gerçeğinden hareketle, keşfetmeye ve ortaya çıkarmaya çalışır. Nicel araştırma yöntemi ise nitel araştırma yönteminden farklı olarak istatistiksel veri analizine dayanır. Bu bağlamda, yasa ve mevzuat analizi aşamasında "4B kadastro veri modelinde ne tür ve kaç tane nesne ve öznitelik kaydedilmeli?" sorusuna cevap bulmak için nitel ve nicel araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma kapsamında:

- Çevre Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) bünyesinde geliştirilen kadastral verilerin iyileştirilmesine ve 3B kadastroya yönelik geliştirilen projelerdeki gereksinim analizlerinden (TUCBS ve 3B Kent Modelleri ve Kadastro projeleri) (Bölüm 3'te açıklanmıştır),
- Ülkemizdeki kadastro sisteminde tescile tabii olan kadastral nesneler ve mevzuatlardan (Bölüm 3'te açıklanmıştır),
- Geliştirilen ulusal ve uluslararası standartlardan (Bölüm 2'de açıklanmıştır),
- Kadastro 2014 ve 2034 vizyonu ilkelerinden (Bölüm 1'de açıklanmıştır),
- FIG bünyesinde komisyon-7 altında yapılan 3B kadastro kapsamındaki ilgili çalışma raporlarından, faydalanılmıştır (Bölüm 1'de açıklanmıştır).

Bölüm 1'de 4B (3B+t) kadastronun tanımı, fonksiyonu, amacı ve yapılan akademik çalışmalar anlatılmıştır. Geliştirilecek model içerisinde yasal verilerin modellenmesi için LADM kullanılacağından kadastral nesneler ve detayları LADM'in paketlerine uygun olacak şekilde sınıflandırılmıştır.

3.2.1 Paydaş Bilgileri

Medeni kanuna göre kişilik kavramı sadece hak ehliyetine değil, aynı zamanda fiil ehliyetine de sahip olmaktadır. Kişilik kavramı gerçek ve tüzel kişilik olmak üzere

iki temel sınıfa ayrılmaktadır. Gerçek kişilik, modern hukuk düzenlerinin tamamında tüm insanlar gerçek kişi olarak tanımlanırlar. TMK (Türk Medeni Kanunu) madde 28'e göre "*Kişilik çocuğun sağ ve tam doğması ile başlar ve ölmesi ile son bulur*" şeklinde ifade edilmektedir. Tüzel Kişilik ise ortak bir amacın gerçekleştirilmesi sureti ile örgütlenmiş olan kişi ya da mal topluluğudur. Bu hukuksal varlıkların amacı siyasal, kültürel, sportif, hayri, bilimsel ve ticari olabilmektedir. TMK'ya göre tüzel kişiler, Özel hukuk tüzel kişileri, Kamu hukuku tüzel kişileri, Devlet tüzel kişiliği, diğer kamu tüzel kişiliği, Kanunla düzenlenen kamu tüzel kişiliği ve İdari kararla kurulan kamu tüzel kişileri olmak üzere farklı sınıflardan oluşturulmaktadır:

- **Özel hukuk tüzel kişileri:** Kişi toplulukları (ticari şirketler, dernekler vb.) ve Mal toplulukları (vakıflar) olmak üzere özel hukuk kuralları çerçevesinde faaliyet yürüten tüzel kişilerdir.
- **Kamu hukuku tüzel kişileri:** Kanunla kurulup, kanunla varlıklarını sonlandırabilen kamu yararı gerçekleştirmek için kurulan tüzel kişiliklerdir. İki şekilde oluşurlar: kişi topluluğu şeklinde kamu tüzel kişileri (devlet ve mahalli idareler (il özel idare, belediye, köy heyeti), kamu kurumu niteliğindeki meslek kuruluşları) ve mal topluluğu şeklinde kamu tüzel kişileridir (Kamu kurumları, Kamu iktisadi teşekkülleri, Üniversiteler, TRT, TÜBA, TÜBİTAK, TODAİE gibi).
- **Devlet tüzel kişiliği:** Devlet kişi topluluğu şeklinde bir kamu tüzel kişiliğidir. Devlet başkanlık teşkilatı, Taşra teşkilatı, bu teşkilatlara bağlı bazı kuruluşlar (Emniyet Genel Müdürlüğü, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü, Diyanet İşleri Başkanlığı gibi) ile tek bir tüzel kişiliği ifade etmektedir.
- **Diğer kamu tüzel kişiliği:** Mahalli idareler (il, belediye ve köy halkının mahalli müşterek ihtiyaçlarının karşılamak üzere oluşturulan kamu tüzel kişileri), bazı kamu kurumları, kamu kurumu niteliğinde meslek kuruluşları (Barolar, meslek odaları, Borsalar)
- **Kanunla düzenlenen kamu tüzel kişileri:** YÖK, Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Vakıf Meslek Yüksekokulu, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Düzenleyici ve Denetleyici Kurumlar (Radyo Televizyon Üst Kurulu,

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sermaye Piyasası Kurumu, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Kamu İhale Kurumu, Rekabet Kurumu, Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu, Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu), Vakıf Üniversiteleri).

- **İdari kararlar kurulan kamu tüzel kişileri:** Spor Federasyonları, Spor Kulüpleri, Ordu Yardımlaşma Kurumu, Kalkınma Ajansları.

LADM’de tanımlanan “Grup Kişi” sınıfı için bizim mevzuatımıza göre şu şekilde tanımlama yapılabilir: ayrı bir varlık oluşturan ve herhangi bir sayıdan oluşan kişi veya kişi topluluğudur. Örnek olarak köy topluluğu verilebilir. EK-A’da belirlenen tanımlar doğrultusunda model içerisinde oluşturulacak kişi paketi için belirlenen veriler ve veri tipleri ve kod listeleri yer almaktadır.

3.2.2 Mülkiyet Hakkı ve Kısıtlılıkları

Mülkiyet hakkı Anayasa’da belirtilen en temel hak olup, malik olunan eşyada dilediği gibi kullanma, yararlanma ve tasarrufta bulunma yetkisi vermektedir. Ancak, Anayasanın 35’inci maddesi uyarınca belirlenen yetkiler kamu yararı gözetilerek sınırlandırılmaktadır. Taşınmaz mülkiyetine konu olan kadastral nesneler Medeni Kanun’un 704’üncü maddesine göre şu şekilde belirtilmiştir.

- Arazi,
- Tapu kütüğünde ayrı sayfaya kaydedilen bağımsız ve sürekli haklar
- Kat mülkiyeti kütüğüne kayıtlı bağımsız bölümler

Medeni kanunun 718’inci maddesine göre arazi mülkiyetinin düşey sınırları, 719’uncu maddelerine göre de yatay sınırları belirlenmektedir. Bu maddelere göre taşınmaz mülkiyetinin yatay sınırı için, yatay olarak arazinin sınırları içerisinde kalan toprak yüzeyinin bütününe kapsar ve tapu planları ile arazi üzerindeki işaretli alanlar birbirini tutmaz ise esas olan plandaki sınır olarak belirtilebilir [125]. 718’inci maddeye göre düşey sınır, arazi üzerindeki mülkiyetin kullanılmasında yarar olduğu ölçüde, üstündeki hava ve altındaki arz katmanlarını içererek, yasal sınırlamalar saklı kalmak üzere yapılar, bitkiler ve kaynakları da kapsamaktadır. Bu açıklamaya göre düşey sınır yatay sınır gibi kesin

ifadeler ile sınırlandırılmamıştır. Malik, mülkiyet hakkını kullanmakta yararlı olacak hava ve toprak sahasını aşan sahada başkalarının tasarruflarına bulunmalarına engel olamaz. Burada sınırı belirleyecek ölçü, yatay sınırda fiziksel olarak belirlenebilirken, düşey sınırda arazinin niteliğine, malikin kullanım tarzına göre dürüstlük kuralları esas alınarak belirlenir.

Mülkiyet hakkı üzerinde yukarıda da ifade edildiği gibi durumlar oluşması neticesinde birtakım kısıtlılıklar meydana gelebilir. Bir malikin sahip olduğu taşınmaz üzerindeki kullanma, yararlanma ve tasarruflarına bulunma yetkileri, model içerisinde Hak (Right), Kısıtlılık (Restriction) ve Sorumluluk (Responsibility) olarak sınıflandırılır.

3.2.2.1 Hak

Anayasada tanımlanan mülkiyet hakkı, 2B mülkiyet için yeterli olup çok boyutlu mülkiyet hakkı için yetersiz kalmaktadır. Çok amaçlı ve 3B kadastro, 3B Arazi Bilgi Yönetimi kavramları göz önünde bulundurularak mevcut yasa ve yönetmeliklerin mülkiyetin sınırları, kapsamı ve amacının yeniden düzenlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Fakat tasarlanan model için mevcut yasa ve yönetmelikler göz önünde bulundurularak tanımlamalar yapılmıştır, çünkü hâlihazırdaki sistemin 4B kadastroya geçiş işlemi için sistemde kayıtlı olan tüm özniteliklerin model içerisinde karşılıklarının olması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, Medeni Kanuna göre aynı haklar sağladığı yetkiye göre mülkiyet hakkı ve sınırlı aynı haklar olmak üzere ikiye ayrılır.

Mülkiyet hakkı, gerçek veya tüzel kişilerin menkul, gayrimenkul bir eşya üzerindeki o eşyayı kullanma, yararlanma, alım satım, kiralama, ödünç verme gibi her türlü tasarruflarına bulunabilme hakkıdır. Mülkiyet hakkı, hakkın sahibine göre:

- Tek kişi mülkiyeti
- Birlikte mülkiyet
- Paylı mülkiyet
- El birliği halinde mülkiyetten oluşmaktadır.

Sınırlı aynı hak ise mülkiyet hakkının aksine sahip olunan eşya üzerinde birtakım hakların kullanılmasına izin vermektedir. Medeni Kanunda eşya üzerinde

sağladıkları hak ve yetkilerin kapsam ve niteliklerine göre sınırlı ayni haklar üç grupta sınıflandırılmıştır.

- İrtifak hakları
- Rehin hakları
- Taşınmaz yükü

İrtifak hakkı, bir taşınmaz maldan özel bir nedene dayanarak yararlanmaya imkân veren sınırlı bir ayni haktır. Medeni kanuna göre irtifak hakları, şahsi irtifak hakları, intifa hakkı, oturma hakkı, üst hakkı, kaynak hakkı ve diğer irtifak hakları olarak sıralanabilir.

Rehin hakkı ise, hak sahibinin bir alacağını teminat altına alan ve borçlunun borcunu yerine getirmediği takdirde malı cebri icra yoluyla sattırma ve alacağını temin etme hakkıdır. Rehin hakkı; taşınmaz rehin hakkı, ipotek, ipotekli borç senedi ve irad senedi olmak üzere sınıflandırılabilir.

Taşınmaz yükü, bir taşınmaz malikinin mülkü dolayısıyla o taşınmazı, karşılıklı teşkil etmek üzere bir başka kişiye, bir şeyi verme veya bir şeyi yapma zorunluluğunun söz konusu olduğu sınırlı ayni haktır.

Model içerisinde hak, kısıtlama ve sorumluluk kavramların karşılıklarının çok geniş olmasından dolayı, idari birim paketi altında ayrı ayrı sınıflar halinde tasarlanmasının daha uygun olduğu düşünülmüştür. EK-A'da Hak sınıfı veri seti ve veri tipleri ve kod listeleri yer almaktadır.

3.2.2.2 Kısıtlılık

Sınırlı ayni hakların kullanımını kısıtlayan bilgileri, tapu tescilinde kısıt bilgilerinin tescil edildiği bölümleri ve bilgilerinin belirlendiği kısımdır. Bu kısıtlamalar tapu sicilinde yer alan Beyanlar, Hak ve Mükellefiyetler, Şerhler ve Gayrimenkul Rehin Hakları olarak sıralanabilir.

Beyanlar, taşınmaza ait bir durum hakkında bilgilendirmenin yapıldığı kısımdır. Gerekli bilgilendirme tapuda Beyanlar hanesine yazılır. Kendine ait alana kayıt yaptırılırken önce yevmiye defterine kaydedilir. Yevmiye defterine kaydedilirken

saat ve dakikası, kütük sayfa numarası, işlemin konusu, evrak sayısı, açıklama verileri yazılarak yevmiye numarası verilip kayıt işlemi gerçekleştirilir.

Şerhler herhangi bir taşınmaz ile ilgili açıklamaların bulunduğu kısımdır. Şerh türleri haciz, ihtiyatlı haciz, kiralama, satış vaadi sözleşmesi, red sözleşmesi, kişisel haklar, kat karşılığı inşaat sözleşmesi, şufa sözleşmesi, temlik hakkını kısıtlamak ve temlik hakkını yasaklamak olarak sıralanabilir. Şerh işlemi tapu kütüğünde kendine ait alana beyanlar işlemindeki gibi kaydedilir.

Hak ve Mükellefiyetler ise irtifak hakları, intifa hakkı, geçit hakkı, devremülk hakları gibi hakların tapu kütüğüne tescil edildiği kısımdır. Kendine ait alana beyanlar gibi tescil edilir.

Rehin hakkı da hem bir hak türü hem de bir kısıtlılık türü olmaktadır. Rehin hakkı, tapu kütüğüne de beyanlar işlemi gibi kaydedilmektedir. Rehin hakkının sona ermesi durumunda ilgili satırdaki bilginin üzeri çizilerek tarih ve yevmiye numarası yazılır.

Tüm bu kısıtlılık işlemleri tapuya hangi veriler ile nasıl tescil edildiği incelenerek tasarımda kullanılacak öznitelikler belirlenmiştir. EK-A'da model içerisinde kısıtlılık sınıfı için kullanılacak veriler, veri tipleri ve kod listeleri gösterilmiştir.

3.2.2.3 Sorumluluk

Türk Medeni Kanunu'nun 730'uncu maddesine göre taşınmaz malikinin sorumluluğu genel olarak malikin taşınmazını yasal sınırlar ve bu sınırların dışında kullanılmasından kaynaklanan taşkınlıkların sorumluluk hali olarak nitelendirilir. LADM'nin tanımına göre bir şey yapmak için resmi veya gayri resmi bir yükümlülüktür. Örneğin bir hendeğin temizlenmesi, kaldırımın kardan temizlenmesi, kışın çatıdaki buz sarkıtlarını temizlenmesi veya bir tarihi yapıyı koruma sorumluluğu [49]. LADM'nin sorumluluk sınıfı bizim mevcut sistemimize bire bir uymamaktadır. Bu yüzden sorumluluk kavramının taşınmaz ile ilişkisini şu şekilde açıklayabiliriz: Kişinin taşınmaza karşı yerine getirmesi gereken sorumluluklarının nasıl tescil edileceğinin temsil edilmesidir. Örnek olarak malikin taşınmaz ile ilgili vergilerinin ödeme zorunluluğu verilebilir. EK-A'da sorumluluk sınıfına ait veriler, veri tipleri ve kod listeleri gösterilmektedir.

3.2.3 Kadastroda Tescile Konu Olan İşlemler

Mevcut tapu kadastro sisteminde, tapu kadastro verilerinde meydana gelen tüm değişiklikler tapuya tescil edilerek arşiv sisteminde tutulmaktadır. Kadastro müdürlükleri tarafından yapılan tüm işlemler arşiv ve tapu sistemleri bünyesinde gerçekleştirilmektedir. Bu yüzden yapılacak olan tescil işlemlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bu iki sistem aşağıda açıklanmıştır.

3.2.3.1 Kadastro Müdürlükleri Mevcut Arşiv Kayıt Sistemi

Kadastro müdürlüklerinde üretilen teknik belgeler arşiv sisteminde tutulmaktadır. Mevcut arşiv sistemindeki tüm işlemler aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

- **Fen Klasörleri:** köy ve mahalle bazında tutulan fen klasörlerinde ilk ada numarası 1’den başlayarak sayfalar oluşturulur. Böylece takibi yapılabilen ilgili parselin mahalle veya köy bazında önceki-sonraki verileri, ada, yüz ölçümü ve parsel bilgilerini gösteren açıklamalar fen klasöründe yer alır. Kadastro parsellerinde oluşabilecek geometrik değişikliklerin takibi bu klasöre göre yapılır.
- **Ada İzleme Cetveli:** Ada bazında meydana gelen değişiklikler ve mahalle bazında ada numaraları kaydedilmektedir. Ayrıca adaların ilgili mahallede hangi paftada olduğu bilgisi de ada izleme cetvelinde yer alır.
- **Mülkiyet Kadastro Fenni Dosyaları:** Mülkiyet kadastro sırasında üretilen, ölçü krokileri, sınırlandırma krokileri, nirengi, poligon hesapları ve röperleri, kadastro parselleri detay alımlarının yer aldığı dosyalardır. Mahalle, köy veya ada bazında kaydı tutulmaktadır.
- **Değişiklik İşlemleri Fenni Dosyaları:** Kadastro çalışmaları sonrasında üretilen tescile konu olan bütün değişiklik işlemlerini içerir. Değişiklik dosyaları mahalle veya köy bazında arşivlenir ve bir nüshası da arşivlenmek üzere kadastro bölge müdürlüklerine ve tapu sicil müdürlüklerine gönderilir.
- **Kadastro Paftaları:** Tapulama veya kadastro haritalarından her biri kadastro paftalarını oluşturur.

- **Diğer Teknik Belgeler:** Afet kadastro sonucu oluşturulan teknik belgeler, aplikasyon krokileri, komisyon çalışmaları, 1/100000 ve 1/25000 ölçekli haritalar ile diğer kurumlardan temin edilen harita ve planları kapsamaktadır.
- **Fen Kayıt Defteri:** Tüm fenni işlemin kaydedildiği ve yeni yıl itibari ile sıra numarası verilen defterdir.
- **Pafta Kayıt Defteri:** Üretilen paftaların il, ilçe, mahalle/köy, pafta adı, cinsi, ölçeği, boyutu, altlığı, ölçü yöntemi, koordinat sistemi ve kadastral durumu geliş tarihi özelliklerine göre kaydedildiği defterlerdir.

3.2.3.2 Tapu Sistemi

Ülkemizde taşınmazlara ilişkin mülkiyet bilgileri, hukuki durumlar ve resmî belgeler devlet güvencesi altında Tapu Sicil Müdürlükleri tarafından kayıt altına alınmaktadır. Taşınmazların yasal geçerlilik kazanması için resmi bir deftere (Tapu Kütüğü) kaydedilmesi gerekir. Taşınmazlarla ilgili tutulan bütün resmi kayıtlar (ör. Defter, vesika) Tapu Sicilini oluşturur. Tapu Sicili ana ve yardımcı sicillerden oluşmaktadır. Tapu sicilini oluşturan ana siciller; tapu kütüğü, kat mülkiyeti kütüğü, yevmiye defteri, resmî belgeler (resmî senet, mahkeme kararı ve diğerleri) ile planlardır. Yardımcı siciller ise mal sahipleri sicili, aziller sicili, düzeltmeler sicili, kamu orta malları sicili ve diğer defterlerdir [126].

➤ Ana Siciller

• Tapu Kütüğü

Tapu kütüğü, tapu sicilinin en temel unsurudur. Tapu kütüğü, köy veya mahalle bazında tutulmaktadır. Bağlı bulunduğu köy veya mahalledeki bütün taşınmazlara bu kütükte bir sayfa ayrılır. Söz konusu sayfanın içerisinde ilgili taşınmazı diğer taşınmazlardan ayıran bilgiler bulunur. Bununla birlikte, taşınmazlar ile ilgili olabilecek aynı haklar, şerh düşülmesi mümkün kişisel haklar ve beyan edilecek diğer durumlar için ayrılmış olan bölümler de bu sayfada bulunur.

• Kat Mülkiyeti Kütüğü

Kat mülkiyeti kütüğünün tapu kütüğünden farkı bu kütüğe kaydedilen taşınmazların niteliğidir. Kat mülkiyetine tabi bir binadaki bağımsız

bölümler için her biri ayrı bir sayfada kaydedilirken, araziler bu kütüğe kaydedilmez.

- **Yevmiye Defteri**

Yevmiye defterinde tapu sicili üzerinde herhangi bir işlem yapılabilmesi için, kanunlarda ve Tapu Sicili Tüzüğü'nde yazılı istisnalar dışında, yazılı istemde bulunulması şarttır. Tapu kütüğüne tescil istemleri, isteyen kimliği ve istemin konusu belirtilerek istem sırasına göre, derhâl yevmiye defterine yazılmalıdır. İstemler deftere kaydedilirken istemin tarihi, saat ve dakikası da yazılır.

- **Resmî Belgeler ve Planlar**

Tapu sicilinde işlem yapılabilmesi için, istemin dayanağı olan belgelerin sunulması zorunludur. Tapuda malik olarak ismi yazılı olan kişinin ölümü hâlinde, bu taşınmazın mirasçılar üzerine tescil edilebilmesi için mirasçılık belgesinin sunulması gerekir. Bu belgeler, tapu sicilinde yapılan işlemlerin dayanağını oluşturur.

➤ **Yardımcı Siciller**

- **Mal Sahipleri Sicili**

Taşınmaz mal maliklerinin adı, soyadı, ikametgâhı ve sahip olduğu taşınmaz malların adı, parsel ve sayfa numaraları ile mahalle veya köyleri mal sahipleri siciline yazılır. Maliklerin soyadının baş harfine göre, her harf için ayrı bir defter açılır.

- **Aziller Sicili**

Tapu idaresinde yapılan hukuki işlemlerde, mal sahipleri çoğu zaman bir vekil aracılığıyla temsil edilirler. Maliğin vekilini azlettiği zaman, azil belgesi müdür veya görevlendireceği memur tarafından üzerine, alındığı tarih, saat ve dakika hemen yazılarak, aziller siciline kaydedilir.

- **Düzeltilmeler Sicili**

Tapu kütüğü üzerinde yapılmış olan tescil ve yazımlar bazen belgelere aykırı olabilir. Bu durumda bu tescil veya yazımın düzeltilmesi gerekir. Bu düzeltmenin yapılabilmesi için ilgililerin yazılı olurunun alınması ve yevmiye defterine kaydedilmesi gereklidir.

- **Kamu Orta Malları Sicili**

Özel mülkiyete tabi olmayan eşya, kural olarak tapu kütüğüne kaydedilmez. Ancak mera, yaylak, kışlak gibi kamu orta malları için tutulan özel bir sicil mevcuttur. Kamu orta malları bu sicile kaydedilir ve hangi köy veya belediyeye tahsisli oldukları da bu sicillerde belirtilir.

- **Diğer Defterler**

Tapu dairelerinde ayrıca tablo-mahzen defteri, yazışma defteri ve idari sınırlar kayıt defteri de tutulur. Müdürlükte bulunan bütün kütük, zabıt defteri, yevmiye defteri ve resmî senet ciltleri ile yardımcı siciller, tablo-mahzen defterine kaydedilir.

3.2.3.3 Tapu Kadastro Müdürlüklerinde Gerçekleştirilen İşlemler

Tescile konu olan tapu-kadastro işlemleri aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

- **Satış:** Bir bedel karşılığında bir malın mülkiyetinin bir başkasına devredilmesi işlemidir.
- **Bağış:** Bağış, bir bedel veya başkaca bir karşılık alınmaksızın bir malın mülkiyetinin bir başkasına devredilmesi işlemidir,
- **Trampa:** Trampa, bir malın başka bir malla değiştirilmesidir. Trampada değiştirilecek malların değerlerinin birbirine eşit olması şart değildir. Değerler arasında eşitlik olmadığı takdirde, aradaki fark bir miktar para ödenerek denklik sağlanabilir.
- **Ölünceye kadar bakma akdi:** Bir taşınmaz malın mülkiyetinin devri karşılığında bir kimsenin diğer birini ölünceye kadar bakıp görüp gözetmeyi taahhüt etmesidir.
- **Miras yoluyla intikal işlemi:** Tapu sicilinde kayıtlı malikin ölümü halinde, miras hakkının mahkemeden alınmış veraset senedinde belirtilen mirasçılar adına Medeni Kanun'un hükümlerine göre tescili işlemine mirasın intikali denir.
- **Taksim (Paylaşma):** Taksim, tapuda müşterek veya iştirak halinde kayıtlı taşınmaz mallardaki ortaklığın sona erdirilmesi amacıyla yapılan paylaşılma işlemidir. Taksimde paylaşılan taşınmaz malların değerlerinin

eşit olması şart değildir. Taşınmaz mal adedi, paydaş sayısına ve pay oranına bölünmeye elverişli ise aynen taksim yapılabilir.

- **İntifa hakkı:** İntifa hakkı, ona sahip olan kişinin (en çok) hayatı ile sınırlı olarak, başkasına ait bir taşınmazdan tamamıyla yararlanmak ve kullanmak hakkıdır.
- **İpotek:** Doğmuş veya ileride doğması muhtemel bir borç karşılığı için bir taşınmazın teminat gösterilmesidir.
- **Şerh:** Herhangi bir taşınmaz üzerindeki haklar ile ilgili açıklamaların bulunduğu kısımdır.
- **Beyan:** Taşınmaza ait bir durum hakkında bilgi verilmesi amacı ile tutulan kayıtlardır.
- **Hak ve Mükellefiyetler:** İrtifak hakları, intifa hakkı, geçit hakkı, devremülk hakkı gibi hakların tapu kütüğünde tescil edildiği bölümdür.
- **Kat irtifakı kurulması:** Bir arsa üzerinde yapılmakta veya ileride yapılacak olan bir veya birden çok yapının kat, daire, iş bürosu, dükkân, mağaza, salon ve depo gibi ayrı ayrı ve başlı başına kullanmaya elverişli bölümleri üzerinde, yapı tamamlandıktan sonra geçilecek kat mülkiyetine esas olmak üzere, o arsanın maliki veya paydaşları tarafından arsa payına bağlı olarak kurulan irtifak hakkına denir (KMK. 1/2, 2/c, 3/3). Kat irtifakı, resmî senetle ve tapu siciline tescil ile doğar (KMK. 10/1). Bu resmî senet tapu sicil müdürlüğünce düzenlenir (KMK. 13/1).
- **Kat mülkiyeti kurulması:** Tamamlanmış bir yapının kat, daire, iş bürosu, dükkân, mağaza, mahzen, depo gibi bölümlerinden ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olanları üzerinde, o gayrimenkulün maliki veya ortak malikleri tarafından, Kat Mülkiyeti Kanunu hükümlerine göre, bağımsız mülkiyet hakları kurulabilir. Kat irtifakı arsa payına bağlı bir irtifak çeşidi olup, yapı tamamlandıktan sonra kat mülkiyetine çevrilir.
- **Ayrırma (İfraz):** Ayrırma (ifraz) tapu kütüğünde tek parsel olarak kayıtlı bulunan bir taşınmaz malın düzenlenen haritalara göre birden çok parçaya ayrılarak tapu kütüğüne tescil edilmesi işlemidir.

- **Birleştirme (Tevhit):** Birleştirme, tapu sicilinde ayrı ayrı kayıtlı birbirine bitişik birden fazla taşınmaz malın tek bir tapuya bağlanarak, tek bir parsel halini almasıdır.
- **Parselasyon:** Büyük kadastro parsellerinin yol, yeşil alan ve kamu hizmet alanlarına ayrılan yerlere rastlayan kısımlarına bedelsiz terkinden sonra geri kalan alanın parsellere bölünmesi işlemidir.
- **Arsa ve arazi düzenlemesi:** Arsa düzenlemeleri, uygulama yapılmak için seçilen bölgedeki bütün parsellerin imar planındaki duruma uygun olarak yeniden parsellenmesi işlemidir. Arazi toplulaştırması, tarımsal işletmelere ait, küçük parçalar halinde değişik yerlere dağılmış olan arazilerin uygun olanlarının üretim ve verimliliği arttıracak şekilde birleştirilmesine denir.
- **Kamulaştırma:** Devlet veya kamu tüzel kişileri tarafından, kamu yararı için gerekli özel kişilere ait taşınmaz malların ve kaynakların, kanunla gösterilen esas ve usullere göre yetkili organlarca verilen karar uyarınca, parası peşin ödenerek zorla mülkiyetinin alınması ya da irtifak kurulmasıdır.
- **Kadastronun yenilenmesi:** Herhangi bir bölgede daha önce yapılmış olan mülkiyet kadastrasının güncel tapu kadastro verileri temel alınarak, yalnızca kadastro verilerinin değiştirilmesi suretiyle kadastronun yeniden yapılması işlemidir.
- **Cins değişikliği:** Cins değişikliği, bir taşınmaz malın cinsinin, yapısız iken yapılu veya yapılu iken yapısız hale; bağ, bahçe, tarla vb. iken arsaya; arsa veya arazi iken, bağ, bahçe ve benzeri duruma dönüştürmek için paftasında ve tapu sicilinde yapılan işlemdir.
- **İrtifak hakkı:** İrtifak hakkı, Medeni Kanun ve ilgili diğer kanunlarla tanımlanan hakların, ilgili taşınmaz malların harita ve belgelerinde gösterilmesi ve tescili için yapılması gereken işlemlerdir. İrtifak hakları, sahiplerine sadece kullanma veya yararlanma yahut hem kullanma hem de yararlanma yetkilerini verir
- **Düzeltilme (Tahsis işlemleri):** Düzeltme, tapu kütüğüne yanlış yazılmış bir kaydın belgelerine uygun olarak düzeltilmesi işlemidir. Uygulamada yanlış veya eksik yazımlar malikin adı, soyadı, baba adı, cinsiyeti, payı, tarih ve

yevmiye numarası, taşınmazın yüz ölçümü gibi hususlarda yapılmaktadır. İlgililerinin istemi halinde belgesine aykırı bu tür yanlışlıklar tapu sicil müdürlüğünce düzeltilebilir.

- **Yola terk haritaları:** Yola terk haritaları, 2010/22 sayılı genelgede; *“İmar plânlarının uygulanışı sırasında yola terk işlemi nedeniyle yapılan haritalardır”* şeklinde tanımlanmıştır. Yola terki teknik olarak şu şekilde tanımlamak mümkündür: Yola terk; tapu kütüğünün müstakil bir sayfasında kayıtlı taşınmazın, ilgisinin talebi üzerine İmar Yasasının 15 ve 16’ncı maddeleri gereğince bir kısmının bu parselden ayrılıp imar yoluna terk edilmesi ve terk edilen kısmın yüz ölçümünün kütükten düşülmesi işlemidir
- **Yoldan ihdas haritaları:** Yoldan ihdas haritaları; 2010/22 sayılı genelgede; *“İmar plânı uygulaması sırasında kapanan yol ve yol fazlalıkları nedeniyle oluşan taşınmaz malın tescili amacıyla yapılan haritalardır”* şeklinde tanımlanmıştır. Yoldan İhdas; Evveliyatı yol olmasına karşın, imar plânı gereği kapanan yolların, imar plânındaki amacına uygun olacak şekilde kullanılmak üzere, ait olduğu adanın son parsel numarası altında, 2644 sayılı Tapu Yasasının 21’inci maddesi gereğince, belediye sınırları içinde belediye, dışında ise köy tüzel kişiliği adına, tapu kütüğünün müstakil bir sayfasına kaydedilmesidir.

3.2.3.4 Tapu Sicili ve Kadastro İşlemlerinin Sınıflandırılması

Tapu kadastro verilerinde değişiklik meydana getiren işlemler yukarıda açıklanmıştır. Yukarıda açıklanan işlemlerin çoğunluğu tapu kadastro verilerinde aynı değişikliklere neden olmaktadır. Bu sebeple daha önce Alkan [126] tarafından yapılan doktora tezinde bu işlemler dört sınıf altında sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında Alkan tarafından yapılan sınıflandırma baz alınmıştır. Bu sınıflar mülkiyet haklarını değiştiren işlemler, taşınmazların geometrisini değiştiren işlemler, malik verilerini değiştiren işlemler ve taşınmazların cinsini değiştiren işlemler olarak belirlenmiştir. Belirlenen sınıflar ve bu sınıflar altında sınıflandırılan işlemler aşağıda açıklanmıştır.

- **Taşınmazların Malik Verilerini Değiştiren İşlemler:** Bu işlem neticesinde taşınmazların yalnızca malik verilerinde değişim meydana gelmektedir. Bu işlem tapu sicil verilerinde değişiklik meydana getirir. Bu sınıf altında, satış, bağış, ölünceye kadar bakma akdi, intikal, trampa ve taksim işlemleri sıralanabilir.
- **Taşınmazların Mülkiyet Haklarını Değiştiren İşlemler:** Bu işlem ile taşınmazların sadece mülkiyet haklarında değişim meydana gelir. Tıpkı malik değişimleri gibi yalnızca tapu sicil verilerinde değişiklik meydana gelir. Bu sınıfa ipotek, şerh, beyan, hak ve mükellefiyetler işlemleri girmektedir.
- **Taşınmazların Geometrisini Değiştiren İşlemler:** Bu işlem neticesinde, taşınmazların geometrik durumları değişir. Eski taşınmazın yerini yeni oluşan taşınmaz alır. Böylece yeni taşınmazlar oluşur. Bu durumda hem tapu sicili hem de ilgili kadastro verilerinde değişikliğe neden olan işlemlerdir. Bu gruba giren işlemler, ayırma, birleştirme, arsa ve arazi düzenlemeleri (18. Md, 10/b, 10/c, arazi toplulaştırması), parselasyon, kamulaştırma, yola terk, kat irtifakı, kat mülkiyeti ve kadastronun yenilenmesidir.
- **Taşınmazların Cinsini Değiştiren İşlemler:** Bu işlem sonucunda ilgili taşınmazın sadece cinsi değişmektedir. Cins değişikliği işlemlerinde işleme konu olan taşınmazın hem grafik hem de tapu sicili bilgisi değişebileceği gibi yalnızca tapu sicili bilgisi de değişebilir. Bu sınıfta sadece cins değişikliği işlemi sınıflandırılır.

Yukarıda açıklanan tapu kadastro genel müdürlüğü bünyesinde yapılan işlemlerin sınıflandırılması Tablo 3.1’de gösterilmektedir. EK-A’da tescile konu olan işlemler sınıfı için belirlenen veri seti ve veri tipleri ve kod listeleri yer almaktadır.

Tablo 3.1 Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan işlemlerin sınıflandırılması ([126]'dan yararlanılarak oluşturulmuştur)

SINIFLAR			İŞLEMLER
Taşınmazların Malik Verilerini Değiştiren İşlemler			Satış, bağış, ölünceye kadar bakma akdi, intikal, trampa ve taksim
Taşınmazların Mülkiyet Haklarını Değiştiren İşlemler:			İpotek, şerh, beyan, hak ve mükellefiyetler işlemleri
Taşınmazların Geometrisini Değiştiren İşlemler:			Ayırma, birleştirme, arsa ve arazi düzenlemeleri (18. Md, 10/b, 10/c, arazi toplulaştırması), parselasyon, kamulaştırma, yola terk, kat irtifakı, kat mülkiyeti ve kadastroğun yenilenmesidir.
Taşınmazların Cinsini Değiştiren İşlemler			Cins değişikliği

3.2.4 Kadastroda Tescile Konu Olan Kadastral Nesneler

Kişinin taşınmaz ile ilgili haklarının sözleşmelerin tapu aracılığı ile resmiyet kazanmasına tescil işlemi denmektedir. Tapu kütüğüne tescil edilen taşınmazları da tescil edilen nesne olarak adlandırmaktayız. Medeni Kanun'un 704'üncü maddesine tapu kütüğüne tescil olan nesneler; arazi, tapu kütüğünde ayrı sayfaya kaydedilen bağımsız ve sürekli haklar (taşınmaz üzerindeki hak, kısıtlama ve sorumluluklar), kat mülkiyeti kütüğüne kayıtlı bağımsız bölümlerdir. Bu nesneler mevcut sisteme göre tescil edilen nesne olarak adlandırılır.

Bu tanımlamalardan yola çıkarak model içerisinde konumsal birim olarak parsel, bina, bağımsız bölüm ve eklenti, kentsel alt yapı tesisi olarak sıralayabiliriz.

– Parsel

Arazinin en küçük yapı birimi olan arazi parselleri iki farklı şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar arsa (imar parseli) ve arazi (kadastro parseli) olarak sınıflandırılabilir. İmar kanununa göre arsa (parsel), imar adaları içerisindeki kadastro parsellerinin İmar Kanunu, imar planı ve yönetmelik

esaslarına göre düzenlenmiş şeklidir. Yine imar kanununa göre Kadastro Parseli; kadastro yapıldığı zaman kadastro adaları içinde bulunan mülkiyeti tescilli parseldir, şeklinde tanımlanmaktadır.

– **Bina**

İmar kanununa göre Yapı ve Binanın tanımı; “*Karada ve suda, daimî veya muvakkat, resmi ve hususi yer altı ve yer üstü inşaatı ile bunların ilave, değişiklik ve tamirlerini içine alan sabit ve müteharrik tesislerdir. Bina; kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme ve dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılardır*”, şeklinde yapılmaktadır.

– **Bağımsız bölüm**

Kat Mülkiyeti Kanunu'na göre, “*kat mülkiyetine konu olan gayrimenkulün, ana gayrimenkulün ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olup, kanun hükümlerine göre bağımsız mülkiyete konu olan bölümleridir*”. Kat mülkiyeti kanununa göre “*Kat mülkiyetine konu olan gayrimenkulün bütününe (Ana gayrimenkul); yalnız esas yapı kısmına (Ana yapı); ana gayrimenkulün ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olup, bu Kanun hükümlerine göre bağımsız mülkiyete konu olan bölümlerine (Bağımsız bölüm) denir*”. “*Ana gayrimenkulün bağımsız bölümleri dışında kalıp, korunma ve ortaklaşa kullanma veya faydalanmaya yarayan yerlerine (Ortak yerler); kat maliklerinin ortak malik sıfatıyla paydaşı bulundukları bu yerler üzerindeki faydalanma haklarına (Kullanma hakkı)*”; şeklinde tanımlanmaktadır.

– **Eklenti**

Kat Mülkiyeti Kanununa göre Eklenti, “*Bir bağımsız bölümün dışında olup, doğrudan doğruya o bölüme tahsis edilmiş olan yerlere (Eklenti); bağımsız bölümler üzerinde kurulan mülkiyet hakkına (Kat mülkiyeti) ve bu hakka sahip olanlara (Kat maliki)*, denir. Eklenti, bağımlı olduğu yapıdan geçici olarak ayrılmakla bu niteliğini kaybetmez ve tapuya bağımlı olduğu yapı ile tescil edilir.

- **Kentsel alt yapı**

Kentsel alt yapı, bir kentin fonksiyonunu görebilmesi, büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan temel hizmetler, kolaylıklar ve gereçler olarak tanımlanır. Kentsel yaşamın sürdürülmesini sağlayan ve kalitesini artıran elektrik, telefon, içme ve kullanma suyu, kanalizasyon, doğal gaz, vb. tesisler teknik alt yapı tesisleri olarak adlandırılır. Ülkemizdeki kadastro sisteminde kentsel alt yapı tesisleri tapuya tescil edilmemektedir.

EK-A'da tescile konu olan kadastral nesneler sınıfı için belirlenen veri seti, veri tipleri ve kod listeleri yer almaktadır.

3.2.5 Geometri ve Dokümanlar

Kadastral nesnelerin geometrilerinin dijital ortamda temsil edilmesinde gml veri yapısı kullanılmıştır.

- **Tapu:** Tapu kaydı, parsel merkezli olup parsellerin bir harita veya plan üzerinde tanımlandığı ve malik isimleri, zilyetlik yapısı gibi yardımcı bilgilerin kaydedildiği sicillerdir [127]. Tapu Sicili (veya Tapu Kütüğü) ise; taşınmaz malların sahiplerini ve hukuki durumlarını göstermek amacıyla devlet tarafından tutulan sicillerle, defter ve vesikaların bütününe verilen ad olarak tanımlanmaktadır. Çok boyutlu kadastroların temelini oluşturan, en güvenilir ve yasal bilgilerin temin edildiği kayıtlardır. Tapu kayıtlarında tescil aşamasında yer alan bilgiler Medeni Kanun ve Tapuya tescilde esas alınan bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir.
- **Satış sözleşmesi:** Satıcının, satılan zilyetlik ve mülkiyetini alıcıya devretme, alıcının ise buna karşılık olarak bir bedel ödeme borcunu üstlendiği sözleşmeye denir. Kadastro görmemiş yerlerdeki taşınmazların devri için köy senedi olarak da bilinen muhtar satış sözleşmesi söz konusu olabilir. Satış sözleşmesinin yapıldığı tarihte kadastro yapılmamış ise, sözleşme geçerli kabul edilir, kadastro yapılmış ise sözleşme geçersiz sayılır.
- **Noter Belgesi:** Noter belgesi tapu yerine geçmez. Yer kiralama, kullanma hakkı gibi durumlarda noterden alınan belgelerin mülkiyet kullanımında yasal geçerliliği vardır.

- **Referans Sistemi:** 3B nesnelerin veritabanı yönetimindeki ilk aşaması konumsal referans sisteminin tanımlanmasıdır. Konumsal referans sistemi, konumsal veritabanında depolanan koordinat kümeleri arasındaki ilişkiyi belirleyerek nesneleri konumlarıyla temsil etme imkânı sağlamaktadır. Veritabanında depolanan her konumsal veri bir konumsal referans sistemi ile ilişkili olmak zorundadır. Bu konumsal referans sistemi, coğrafi referanslı olabileceği gibi bir yerel kartezyen koordinat sistemi de olabilir. Dik koordinat sistemi olarak da isimlendirilen kartezyen koordinat sisteminde bir noktanın koordinatları, orijinden itibaren 2B veya 3B olarak eksenler boyunca uzaklıkların ölçülmesiyle belirlenir. Coğrafi koordinatlar ise veritabanında enlem ve boylam değerleriyle açısal olarak ifade edilip belirli bir jeodezik datuma göre tanımlanırlar. Referans sisteminde tanımlanan bilgiler Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nde (BÖHHBÜY) [128] belirlenen temel esaslara göre seçilmiştir.
- **Ölçüm Verileri:** Ölçüm bilgileri, ölçüm değerlerinin, sabit noktaların, ölçüm planları ile ilgili teknik ve idari bilgileri tanımlar. Bu tanımlamalar yapılırken Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nde belirlenen esaslar temel alınmıştır.
- **İmar Planları:** İmar planları, 3B kadastro için parsellerin yerleşimini (arsa, bina, hava alanı) gösteren, geliştirilecek bölgeleri belirten ve birtakım kamusal kısıtlamalar gibi tüm gerekli bilgileri sağlayan çizimlerdir. Model içerisinde önemli bir veri kaynağı olarak kullanılmaktadır.
- **Mimari Plan:** İmar planları, binaların hem yasal hem de fiziksel nesnelerinin yeniden inşasını sağlayacak kadar ayrıntılı değildir. Bu yüzden Mimari planlar fiziksel nesneleri oluşturmak için kullanılır. 3B kadastronun bir verisi olan binalar hakkında ayrıntılı bilgi sağlayan mimari planlar 3B kadastro için önemli bir veri sağlayıcıdır.

EK-A'da model içerisinde sayısal verilerin ve belgelerin temsil edilebilmesi için belirlenen veri seti, veri tipleri ve kod listeleri yer almaktadır.

3.3 LADM Tabanlı Kadastral Veri Modelinin Geliştirilmesi İçin Mantıksal Veri Modelinin Geliştirilmesi

Türk kadastro sistemi parsel tabanlı olup 2 boyutlu sayısal harita üzerinde temsil edilmektedir. Hem ulusal hem de uluslararası tescil edilen kadastral nesnelerin ortak bir standart kullanılarak modellenmesi 2B ve 3B kadastro için esastır. Bu amaçla, mevcut kadastro sistemi, 3B kadastral nesneleri tanımlamalı ve yasa ve yönetmelikler ile düzenleyerek gerektiğinde 3B bir taşınmazı birleştirmek ve yönetmek için yasal araçlar oluşturmalıdır. Bu ihtiyaçtan ötürü, çalışmamızın öncü hedefi 3/4 boyutlu kadastro için bir standartlaşmanın getirilmesidir. Bu kapsamda ilk olarak mevcut kadastral sistemimizin dönüşümü için LADM'nin temel yapısına uygun olarak temel tanım ve kavramlar oluşturulmuştur. Bu kavramlar oluşturulurken gereksinim analizinde yararlanılan mevcut yasalar ve kavramlar kullanılmıştır. Buradaki temel amaç ilk olarak mevcut sistemin 3/4 B kadastroya dönüştürülmesi ve ortak bir standardın oluşturulmasıdır. Tablo 3.2'de 4B kadastro kapsamında model içerisinde kullanılacak temel kavramlar ve açıklamaları yer almaktadır.

3/4B Kadastro için, kadastro verilerini kavramsal düzeyde fiziksel modellerle ve 3 boyutlu olarak geometrik düzeyde görselleştirmeye depolamak ve entegre etmek gereklidir. LADM, bir taşınmazın 4B yasal verilerini modelleme konusunda yeterliyken, 3B olarak fiziksel detayların tam temsil edilmesi için pek uygun değildir. Bu kapsamda model için ilk olarak 4B kadastral yasal veri modeli geliştirilmiştir. 4B kadastral yasal veri modeli, 3B yasal nesneleri temsil eder ve zaman niteliklerini Türk kadastro sisteminin kavramlarıyla ilişkilendirir. 4B kadastral yasal veri modelini oluşturmanın başlangıç noktası, mevcut kadastro nesneleri (parsel, bina, kat mülkiyeti ve RRR) ve birlikte tescil edildikleri zamansal öz nitelikler ile arasındaki ilişkileri analiz etmektir. LADM'nin önemli bir diğer katkısı da 4B (3B + t) terminolojisi oluşturması ve ortak bir ontoloji sağlamasıdır. LADM standardı, 3B dijital arazi yönetimi verilerinin diğer yetki alanları ile paylaşılmasını kolaylaştırır, çünkü LADM, tüm yetki alanları arasında arazi yönetimi verilerinin değişimi için standart bir yaklaşım sağlar. Tablo 3.2, LADM sınıflarının ve geliştirilen 4B kavramsal veri modeli sınıflarının karşılaştırmasını

göstermektedir. Geliştirilen model içinde temel paketler LADM ile aynıdır: Parti, İdari Birim, Konumsal Birim ve Ölçme ve Temsil Paketleridir. Fakat paket içerisinde birbirlerine karşılık gelen sınıfların dışında Türk kadastral sistemine uygun şekilde yeni sınıflar oluşturulmuştur. Yeni oluşturulan sınıflar, Tescil Nesne (TR_RegistrationObjects), Tescil İşlemler (TR_RegistrationProcesses), Geometri İşlemleri (TR_GeometryProcesses), Cins Değişikliği (TR_LandUseConversion), Mülkiyet İşlemleri (TR_PropertyProcesses) ve Eklenti (TR_Annex). Oluşturulan sınıfların LADM içerisinde birebir karşılıkları yoktur. LADM'nin genişletilebilir yapısı kullanılarak yeni sınıflar oluşturulmuştur.

Parti paketi (TR_Party, "TR", "Türkiye Cumhuriyeti" 'ni temsil etmektedir) Türk kadastro sisteminin LADM Parti (LA_Party) sınıfına karşılık gelen bir paydaş sınıfıdır. Kadastro sisteminde taşınmaz ile ilgili tüm paydaşların bilgileri TR_Party sınıfında temsil edilmektedir. TR_PartyType (Kişi Türü), gerçek ve tüzel kişiyi temsil eder. Türk hukuk sistemine göre tapu bilgilerinde yer alan tüm niteliklerin (baba adı, doğum yeri vb.) gerçek kişide gösterilmesi zorunludur. Ancak vergi numarası tüzel kişilik için yeterlidir. Bu nedenle gerçek kişi, parti paketinde daha detaylı bilgilerle tanımlanmalıdır. Birden fazla kişinin aynı veya belirli bir gayrimenkul payına sahip olduğu durum Grup tarafı (TR_GroupParty) tarafından temsil edilmektedir. Son olarak, TR_PartyRoleType (Kişi rolü türü), malik, kurumlar, yerel otorite ve profesyonel kuruluşlar gibi çeşitli rolleri içerir.

Tablo 3.2 Türkiye’de mevcut mevzuat açısından kullanılan kavramlar doğrultusunda LADM sınıfları ile önerilen 4B kadastro yasal veri modelinin karşılaştırılması

Türkiye’deki Mevzuat Profili	LADM Sınıfları	4B Kavramsal Model Sınıfları
Taraf Paketi		
Taraflar	LA_Party	TR_Party
-tanımsız-	LA_GroupParty	TR_GroupParty
-tanımsız-	LA_PartyMember	TR_PartyMember
İdari Paketi		
-tanımsız-	LA_RRR	TR_RRR
Haklar	LA_Right	TR_Right
Kısıtlar	LA_Restriction	TR_Restriction
Sorumluluklar	LA_Responsibility	TR_Responsibility
İrtifak	LA_Right	TR_Easement
Devremülk Hakkı	LA_Right	TR_Right
Kayıt Nesnesi	-	TR_RegistrationObject
İpotek	LA_Mortgage	TR_Mortgage
Şerhler	LA_RRR	TR_Annotations
Temsil	LA_RRR	TR_Representation
Hak ve Sorumluluk	LA_RRR	TR_RightAndLiability
Kaynak	LA_AdministrativeSource	TR_AdministrativeSource
Kayıt İşlemleri	-	TR_RegistrationProcesses
Geometrik İşlemler	-	TR_GeometryProcesses
Cins Değişikliği	-	TR_LandUseConversion
Mülkiyet İşlemleri	-	TR_PropertyProcesses
Konumsal Birim Paketi		
Gayrimenkul	LA_SpatialUnit	TR_SpatialUnit
Parsel	LA_Parcel	TR_Parcel
Katman	LA_Level	TR_Level
Bina	LA_SpatialUnit	TR_Building
Proje Alanı	LA_SpatialUnitGroup	TR_SpatialUnitGroup
Bağımsız Bölüm	LA_LegalSpaceBuildingUnit	TR_CondominiumUnit
Eklenti	-	TR_Annex
Altyapı Ağı	LA_LegalSpaceUtilityNetwork	TR_UtilityNetwork
Kayıt Nesnesi	-	TR_RegistrationObject
-tanımsız-	LA_RequiredRelationshipSpatialUnit	TR_RequiredRelationshipSpatialUnit

Tablo 3.2 Türkiye’de mevcut mevzuat açısından kullanılan kavramlar doğrultusunda LADM sınıfları ile önerilen 4B kadastro yasal veri modelinin karşılaştırılması (devamı)

Ölçme ve Temsil Paketi		
Nokta	LA_Point	TR_Point
Kaynak	LA_SpatialSource	TR_SpatialSource
2B Sınır	LA_BoundaryFaceString	TR_BoundaryFaceString
3B Sınır	LA_BoundaryFace	TR_BoundaryFace

TR_RRR, TR_Right (Hak), TR_Restriction (Kısıtlılık) ve TR_Responsibility (Sorumluluk) olmak üzere üç alt sınıfı olan soyut bir sınıftır. Hak sınıfı (TR_Right), mülk sahibine ilişkin her türlü kullanım hakkı tanıyan satın alma, satış, bağış, kiralama gibi mülk sahibinin hak ve tasarrufunda olan işlem bilgilerini içerir. TR_Right Ayni Hak (TR_RealRight) ve Sınırlı Ayni Hak (TR_LimitedRealRight) olmak üzere iki alt sınıfı mevcuttur. Sınırlı ayni hak sınıfı da İpotek (TR_Mortgage) ve İrtifak Hakkı (TR_Easement) olmak üzere iki alt sınıfı vardır. İpotek hem bir hak türü hem de bir kısıtlılık olabilir. İpotek sınıfından da anlaşılacağı gibi bazı haklar ve kısıtlamalar örtüşebilir. Kısıtlılık (TR_Restriction sınıfı) dört alt sınıftan oluşur: Beyanlar (TR_Representations), Hak ve Yükümlülükler (TR_RightsAndLiability), Şerhler (TR_Annotations) ve tapu sicilindeki İpotekler (TR_Mortgages). Bu dört sınıf içinde işlem görmüş bir taşınmaz konusu, belge numarası, işlem bilgileri ve tapu kütüğü sayfa numarası ile tescil edilir. İpotek sınıfı hak ve kısıtlama sınıfında yer alır ve olası bir borç durumunda gayrimenkul teminatı için gerekli bilgileri içerir. Beyanlar sınıfı, gayrimenkul ile ilgili herhangi bir durum hakkında bilgi içerir. Hak ve Yükümlülükler sınıfı, irtifak hakkı, intifa hakkı, geçiş hakkı, devre mülk gibi hakların tapu kütüğüne kaydedildiği yerdir.

LADM bazlı oluşturulan modelde Tescil İşlemler (TR_RegistrationProcesses) sınıfı yenidir. Bu sınıf model içerisinde bilgi sağlayıcı kaynak sınıfı gibi görünse de bir taşınmazın malik bilgisi veya konumsal planlaması değiştirilmeden yapılan işlemlerin temsil edildiği sınıftır. Tüm bu işlemler zamansal bilgiler içermektedir. Eğer LADM'nin Kaynak (Source) sınıfı içerisinde modellenen idi zamansal

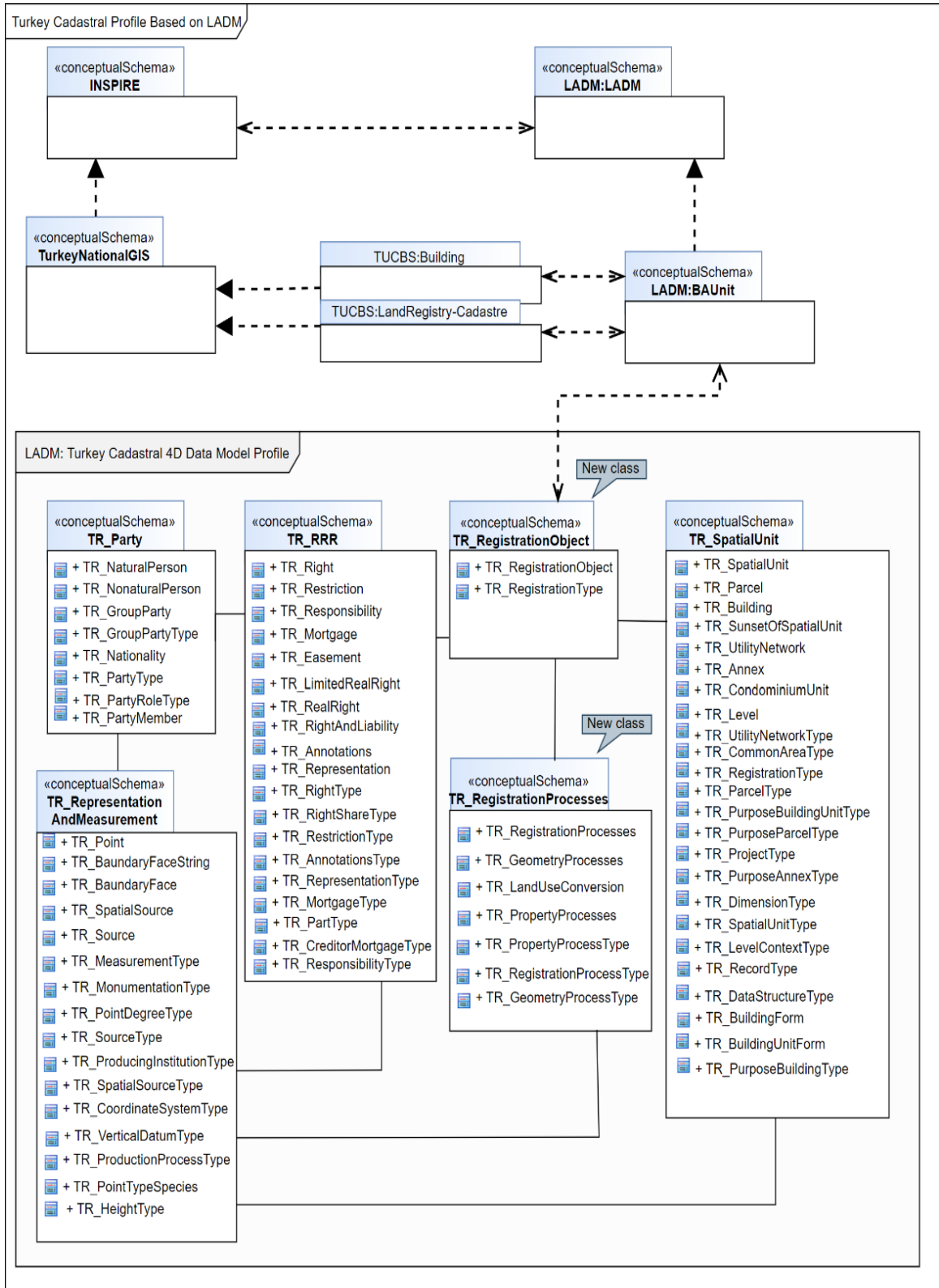
ifadelerin temsiliyetine imkân veremeyecekti, çünkü LADM’de zamansal verilerin yönetimi VersionObject sınıfıyla sağlanmaktadır ve bu sınıf Kaynak sınıfı ile bağlantılı değildir. Bu yüzden İdari Birim (Administrative) paketi içerisinde oluşturulması Türk kadastral sistemi için daha doğrudur. Bu sınıf içerisindeki nitelikler Medeni Kanun, Tapu Kanunu, Kadastro Kanunu, İmar Kanunu'na göre belirlenmiştir.

Bir diğer yeni sınıf ise Tescil Nesneleri (TR_RegistrationObjects) sınıfıdır. LA_BAUnit sınıfının altında oluşturulmuştur, çünkü LA_BAUnit sınıfı bir malike ait tüm taşınmazları temsil ederken, TR_RegistrationObjects sınıfı tapuda kayıtlı her bir taşınmazı ayrı ayrı temsil eder. Türk kadastro sisteminde tapuya tescil edilen nesneler parsel, bağımsız bölüm ve bağımsız bölüm ile ilişkili olan kömür mahzeni, depo gibi eklerdir. Bu nedenle, geliştirilen modelde, RegistrationObjects sınıfı, “Spatial Unit” sınıfının bir üst sınıfı ve BAUnit sınıfının bir alt sınıfı olarak kabul edilir. Alt sınıfları, parsel, bina ve bağımsız bölümleri olan SpatialUnit (Konumsal Birim) sınıfı, tüm kadastro nesnelerinin temsil edildiği ve diğer sınıflarla ilişkilendirildiği ana sınıftır. “Building” (Bina) sınıfı, kadastro sistemi için zorunlu olan parsel sınıfı ile bir kompozisyon ilişki tipine sahiptir. Bir bina sadece bir parselde yer alırken, bir parselde birden fazla bina olabilir. Bir bina, konumsal bir birim olarak kabul edilen bir veya daha fazla bağımsız bölüme (Condominium Unit) sahip olabilir. Ek (TR_Annex), mahzen ve su depoları gibi bağımsız bölümün dışında yer alan ve ilişkili olmadığı bağımsız bölüm olmaksızın tek başına tapuya tescil edilemeyen yapıdır. Türkiye’de mevcut kadastro sisteminde teknik alt yapı tesislerinin (elektrik, telefon, içme suyu, kanalizasyon, doğalgaz tesisleri) tescil edilmemesinden dolayı bu bölüm de LADM’ye dayalı kadastro veri modelinin dışında bırakılmıştır.

Son olarak modelin bir alt paketi olan ölçme ve temsil alt paketi (TR_RepresentationAndMeasurement), konumsal nesnelere ait ölçüm işlemlerine ait teknik bilgilerin ve geometrik temsil için koordinat verilerin temsil edildiği pakettir. Paket sınıflarının öznitelikleri, LADM ISO19152 standartlarına göre oluşturulmuştur.

ISO 19152, LADM dokümanında LADM ile INSPIRE Kadastral Parsel veri teması arasındaki ilişki gösterilmektedir. Yani LADM geliştirilirken INSPIRE direktiflerini de kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Türkiye’de geliştirilen TUCBS projesi de INSPIRE direktifleri temel alınarak tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, geliştirdiğimiz 4B Kadastral yasal veri modeli TUCBS Tapu-Kadastro ve Bina veri teması dikkate alınarak geliştirilmiştir. Şekil 3.2’de geliştirilen modelin LADM ve INSPIRE ile olan ilişkisi gösterilmektedir.





Şekil 3.2 Geliştirilen LADM bazlı 4B kadastral yasal modelin TUCBS ve INSPIRE veri modelleri ile genel ilişkisi

3.3.1 Zaman Verisinin Temsili

Zamansal coğrafi bilgi sistemi konumsal nesnelerin ve özniteliklerinin zaman içerisindeki değişimlerini göstermeye ve analiz etmeye imkân veren bir bilgi sistemidir [126]. Kadastral verilerin sınırlarında, şekillerinde ve malik bilgilerinde zamanla değişim meydana gelmektedir. Bu durum kadastral sistemlerde meydana gelen değişimlerin zamansal olarak takip edilmesi ihtiyacını gündeme getirmektedir [126]. Kadastral sistemlere zaman verisinin entegrasyonu neticesinde zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin takibi kolaylaşabilecektir. Bu değişimler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

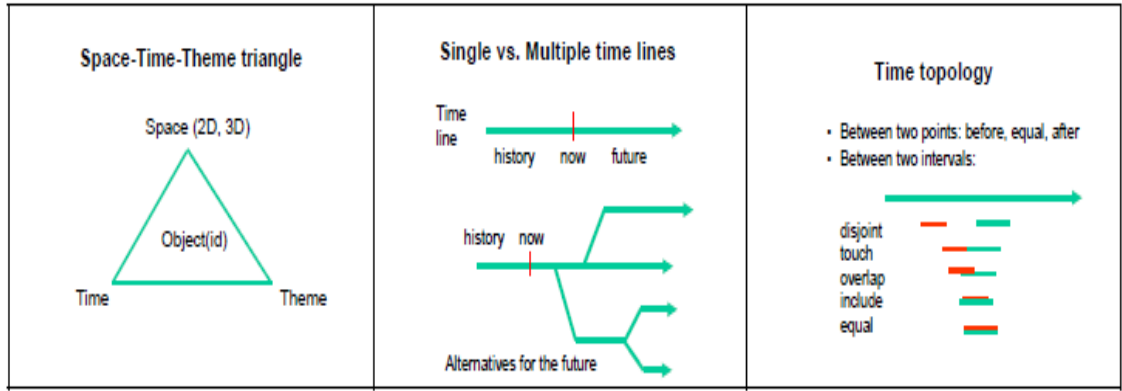
- Tarihsel verilerin saklanması ve analizi
- Geçmişte meydana gelen olayların açıklaması ve geleceğe yönelik yönelimleri
- Bir kadastral nesnenin veya nesne grubunun zaman içerisinde herhangi bir andaki durumlarının incelenmesi
- Bir kadastral nesnenin veya nesne grubunun belirli bir zaman dilimi içerisindeki değişimlerinin izlenmesi

Bu değişimlerin izlenmesi ile kadastral sistem içerisinde neyin değiştiği, değişikliklerin nerede, ne zaman ve nasıl oluştuğu, ne tip değişikliklerin meydana geldiği ve değişikliklere neyin neden olduğu gibi analizlere cevap verilebilecektir. Yapılan bazı çalışmalarda kullanılan bu zamansal analizler dört gruba ayrılmıştır [76], [126]:

- **Basit zamansal analiz:** Herhangi bir tarihte bir kadastral nesneye ait öznitelik verilerinin belirlenmesidir.
- **Belirli bir süreçte zamansal analiz:** Başlangıç ve bitiş tarihi olan herhangi bir zaman dilimi içerisinde bir kadastral nesne veya nesne grubuna ait öznitelik verilerinin belirlenmesidir.
- **Basit zamansal – konumsal analiz:** herhangi bir tarihte, kadastral nesne veya nesne grubuna ait grafik ve öznitelik verilerine ait bilgilerin belirlenmesidir.

- **Belirli bir süreçte zamansal – konumsal analiz:** Başlangıç ve bitiş tarihi belli olan herhangi bir zaman diliminde kadastral nesne veya nesne grubuna ait grafik ve öznitelik verilerinin belirlenmesidir.

Bu işlemler gerçekleşirken zamansal analizler için girilen değerler sürekli, parçalı, çakışık, eşit ve birbirini kapsayan zaman aralıklarında olabilir. Bu durumlarda doğru analiz yapabilmek için sadece başlangıç ve bitiş tarihi yanında saat ve dakika cinsinden tarih verileri de kullanılır. Tek başına başlangıç ve bitiş tarihi doğru sonuç vermez. Türk tapu sicilinde başlangıç bitiş tarihi, kayıt tarihi ve terkin tarihi olarak işlenmektedir. Saat ve dakika türünden yazılacak zaman verisi ise kayıt zamanı ve terkin zamanı olarak ifade edilmektedir. Araştırmacılar [73] yapmış oldukları çalışmada zamansal topolojiyi açıklamışlardır. Şekil 3.3'te zamansal topoloji temsil edilmektedir.



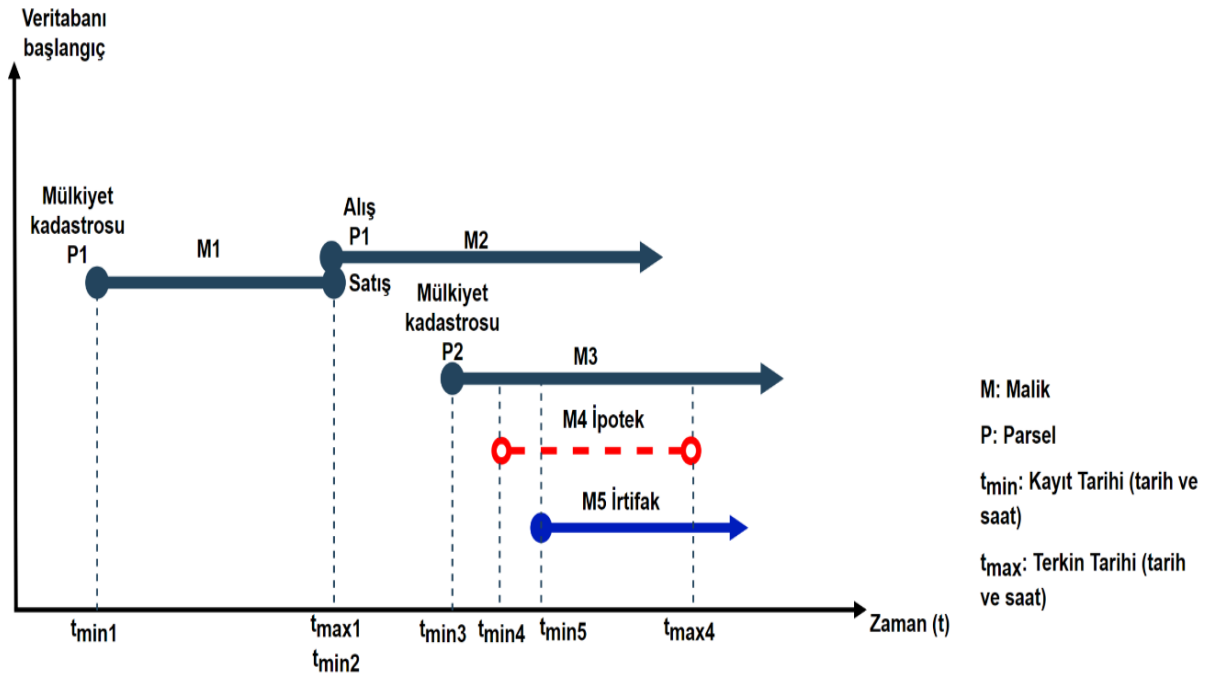
Şekil 3.3 LADM temsil edilen zamansal topoloji [73]

“VersionedObject” sınıfı, LADM standardında zaman modellemesini yönetmek için özel olarak tasarlanmış bir sınıftır. LADM'deki ana üç paket ve bir alt paket, “VersionedObject” sınıfından (AdministrativeSource ve SpatialSource sınıfı hariç) zamansal bilgileri devralmak üzere tasarlanmıştır. “VersionObject” sınıfı içerisinde zamansal bilgiler, her sınıf için başlangıç (startLifespanVersion) ve bitiş (endLifespanVersion) olarak tasarlanmıştır. Sisteme başlangıç bilgilerinin girilmesi zorunludur. Bitiş bilgisi ise isteğe bağlıdır, çünkü bitiş zamanının değerinin kaydedilip kaydedilmemesi verinin kendisine bağlıdır. “VersionObjects” sınıfındaki Timestamp ve Time period kavramlarının yorumlanması gerekir, çünkü

LADM zaman bilgisinin düzenlenmesini ülkelere, eyaletlere ve her bir kuruma bırakmıştır. Bu yüzden, LADM'de ifade edilen zaman bilgisi her kurum tarafından kendi sistemlerine uyarlanmalıdır. “VersionObjects” sınıfı, zaman bilgilerini kaydetmek için farklı sınıflardaki farklı olaylar için aynı kavramı kullanır. Bu durumda zaman bilgisinin kullanımında bazen problem yaşanabilmektedir [76], [77]. Dolayısıyla LADM'de tanımlanan zaman bilgisi ile Türk kadastro sisteminde kullanılması gereken zaman kavramları tam olarak örtüşmeyebilir. Bu nedenle kadastro sistemlerinde zaman bilgisinin nasıl uygun bir şekilde modellendiğinin dikkate alınması ve verilerin anlamsal belirsizlik olmadan anlamlı bir şekilde kullanıcılara sunulması gerekmektedir. Türk kadastro sisteminde bir taşınmaz, tescil tarihi (saat ve dakika türünden) itibariyle üzerindeki hak, kısıtlama ve sorumluluk ile mevcut kadastro sistemine tescil edilir. Bu kapsamda, model içerisinde başlangıç tarihi olarak “Kayıt Tarihi” (startLifespanVersion) ve bitiş tarihi olarak “Terkin Tarihi” (endLifespanVersion) (gün, ay, yıl; saat ve dakika cinsinden yazılarak) ifadeleri seçilmiştir.

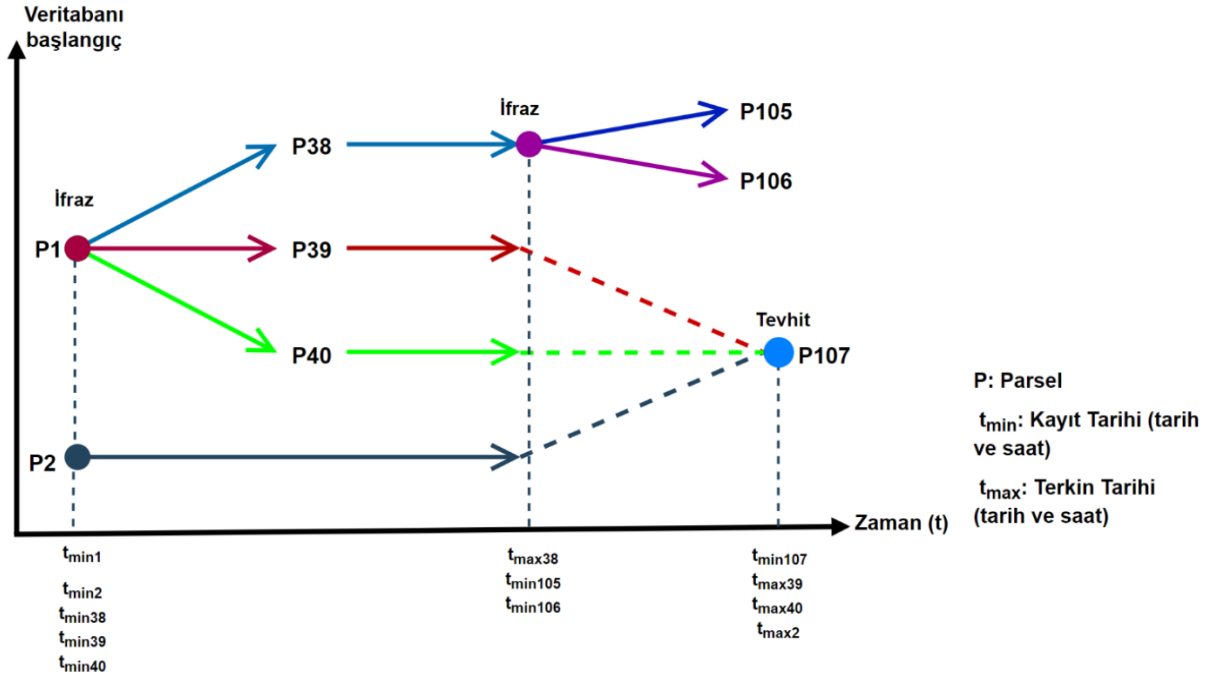
Zamansal ifadelerin dijital ortamda temsil edilebilmesi için dört farklı durum ortaya çıkmaktadır. (1) Zaman damgası (Timestamp): Süreç belirtmeyen olayın gerçekleştiği tarihin belirtilmesi. Örneğin bir taşınmazın tapuya tescil edilmesi (Başlangıç tarihi, saati ve dakikası ile=tmin olarak ifade edilir). (2) Süreç (Period): Belli bir süreç bildiren zamansal durumu modellemek için kullanılır (Başlangıç tarihi, saat ve dakikası ile=tmin; bitiş tarihi, saati ve dakikası ile beraber=tmax). Örneğin bir taşınmaz üzerinde ipotek kurulması ve ipoteğin sonlandırılması işlemi verilebilir. (3) Taşınmaz ile ilgili tüm işlemlerde (satış, bağış, ifraz vb.) hem başlangıç tarihi ve saati (tmin) hem de bitiş tarihi ve saati (tmax) kaydedilmelidir. (4) Veritabanındaki tüm verilerin geçmişe yönelik kayıtlarının tutulması işlemi. Bu işlem için veritabanında versiyonlama işlemi yapılmalıdır. Versiyonlanacak nesnenin tutulduğu tablolarda VOID (VersionObjectID) ve VODate (VersionObjectDate) alanları bulunmaktadır. Bu alanların çalışma prensibi, bir kayıta değişiklik olduğunda o satırın değiştirilmemesi, değişikliklerin yeni bir satıra aktarılmasıdır. Yeni satırdaki VOID sıfır değerini alırken, eski satırın VOID'si, yeni satırın birincil anahtarı olarak ayarlanır. Böylece, kayıtlar arasında bir 'bağlı liste' oluşturulur. Bu veri yapısı ile

eski kayıtlara erişmek için mevcut satırın birincil anahtarını (VersionObjectID =0) “VersionObject” olarak kabul eden bir satır bulunmaktadır. Bu ilişki, SQL sorgusunda birleştirme (join) kullanılarak elde edilir. Böylece veri tabanındaki taşınmaz ile ilgili zamansal bilgilerin sorgulanmasına imkan sağlanır. Şekil 3.4’te bir taşınmaza ait işlemlerin veritabanında zamansal kaydının tutulması gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Türk kadastro sistemindeki herhangi bir taşınmaza ait işlemlerin zamansal ifadelerinin grafiksel gösterimi

LADM içerisinde LA_Source sınıfı, "VersionObject" ile doğrudan ilişkili değildir. Bu nedenle taşınmaz ile ilgili zaman bilgisinin sorgulanması ve arşivlenmesi, özellikle taşınmazın geometrisinin değişmediği durumlarda LADM için sorun teşkil etmektedir. Bu sorunun giderilmesi için idari birim paketi içerisinde oluşturulan "Kayıt İşlemi" (TR_RegistrationProcesses) sınıfı içerisinde tüm kadastro işlemlerini kayıt altına alabiliriz. Örneğin bir parselin geometrisini değiştiren işlemler (ifraz gibi) zaman bilgisi ile kayıt altına alınır. Böylece bu sınıf sayesinde zamansal bilgiler tutulabilmektedir. Şekil 3.5’te, herhangi bir kadastro nesnesinin zaman içinde geçirmiş olduğu işlemleri grafiksel gösterimi mevcuttur.



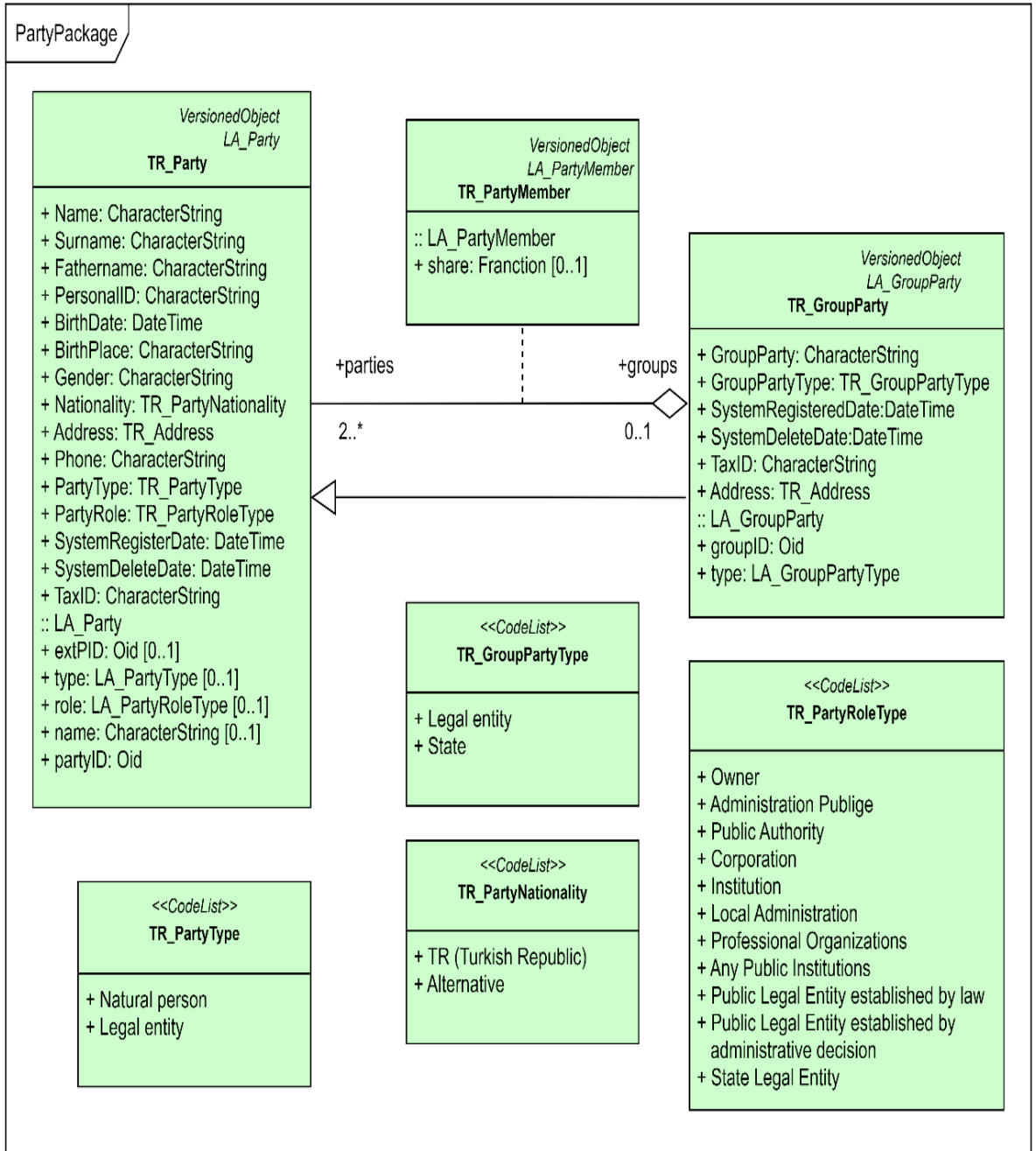
Şekil 3.5 Bir taşınmaz üzerindeki işlemlerin zamansal olarak izlenmesi

3.4 Kavramsal Veri Modelinin Oluşturulması

3.4.1 Kişi Paketi (TR_Party)

Bir taşınmaz üzerinde herhangi bir hak, kısıtlılık ve sorumluluğa sahip olan ve her türlü tasarruf hakkında bulunan gerçek veya tüzel kişilik kişi paketinin ana elamanını oluşturur. Kişinin tanımlayıcı özneliği KimlikID olarak belirlenmiştir. KimlikID Türkiye Cumhuriyeti kimlik numarası veya yabancı vatandaşlar için verilmiş özel numaralar olabilir. Kişiyi tanımlamak için isim, soy ismi, baba adı, doğum tarihi ve yeri, uyruğu ve adresi gibi öznelikler seçilmiştir. Gerçek veya tüzel kişilik olduğunu belirleyebilmek için “KişiTürü” özneliği tanımlanmıştır. “KişiRolüTürü” gerçek kişilikse malik, tüzel kişilikse kamu kurum ve kuruluşları, meslek odaları, mahalli idareler ve spor kulüpleri gibi kuruluşlardan oluşmaktadır. Kişinin sisteme kaydedildiği “SistemKayıtTarihi” ve sistem çıktığı “SistemÇıkışTarihi” bilgileri de yer almaktadır. Türk hukuk sistemine göre, tapuda belirtilen tüm niteliklerin (baba adı, doğum yeri vb.) gerçek kişilikte gösterilmesi

zorunludur. Ancak vergi numarası tüzel kişilik için yeterlidir. Bu nedenle, model içerisinde gerçek kişilik için tapu bilgilerini tam olarak temsil edecek daha fazla ayrıntı vardır. Grup kişi ise, en az iki veya daha fazla tarafın belirsiz bir payla hak, kısıtlama ve sorumluluğa sahip olarak ortak mülkiyette bulunma durumudur. Şekil 3.6’da Kişi paketi UML çizimi gösterilmiştir.



Şekil 3.6 LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Kişi paketinin UML temsili

3.4.2 İdari Birim Paketi (TR_Administrative)

Bu pakette, Hak, Kısıtlılık ve Sorumluluk (RRR), Tescil işlemleri (TR_RegistrationProcesses), sınıfları yer almaktadır. RRR sınıfı, gerçek veya tüzel kişilerin bir taşınmaz üzerinde tasarrufta bulunabilme, aynı zamanda taşınmaz üzerinde birtakım kısıtlamaların yer alabildiği ve kişinin taşınmaza karşı sorumluluklarının temsil edildiği sınıftır.

Hak (TR_Right) sınıfı, mülkiyet hakkı ve sınırlı ayni hak olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır. Mülkiyet hakkı, gerçek veya tüzel kişilerin menkul, gayrimenkul bir eşya üzerindeki o eşyayı kullanma, yararlanma, alım satım, kiralama, ödünç verme gibi her türlü tasarrufta bulunabilme hakkıdır. Sınırlı ayni hak ise mülkiyet hakkının aksine sahip olunan eşya üzerinde birtakım hakların kullanılmasına izin vermektedir. Sınırlı ayni hak sınıfı kendi içerisinde rehin hakkı ve irtifak hakkı olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmaktadır.

Kısıtlılık (TR_Restrictions) sınıfı ise sınırlı ayni hakların kullanımını kısıtlayan bilgilerin tapu tescilinde kısıtlılık bilgilerinin tescil edildiği bölümleri ve bilgilerinin belirlendiği kısımdır. Bu kısıtlamalar tapu sicilinde yer alan beyanlar, hak ve mükellefiyetler, şerhler ve gayrimenkul rehin hakları olarak alt sınıflara ayrılmaktadır.

Sorumluluk (TR_Responsibility) sınıfı, kişinin taşınmazın kullanımından kaynaklı hem taşınmaza karşı hem de etrafına karşı yerine getirmesi gereken birtakım sorumlulukların sınıflandırıldığı sınıftır.

3.4.2.1 Hak Sınıfı (TR_Right)

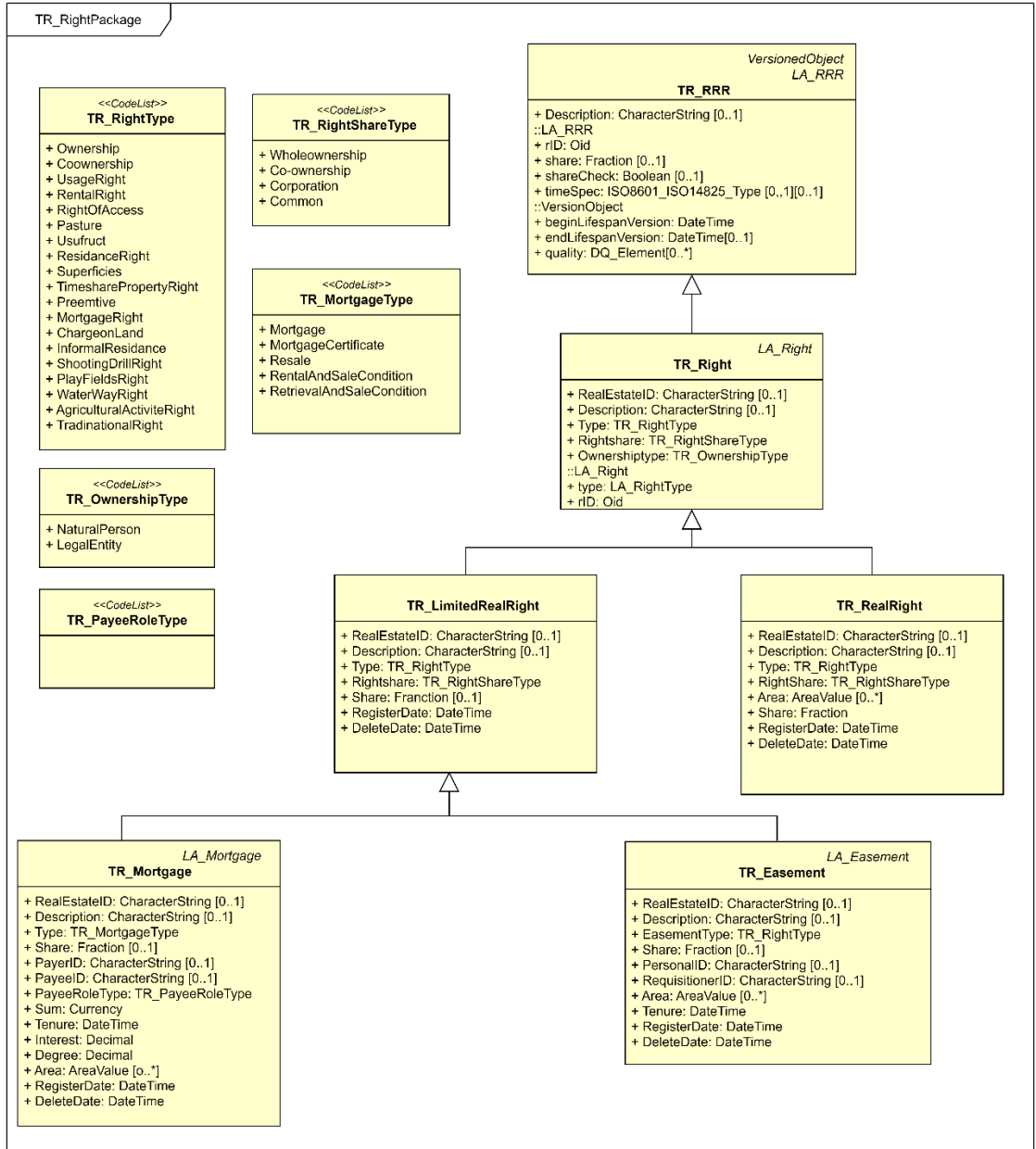
Hak sınıfı mülkiyet hakkı ve sınırlı ayni hak olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır. Mülkiyet hakkı, gerçek veya tüzel kişilerin menkul, gayrimenkul bir eşya üzerindeki o eşyayı kullanma, yararlanma, alım satım, kiralama, ödünç verme gibi her türlü tasarrufta bulunabilme hakkıdır. Sınırlı ayni hak ise mülkiyet hakkının aksine sahip olunan eşya üzerinde birtakım hakların kullanılmasına izin vermektedir. Ayni haklar kütüğe tescille doğar, sıralarını ve tarihlerini tescile göre

alırlar (MK. madde 1022) ve Ayni haklar tescil edilmedikçe varlık kazanamazlar (MK. madde 1021). Tescil, tasarrufa konu olan taşınmaz malikinin yazılı beyanı üzerine yapılarak (MK. madde 1013) her taşınmaz bulunduğu bölgenin Tapu Siciline kaydedilir (MK. madde 1004). Birden çok bölgede bulunan taşınmaz, diğer bölge sicillerine kayıtlı olduğu belirtilmek suretiyle her bölgedeki sicile ayrı ayrı kaydedilir. Bununla ilgili işlemler, büyük parçanın bulunduğu sicilde yapılır ve sonucu diğer sicillere de işlenir (MK. madde 1005). Ayrıca tescil isteminde bulunan kimse, tasarruf yetkisini ve hukuki sebebi belgelemiş olması gerekmektedir (MK. Madde 1015). Kütüğe tesciller, istem tarihi ve sırasına göre yapılır ve ilgililere istemeleri halinde tescilin bir örneği (tapu) verilir (MK. madde 1017). Son olarak da bir tescilin terkinin veya devri ancak, bu kaydın kendilerine hak sağladığı kişilerin yazılı beyanı üzerine yapılabilir (MK. madde 1014).

Sınırlı ayni hak rehin hakkı ve irtifak hakkı olmak üzere 2 alt sınıfa ayrılır. Sınırlı ayni haklardan biri olan rehin hakkının kurulabilmesi için öncelikle ortada geçerli bir alacak hakkının bulunması gerekmektedir. Rehin hakkının kurulması ve yönetilmesi ile ilgili esaslar medeni kanunla düzenlenmektedir. Rehin hakkı için hangi taşınmaz üzerinde kurulacaksa o taşınmaza ait bilgiler "TaşınmazID" özniteliği ile temin edilir. Borçlu ve alacaklının bilgileri "BorçluID" ve "AlacaklıID" öznitelikleri ile sorgulanabilmektedir. MK madde 882' ye göre miktarı belirli olmayan veya değişebilen alacaklarda, belli rehin derecesi yerleştirilir ve tescilden sonra alacak miktarında meydana gelecek değişimlere bakılmaksızın sırasını korur. Bu açıklamaya göre "Derecesi" özniteliği RehinHakkı sınıfında yer almaktadır. Aynı zamanda rehin hakkının miktarı, süresi ve faizi bilgileri de sistemden sorgulanabilmektedir. Son olarak zamansal verinin tutulduğu rehin hakkının ne zaman kurulduğu ve sona ereceği ile ilgili bilgiler için "Kayıt Tarihi", ve "Terkin Tarihi", verileri yer almaktadır.

İrtifak hakkı, ayni haklar içerisinde irtifak kurulanın lehine sağlanan sınırlı bir ayni haktır. Hak sahibine o taşınmaz üzerinde kullanma, yararlanma yetkisi sağlayan bir hak türüdür. İrtifak hakkının türü "HakTürü" kod listesinde belirlenen hak türlerinden biri olabilir. Hangi taşınmaz üzerinde irtifak kurulacak ise o taşınmaz ile ilgili bilgiler "TaşınmazID", "Hisse" ve "Alan" öznitelikleri ile sorgulanabilmektedir. Taşınmaz malikinin bilgileri "KimlikID", irtifak kurulmasını

talep eden kişinin bilgileri "TalepedenID" öznitelikleri ile belirlenebilir. İrtifak hakkı ile ilgili genel bilgiler açıklama kısmında yer alır. Son olarak da irtifak hakkının ne zaman kurulacağı ve sona ereceği ile ilgili zamansal bilginin yer aldığı "Kayıt Tarihi" ve "Terkin Tarihi", İrtifak Hakkı sınıfında yer alır. Sınıflar arasında Birleşik Modelleme Dili (UML) kurallarına göre Genelleştirme ilişkisi mevcuttur. Böylece üst sınıftaki tüm öznitelikler miras yolu ile alt sınıflara geçer. Şekil 3.7'de Hak sınıfına ait UML temsil gösterilmektedir.



Şekil 3.7 LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Hak sınıfının UML temsili

3.4.2.2 Kısıtlılık Sınıfı (TR_Restrictions)

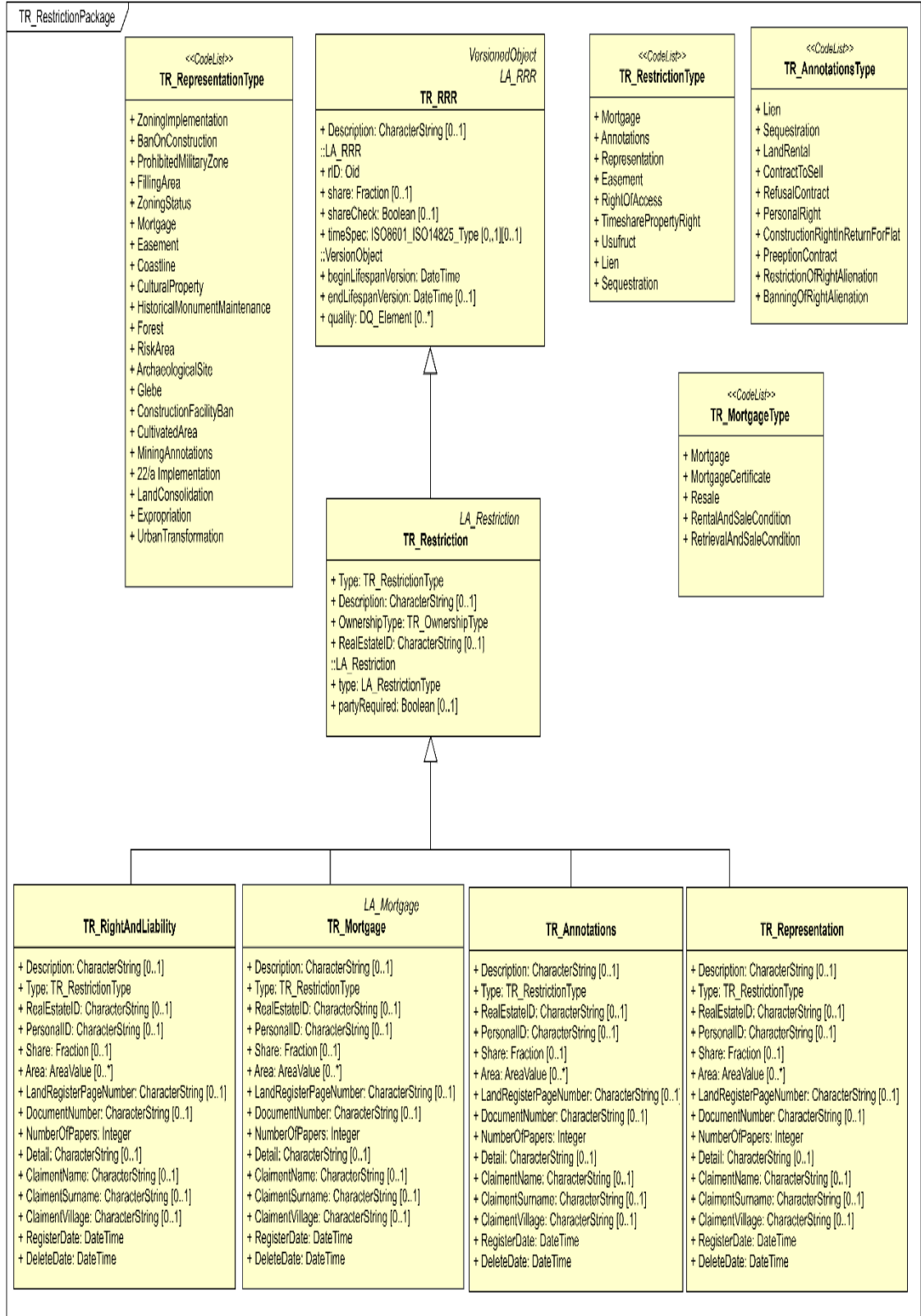
Kısıtlılık sınıfı, sınırlı ayni hakların kullanımını kısıtlayan bilgilerin tapu tescilinde kısıt bilgilerinin tescil edildiği bölümleri ve bilgilerini belirlediği kısımdır. Bu kısıtlamalar tapu sicilinde yer alan Beyanlar, Hak ve Mükellefiyetler, Şerhler ve Gayrimenkul Rehin hakları olarak alt sınıflara ayrılmaktadır.

Beyanlar (TR_Representation), Teferruat, Geçit hakkı, Yeniden kurulması kabil olmayan ayni haklar, Özel kanunlar gereği verilen beyanlar (İmar Kanunu, Arazi Toplulaştırma Tüzüğü, Kadastro Kanunu, Kat Mülkiyeti Kanunu, Eski Eserler Kanunu) ve Gayrimenkul rehin haklarına ait düşüncelerin Tapu Sicilinde beyanlar hanesine yazılması ile oluşur. Beyanlar, işlemin konusu, kütük sayfa numarası ve yevmiye numarası olarak kaydedilir. İlgili taşınmaz ile ilgili "TaşınmazID", "Hisse", "Alan" bilgileri Beyanlar sınıfında yer alır. Zamansal bilgilerin sorgulanabilmesi için "Kayıt Tarihi", ve "Terkin Tarihi" öznitelikleri sınıf içerisinde tutulmaktadır. Beyanlar kod listesinde de beyan türlerinin neler olabileceği gösterilmektedir.

Hak ve Mükellefiyetler (TR_RightAndLiability), irtifak hakları, intifa hakkı, geçit hakkı, devre mülk hakları gibi hakların tapu kütüğüne tescil edildiği kısımdır. Kendine ait alana beyanlar gibi tescil edilir. Hak ve Mükellefiyetler türleri için Kısıtlılık kod listesi oluşturulmuştur.

Şerhler (TR_Annotations) herhangi bir taşınmaz ile açıklamaların bulunduğu kısımdır. Şerh türleri, Şerhler Kod listesinde haciz, ihtiyatlı haciz, kiralama, satış vaadi sözleşmesi, red sözleşmesi, kişisel haklar, kat karşılığı inşaat sözleşmesi, şufa sözleşmesi, temlik hakkını kısıtlamak ve temlik hakkını yasaklamak olarak sıralanabilir. Şerh işlemi tapu kütüğünde kendine ait alana beyanlar işlemindeki gibi kaydedilir.

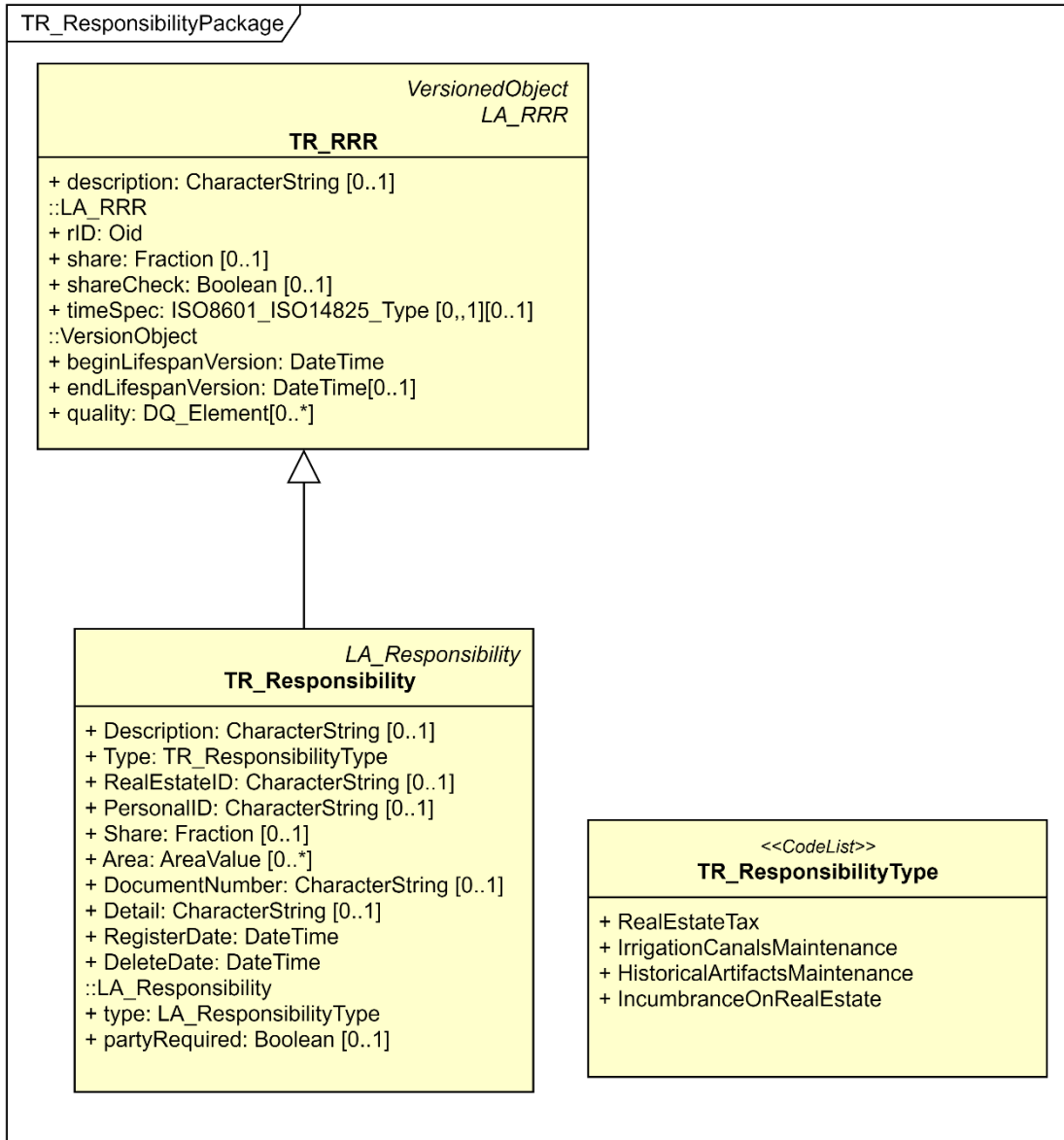
Rehin hakkı (TR_Mortgage) da hem bir hak türü hem de bir kısıtlılık türü olmaktadır. Rehin hakkı gibi bazı hak ve kısıtlılıklar çakışabilmektedirler. Rehin hakkı da tapu kütüğüne, beyanlar işlemi gibi kaydedilmektedir. Rehin hakkının sona ermesi durumunda ilgili satırdaki bilginin üzeri çizilerek tarih ve yevmiye numarası yazılır. Sınıflar arasında genelleştirme ilişkisi sayesinde üst sınıftaki tüm öznitelikler miras yolu ile alt sınıflara geçer. Şekil 3.8'de Kısıtlılık sınıfına ait UML temsil gösterilmektedir.



Şekil 3.8 LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Kısıtlılık sınıfının UML temsili

3.4.2.3 Sorumluluk Sınıfı (TR_Responsibility)

Bir kişinin taşınmaz üzerinde yerine getirmesi gereken yükümlülüklerinin temsil edildiği sınıftır. Bu yükümlülükler, taşınmaz ile ilgili vergilerin verilmesi, taşınmazın türüne göre bakım ve onarımın düzenli periyotlarda yapılması veya yaptırılması ve taşınmaz ile ilgili irtifak haklarından doğan ücretlerin ödenmesi olarak sıralanabilir. Şekil 3.9'da Sorumluluk sınıfına ait UML gösterimi gösterilmektedir.



Şekil 3.9 LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Sorumluluk sınıfının UML gösterimi

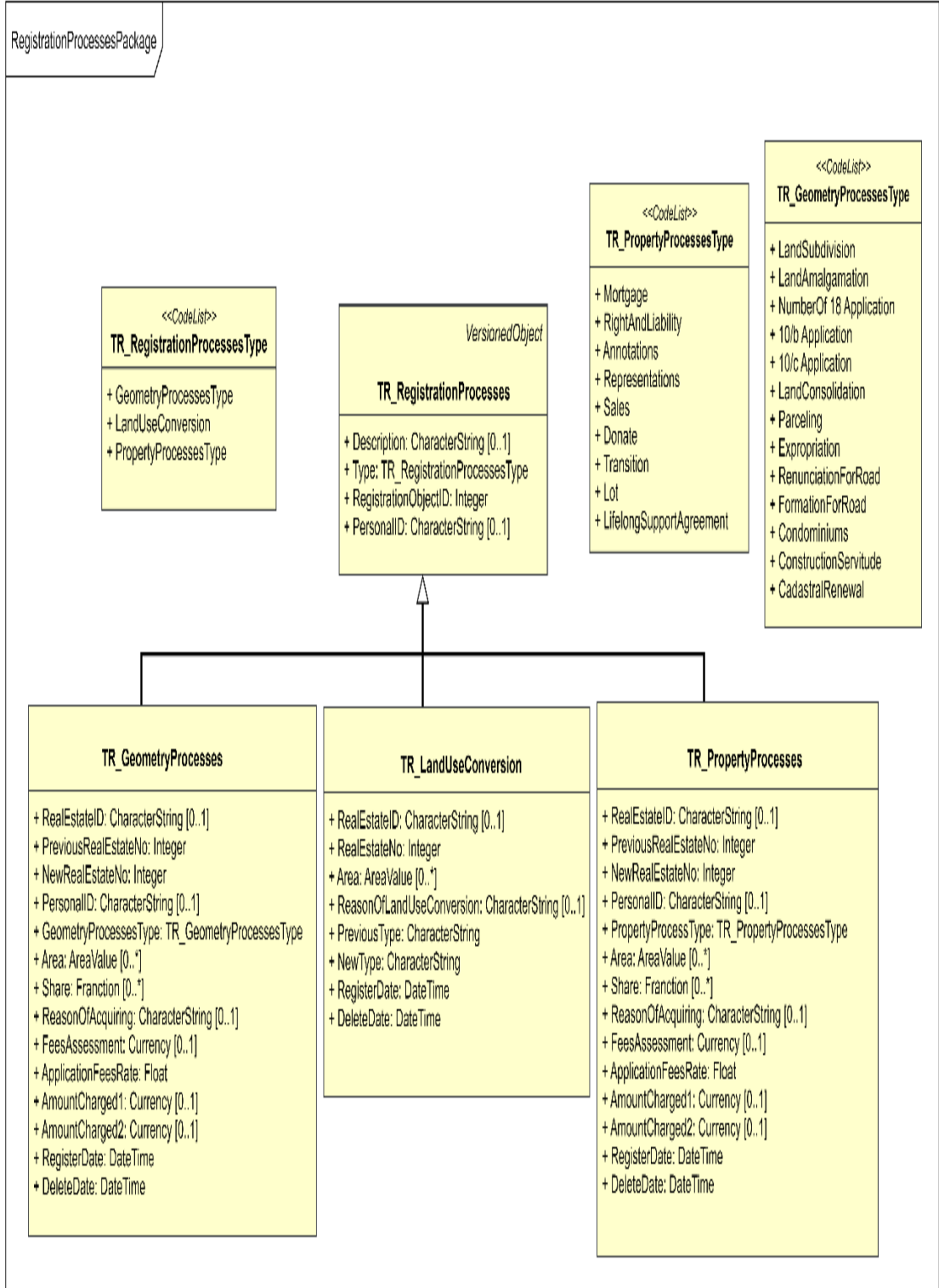
3.4.2.4 Tescil İşlemler Sınıfı (TR_RegistrationProcesses)

Tescil İşlemler (TR_RegistrationProcesses) sınıfı, LADM'nin temel sınıflarının haricinde model içerisinde yeni bir sınıftır. İdari Birim paketinde oluşturulmasının nedeni RRR ve konumsal birimle direk ilişkili bir sınıf olmasıdır. Bu sınıf oluşturulurken Medeni Kanun, Tapu Kanunu, Kadastro Kanunu, İmar Kanunu temel alınmıştır. Bu sınıf içerisinde taşınmaz ile ilgili yapılan işlemler yer almaktadır. İşlem türüne göre üç alt sınıfa ayrılmaktadır: Geometri İşlemleri (TR_GeometryProcesses), Cins değişikliği (TR_LandUseConversion) ve Mülkiyet İşlemleri (TR_PropertyProcesses).

Parselasyon, İfraz, Tevhid gibi taşınmazın geometrisinin değiştirdiği işlemler Geometri İşlemleri sınıfında temsil edilir. Taşınmazın şekli değiştiği için TaşınmazID, KimlikID'nin dışında EskiTaşınmazNo, YeniTaşınmazNo, HarçMatrahı, TahsilOlunanHarMiktarı1,2, Alan, Hisse, Kayıt Tarihi ve Terkin Tarihi bilgileri yer almaktadır.

Mülkiyet İşlemleri sınıfı, geometri veya sahiplik değişiklikleriyle sonuçlanan işlemlerden (satış ve bağış gibi) oluşur. Taşınmazla ilgili işlemler MülkiyetİşlemlerTürü kod listesinde sınıflandırılmıştır. Mülkiyet işlemleri de Geometri işlemleri ile aynı özniteliklere sahiptir.

Cins Değişikliği sınıfı, yalnızca taşınmazın türünde meydana gelen değişiklikleri içerir. Zamansal bilgilere ek olarak, cins değişikliğinin nedeni, eski cinsi ve yeni cinsi verileri de kaydedilir. Sınıflar arasında genelleştirme ilişkisi mevcuttur ve Şekil 3.10'da UML gösterimi gösterilmektedir.



Şekil 3.10 LADM bazlı oluşturulan 4B yasal veri modeli için Tescil işlemler sınıfının UML temsili

3.4.3 Konumsal Birim Paketi (TR_SpatialUnit)

Konumsal birim paketinde mevcut kadastro sisteminde tescile konu olan kadastral nesneler temsil edilmektedir. Bu nesneler, parsel (imar parseli, kadastro parseli), Bina (Ana yapı), Bağımsız bölüm ve eklenti. Yer altı tesisleri tescil edilmediği için model içerisinde detaylandırılmamıştır.

“KonumsalBirim” (SpatialUnit) sınıfı, tüm kadastral nesnelerin temsil edildiği ve diğer sınıflarla ilişkilendirildiği üst sınıftır. Parsel sınıfı, kadastro sisteminin temel sınıfıdır. Parsel Türü imar parseli, kadastro parseli veya yeşil alan olabilir. Parsel Kullanım Türü (meyve bahçesi, bahçe, askeri arazi vb.) kod listesinde sınıflandırılmıştır. Diğer öznitelikler TaşınmazID, ParselNo, AdaNo, PaftaNo, Alan, Kayıt ve Terkin Tarihi'dir. Bir proje veya uygulama alanında belirtilen parsel kümeleri ile ilgili bilgiler “KonumsalBirimGrup” (TR_SpatialUnitGroup) sınıfında yer alır. “KonumsalBirimGrup” sınıfında “AdaTürü” (kadastro bloğu, yapı bloğu), “AdaNo”, “ProjeTürü” (imar uygulaması, arazi toplulaştırması, kentsel dönüşüm vb.), “ProjeNo” ve Proje yürütücü bilgileri yer alır.

Bina sınıfı, bina ile ilgili tüm özniteliklerin yer aldığı sınıftır. Türk kadastral sistemi Parsel bazlı tescile dayandığından her bina muhakkak bir parselin üzerinde konumlandırılmalıdır. Bu sebepten dolayı model içerisinde parsel ve bina sınıfları arasında kompozisyon ilişki tipi tanımlanmış ve ilişki türü (0..*) seçilmiştir. Sınıfın temel özniteliği TaşınmazID'dir. Bina ile parsel arasındaki ilişki “ParselTaşınmazID” özniteliği ile sağlanır. Bina verisinin temsil edilmesi için belirlenen diğer öznitelikler: Bina No, Binanın Cinsi (Ahşap, betonarme vb.), Bağımsız Bölüm Sayısı, Toplam kat sayısı, Zemin üstü kat sayısı, Zemin altı kat sayısı, Ortak kullanım alanları (merdiven, asansör vb.), Toplam ortak kullanım alanı, Toplam yapı inşaat alanı, Bina kullanım türü (konut, iş yeri, alışveriş merkezi vb.), vb. Zamansal sorgumalar için Yapı ruhsat onay tarihi, Yapı kullanım izin tarihi, Kayıt tarihi ve Terkin tarihi verileri yer almaktadır.

Bir ana yapı tek başına bir bağımsız bölüm olabilir veya birden fazla bağımsız bölüme sahip olabilir. Bu nedenle bağımsız bölüm binanın bir alt sınıfı olarak tasarlanmış ve arasında 0..* (0-çok) ilişki türü seçilmiştir. Öznitelik olarak üst sınıftaki özniteliklerin dışında Müstakil Bölüm No, Kat No, Arsa payı, Resmi

alan, Bağımsız bölüm kullanım türü ve zamansal veriler için Kayıt ve Terkin Tarihi seçilmiştir.

Eklenti, kat mülkiyeti biriminin dışında yer alan ve doğrudan kat mülkiyeti birimine tahsis edilen yerdir. Örnek olarak kömür mahzeni, su deposu ve garaj verilebilir (Kat Mülkiyeti Kanunu madde 6). Eklenti, tapu siciline tek başına tescil edilemez bir bağımsız bölüm ile ilişkili olarak tescili yapılır. Bu nedenle bağımsız bölüm ile Eklenti arasında Bağımlılık ilişkisi türü ve 0..* (0-çok) ilişki tipi seçilmiştir. “BağımsızBölümTaşınmazID” özniteliği ile iki sınıf arasındaki bağlantı sağlanır.

Yer altı şebekesi (TR_UtilityNetwork) olarak elektrik, telefon, içme suyu, kanalizasyon ve doğal gaz gibi tesisler teknik alt yapı tesisleri olarak sıralayabiliriz. Türkiye’deki kadastro sisteminde, yer altı şebekeleri tapuya tescil edilmez. Bu yüzden model içerisinde LADM’de tanımlanan öznitelik ve ilişki türleri aynen alınmıştır. Şekil 3.11’de Konumsal birim paketine ait sınıflar ve kod listelerinin UML gösterimi mevcuttur.

3.4.4 Ölçüm ve Temsil Paketi (TR_RepresentationAndMeasurement)

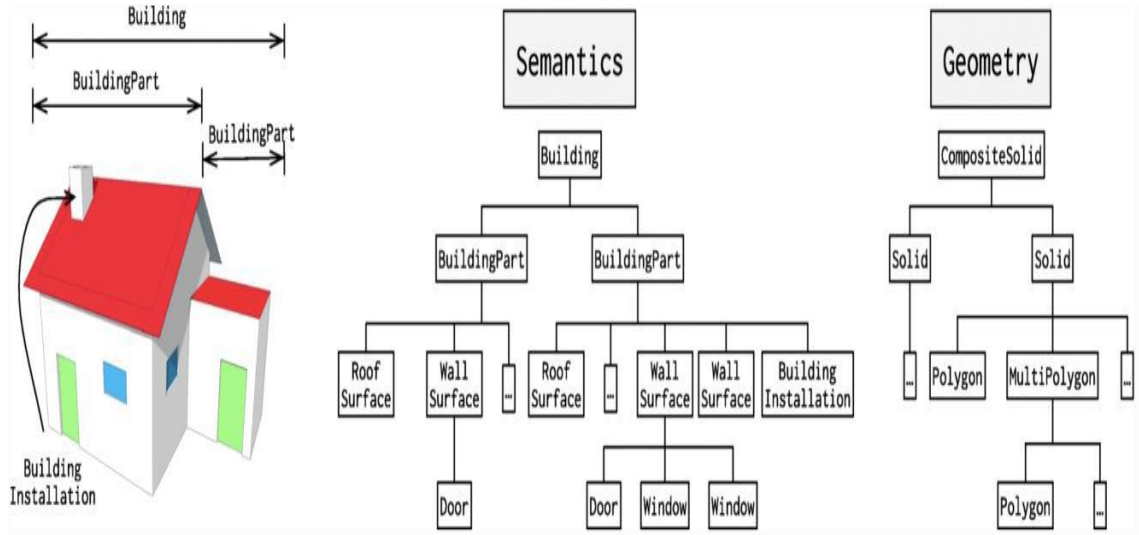
Modelin bir alt paketi olan ölçme ve temsil alt paketi, LADM ISO19152 standartlarına göre oluşturulmuştur. Bu pakette konumsal nesnelere ait dokümanlar, ölçüm bilgileri ve geometrik durumu yer almaktadır. Alt paket içerisinde yer alan başlıca sınıflar, koordinat ve poligon bilgileri, 2B ve 3B sınırların temsili için gerekli sayısal veriler, tapu, senet, plan gibi bilgi sağlayan dokümanlar sınıfı olarak sıralanabilir. En temel sınıf olan Nokta (TR_Point) sınıfındaki öznitelikler: NoktaID (PointID), NoktaAdı (PointName), Harita (Map), Yükseklik bilgisi (Height), Koordinat türü (Coordinate type), Köşe koordinat noktaları (Corner coordinates) ve ölçüm yapılan kayıt tarihi (RegisterDate) gibi bilgiler yer almaktadır. Şekil 3.12'de tüm sınıflar ve sınıfları detaylandırmak için oluşturulan kod listeleri yer almaktadır. Konumsal Kaynak sınıfı (TR_SpatialSource), bir noktanın oluşturulmasına ya da ölçülmesine yardımcı olan veya nokta ile ilgili herhangi bir veri akışını sağlayan öğelerin temsil edildiği sınıftır. Bu kaynaklar bir veya daha fazla olabildiğinden Konumsal kaynak ve Nokta sınıfı arasında bire çok ilişki türü belirlenmiştir. “Kaynak” (TR_Source) sınıfı her türlü geometrik veya yazılı kaynağın temsil edildiği ve “Nokta” (Point), “Konumsal Birim” (SpatialUnit), “Tescil Nesne” (RegisterObject), “HakKısıtlılıkSorumluluk” (RRR) ve “Kişi” (Party) sınıfları ile ilişkili olup bilgi kaynağının sağlandığı sınıftır. Konumsal birimin 2B temsili için bilgi sağlayan sınıf “BoundaryFaceString” ve 3B temsili için bilgi sağlayan sınıf “BoundaryFace” sınıflarıdır.

3.5 LADM-CityGML Veri Modellerinin Entegrasyonu

Geliştirilen LADM veri modelinin kadastral nesneleri fiziksel olarak da temsil edebilmesi için CityGML veri modeli ile entegre edilmesi gerekmektedir. İki veri modelinin entegrasyonu ile ilgili detaylar Bölüm 3'te detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu bölümde CityGML veri yapısının LADM ile nasıl entegre edildiği ve yeni bir ADE (Application Domain Extension) için kavramsal modelin geliştirilmesi açıklanacaktır.

3.5.1 CityGML yapısı

Bölüm 3'te CityGML formatı hakkında detaylı açıklamalar yer almaktadır. Bu kısımda daha çok CityGML veri yapısı ve kent objelerinin nasıl temsil ettiği hakkında genel bilgiler verilecektir. CityGML, bir kente ait kent objelerini daha küçük objelere ayırarak belirli sınıflar altında hiyerarşik ilişki kurallarına göre temsil edebilmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Bina objesi ve bina objesini oluşturan detay objelerin CityGML 2.0 ile temsil edilmesi [129]

Yakın bir zamana kadar 3B kent objelerinin depolanması ve aktarılması için tek standart veri modeli ve format olmasından, bugün endüstri tarafından üretilen 3B kent objelerinin pek çoğu CityGML formatındadır [130]. Fakat 3B kent objelerinin yönetilmesinde yaygın bir format olmasına rağmen bu formatı destekleyen ticari ya da açık kaynak kodlu yazılımların sayısı oldukça azdır. CityGML veri yapısı doğrudan 3B veriyi görüntülemek için uygun olmadığından ilk olarak glTF, KML, Collada gibi başka formatlara çevrilmiştir [131]. Çalışma kapsamında, CityGML 1.0, CityGML 2.0 ve CityGML 3.0 olmak üzere 3 farklı versiyonu bulunan CityGML veri modelinin, CityGML 2.0 versiyonu kullanılmıştır. Çünkü bu tez çalışması devam ederken CityGML 3.0 yeni standart olmuş ve geliştiriciler için kavramsal modeli yeni yayınlanmıştır. Ayrıca uygulama için temin edilen CityGML verileri 2.0 versiyonuna göre oluşturulmuştur.

CityGML farklı kullanıcı senaryoları için ve uygulamalar için veri modelinin genişletilmesine imkân sağlamaktadır. Genişletilme işlemi için iki farklı yöntem mevcuttur. İlk yöntem CityGML sınıfları genişletilerek ilave öznitelikler eklenmesidir. Birinci yöntem için CityGML'in "Generics" modülü kullanılır. Bu modül sayesinde yeni 3B nesneler "Generic City Objects" olarak ve kullanıcı tanımlı öznitelikler de "Generic Attributes" olarak temsil edilir. İkinci yöntem ise, mevcut veri modeline harici bağlanabilen yeni bir uygulama şeması olan ADE (Application Domain Extension) geliştirmektir. Geliştirilen ADE özniteliklerin dışında harici sınıflar oluşturulmasına imkân verir. Yani ADE'lerin "Generics" modülünden farkı, kullanıcı tanımlı nesne ve özniteliklerin ayrı bir XML şema tanımına sahip olmasıdır.

CityGML, tek bir ebeveyninden türetilerek aşağıya doğru ağaç benzeri bir yapı halinde düzenlenen hiyerarşik veri modelini benimsemektedir. Hiyerarşik veri modellerinde, veri aranması, gerekli veri bulunana kadar tüm modelin yukarıdan aşağıya araştırılmasını gerektirdiğinden, hiyerarşinin en altındaki verilere erişim yavaşken, hiyerarşinin en üstündeki verilere erişim hızlıdır. CityGML'de hiyerarşik veri yapısından kaynaklı bazı dezavantajlar mevcuttur. Şekil 3.13'te de gösterildiği gibi her bir kent nesnesi birçok alt nesneden oluşmaktadır. Bu durum da CityGML'in ayrıştırılması için programlama dillerinde pek çok iç içe döngü yazılmasına ve ayrıştırma performansının olumsuz olarak etkilenmesine sebep

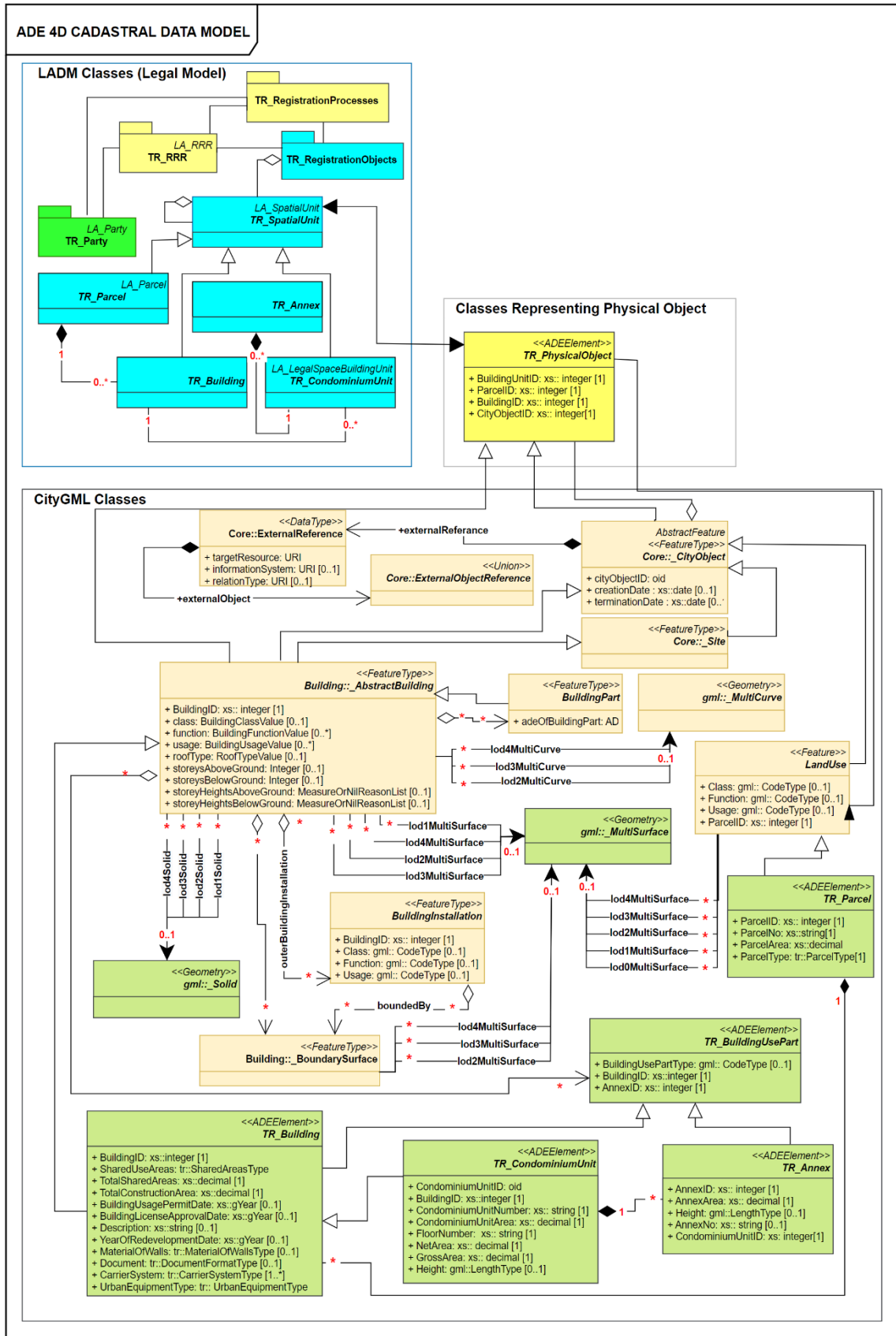
olmaktadır. Hiyerarşik veri modelinden kaynaklanan diğer bir sorun ise veri tekrarıdır, çünkü CityGML’de her kayıt geometrisi ve öznitelikleriyle ayrı ayrı tutulduğu için, ortak geometriye sahip objelerin kayıtlarında geometrilerin ortak kısımları gereksiz yere tekrar etmiş olur. Ayrıca CityGML, XML tabanlı olduğundan, karmaşık ve çok fazla yer kaplamaktadır. Bu durumda XML belgelerini ayrıştırabilmek için harici kütüphaneler kullanılması zorunlu olmaktadır.

Diğer bir dezavantaj ise CityGML’de objelerin geometrik, semantik ve özniteliklerinin bir arada iç içe barındırmasıdır. Örneğin bir binanın geometrisi de öznitelikleri de “Building” etiketi altında tutulmaktadır. Söz konusu bir görselleştirme uygulamasında sadece geometrik veriye ihtiyaç olmasına karşın bina etiketi altındaki tüm etiketler araştırılarak sadece geometri içerenler ayrıştırılmaktadır. Bu ekstra ayrıştırma işlemi de yazılımın koşum zamanı performansını olumsuz etkilemektedir [130].

3.5.2 4B Kadastral Veri Modeli İçin Yeni Bir 4B ADE Oluşturulması

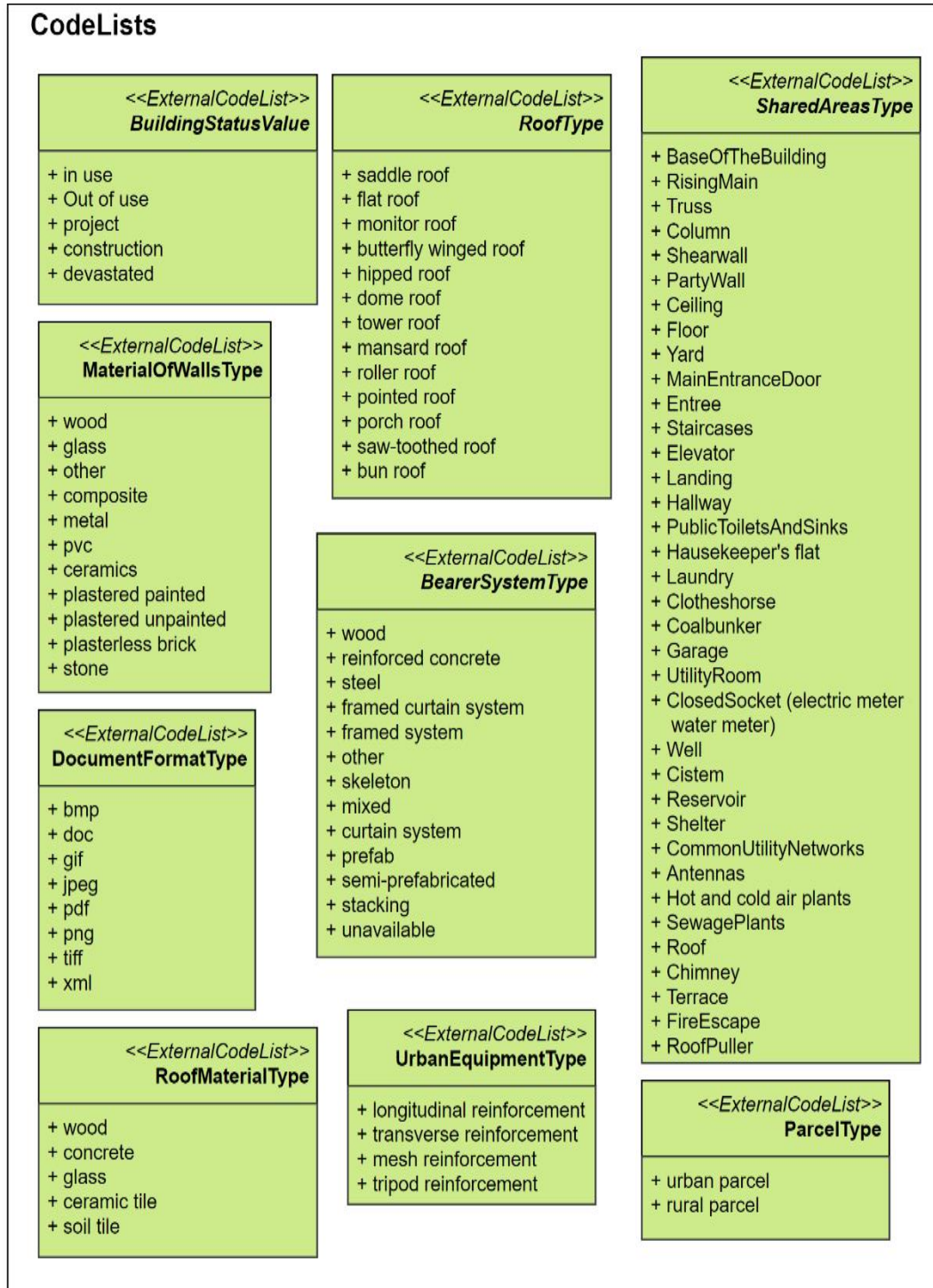
Geliştirilen veri modelinin amacı Türk kadastral sisteminde tescil edilen kadastral nesnelerin hukuki detayları ile sorgulanabilir olmasına imkân sağlamaktır. CityGML verisi kadastral nesneleri fiziksel olarak temsil edebilirken hukuki detaylarını temsil edememektedir. Bu yüzden kadastral nesneler ve hukuki detayları LADM ile modellenerek CityGML yapısına bir ADE olarak eklenmiştir. Tescil edilen tüm kadastral nesnelerin sorgulanabilmesi için CityGML veri yapısında değişiklik yapılması gerekmektedir. CityGML veri yapısında “Building” (Bina) sınıfı tanımlanırken bağımsız bölüm ayrı olarak tanımlanmamıştır. Bina sınıfı içerisinde öznitelikleri mevcuttur. Bu durum bağımsız bölümlerin sorgulanmasına imkân vermemektedir. Bu problemin giderilmesi için bağımsız bölümün, Building sınıfının bir alt objesi olarak tanımlanması gerekmektedir. Parsel sınıfı için de aynı sorun mevcuttur. CityGML veri yapısı parselleri açıkça temsil etmese de, OGC şartnamesi, “LandUse” (Arazi Kullanımı) sınıfının parselleri 3B olarak temsil etmesine izin verir [84]. Bu bilgiler ışığında, geliştirilen model için CityGML veri yapısına beş yeni sınıf ilave edilmiştir. “AbstractBuilding”

sınıfının alt objesi olarak “TR_Building” (Bina), “TR_CondominiumUnit” (Bağımsız bölüm), “TR_Annex” (Eklenti) ve “TR_BuildingUsePart” (BinaKısım); “LandUse” sınıfının bir alt objesi olarak da TR_Parcel (Parsel) sınıfı eklenmiştir. Oluşturulan tüm sınıflar hiyerarşik yapıdan dolayı birer “CityObject” olarak tanımlanmaktadırlar. LADM veri modeli içerisinde oluşturulan sınıflar ile ilişki sağlanabilmesi için “TR_PhysicalObjects” (FizikselObjeler) sınıfı oluşturulmuştur. LADM içerisinde tanımlanan her bir Tescil nesne ve CityGML veri yapısına ilave edilen sınıflar “Fiziksel Objeler” sınıfının bir alt sınıfı olarak görülmektedir. Böylece sınıflar arasındaki geçiş ve bağlantı sağlanabilmekte, “CityObject” ve LADM'den gelen tüm öznitelikleri ve ilişkileri devralabilmektedir. Şekil 3.14'te geliştirilen ADE kavramsal veri modelinin UML gösterimi mevcuttur.



Şekil 3.14 4B ADE kavramsal veri modeli UML gösterimi

CityGML "AbstractBuilding" sınıfı binalarla ilgili birçok nitelik ve kod listesine (kat sayısı, çatı tipleri, yapım yılı, yıkım yılı, kullanım vb.) sahip olduğu için binaları ve alt sınıflarını yeterince tanımlayabilir olmasına rağmen "TR_Building" sınıfı, TUCBS-Bina temasında yer alan birçok spesifik nitelikler (yapı numarası, yapı kullanma izin tarihi, yapı ruhsatı onay tarihi, yapı değeri, taşıyıcı sistemi vb.) ile genişletilmiştir. Her bir bağımsız bölümün ayrı ayrı görüntülenebilmesi ve sorgulanabilmesi için "TR_Building" sınıfının bir alt nesnesi olarak "TR_CondominiumUnit" sınıfı olarak tanımlanmıştır. Hukuki detayların temsil edilebilmesi için LADM'de oluşturulan Bağımsız bölüm ve Eklenti sınıflarına karşılık gelen fiziksel detaylar için CityGML'de "TR_CondominiumUnits" (BağımsızBölüm) ve TR_Annex (Eklenti) sınıfları oluşturuldu. Bağımsız bölüm ve Eklenti sınıfları için oluşturulan özniteliklerde, TUCBS-Bina teması ve TKGM tarafından gerçekleştirilen "3B Kadastro ve Kent Modelleri" projesi kapsamında geliştirilen TKGM CityGML veri yapısındaki öznitelikler dikkate alınmıştır. Bu sınıflar hiyerarşik yapıdan dolayı tüm nitelikleri ve ilişkileri üst sınıf olan Bina sınıfından devralır. "TR_BuildingUsePart", sınıfı "Building", "CondominiumUnit" ve "Annex" sınıfları arasında çoklama ilişkisini (çoktan çoğa (*..*)) sağlamak için oluşturulmuştur. Yani, bir veya daha fazla parsel, birden fazla kat mülkiyeti birimine sahip olabilen bir veya daha fazla binayı barındırabilir. Şekil 3.15'te geliştirilen sınıflar için oluşturulan kod listeleri yer almaktadır.



Şekil 3.15 4B ADE kavramsal veri model için oluşturulan kod listeleri UML gösterimi

Tablo 3.3'de model içerisinde kullanılacak verilerin LADM ve CityGML veri modelleri içerisinde karşılığı olan sınıflar gösterilmektedir.

Tablo 3.3 Model içerisinde kullanılacak verilerin LADM ve CityGML veri modellerinde temsil edildiği sınıflar gösterilmektedir

Türk Kadastro Sisteminde Kayıt Edilen Nesneler	LADM	CityGML
Parsel	LA_SpatialUnit LA_Parcel	LandUse
Ortak Mülkiyet	LA_BAUnit LA_SpatialUnit LA_LegalSpaceBuildingUnit	CityObjectGroup LandUse BuildingPart BuildingInstallation Room
Hak	LA_Right LA_SpatialUnit	CityObjectGroup LandUse BuildingPart
İrtifak Hakkı	LA_Right LA_Restriction LA_SpatialUnit	Network (from Utility ADE)
Kısıtlılık	LA_Restriction LA_Mortgage	CityObjectGroup LandUse BuildingPart
Tescil Nesne	LA_Right LA_Source	-
Bina	LA_BAUnit LA_SpatialUnit LA_LegalSpaceBuildingUnit	CityObjectGroup BuildingPart
Bağımsız Bölüm	LA_BAUnit LA_SpatialUnit LA_LegalSpaceBuildingUnit	CityObjectGroup BuildingPart
Belgeler	LA_Source	ExternalReferences
Sınır	LA_Point LA_BoundaryFace LA_BoundaryFaceString	Appearances MultiSurface MultiSolid CompositeSolid CompositeSurface
Nokta	LA_Point	MultiPoint MultiCurve

3.5.3 Geliştirilen 4B ADE ile TKGM CityGML Veri Formatının Değerlendirmesi

TKGM tarafından 2B kadastronun tamamlanması ve dijital ortama aktarılmasından sonra bina ve bağımsız bölümlerin 3B modellenmesi üzerine çalışmalar yürütülmüştür. 2020 yılında “3B Kent Modelleri ve Kadastro” projesi başlatılmıştır. Proje, kadastral amaçlı üretilen 3B verilerin; üretim takibi, doğrulama ve saklanması, entegrasyonu, sunumu, paylaşım ve süreklilik modelini içeren TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sisteminin kurulmasını amaçlamaktadır [132]. Bu doğrultuda özel sektör aracılığıyla kentlerin 3B kent modeller ve kadastro altlıkları üretilmektedir. Bağımsız bölümler mimari projelerden, 3B kent modelleri de fotogrametrik yöntemlerle oluşturulmaktadır. TKGM mevcut CityGML veri yapısında proje doğrultusunda ilaveler yaparak TKGM CityGML formatını geliştirmiş ve oluşturulan 3B kent modelleri TKGM'ye bu formatta teslim edilmiştir [130].

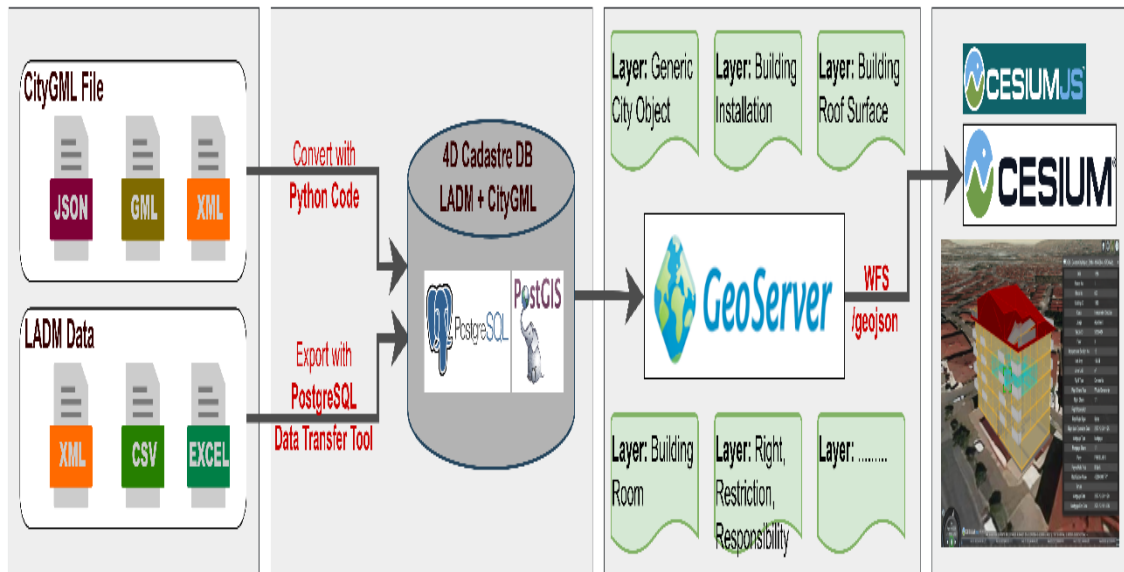
TKGM, 3B Kadastro çalışmasında “Generics” modülünü kullanarak mevcut CityGML veri modelini genişletmiş, yeni veri modelinin adına da “TKGM CityGML” demiştir. Bu veri modeline göre, mevcut veri modeline bağımsız bölüm, mimari bina, kat, ortak alan gibi yeni nesneler ve sınıflar eklenmiştir. Eklenen objeler ve sınıflar ile ilgili detayları TKGM' ait web adresinden [133, p. 2] öğrenilebilir. Eklenen sınıflardan en önemlisi bağımsız bölüm sınıfıdır, çünkü CityGML veri modelinde bağımsız bölüme ait bir sınıf mevcut değildir. TKGM CityGML veri formatında bu sorunun çözülebilmesi için bağımsız bölümlerin geometrileri “GenericCityObjects” olarak mevcut CityGML veri modeline eklenmiş ve öznitelikler de “GenericAttributes” olarak tutulmaktadır. Böylece her bir bağımsız bölüm bina objesi ile eş değer gibi görünerek “Generic City Object” olmuştur. Hâlbuki bağımsız bölümler binaların bir alt nesnesi olarak tanımlanmalıdır. Bu tanımlama yapılmadığından dolayı TKGM CityGML veri yapısına göre bir binaya ait bağımsız bölümler için sorgu yapılamamaktadır. Herhangi bir binaya ait bağımsız bölüm için tüm binaların bağımsız bölümleri araştırılmaktadır. Geliştirilen veri formatından kaynaklanan bir diğer problem ise herhangi bir sorgulamaya imkân verecek ilişkilerin sağlanmamış olmasıdır. Yani mimari planların sayısallaştırılması ile bir bina ve bağımsız bölümler 3B olarak aynı

hakları ile gösterilmektedir. Fakat o binaya ait bağımsız bölümler ile ilgili aynı haklara veya hukuki durumlarına yönelik sorgulama yapılamamaktadır.

Tez çalışması kapsamında geliştirdiğimiz 4B ADE ile TKGM CityGML veri modelindeki eksikliklerin giderilmesine yönelik bir öneri sunulmuştur. CityGML veri modeli ADE mekanizması kullanılarak genişletilmiş ve bağımsız bölümler bina sınıfının alt objesi olarak tanımlanmıştır. Buna ilave olarak, bağımsız bölümler sınıfı ile ilişkili olan Eklentiler de ayrı bir sınıf olarak tanımlanmıştır. Böylece bağımsız bölüm bazlı sorgulamalara imkân tanınmaktadır. Eklenen sınıflar için öznitelikler hem TKGM CityGML veri formatında tanımlanan hem de TUCBS- Bina temasında belirlenen öznitelikler dikkate alınarak üretilmiştir. Bir diğer yenilik ise 3B kadastral nesneler ile ilgili tüm hukuki verilerin zamansal olarak LADM ile modellenip CityGML veri yapısına entegre edilmesidir. Böylece bir bağımsız bölüme ait hukuki veriler zamansal olarak sorgulanabilecektir. Bu özellik ile bir taşınmazın zamansal değişimi ve geçirmiş olduğu kadastral işlemler sorgulanabilecektir. Böylece geliştirilen ADE sayesinde 3B/4B kadastronun tüm temel işlevleri gerçekleştirilecektir. Ayrıca entegre veri modelinde ISO ve OGC gibi uluslararası standartlar kullanıldığından 3B kadastro çalışması açısından bir standartlaşma örneği olarak görülmelidir.

4B KADASTRAL VERİ MODELİNİN TEST EDİLEBİLMESİ İÇİN VERİTABANI TASARIMI

Mantıksal ve Kavramsal veri modeli tasarımdan sonra Fiziksel veri modeli tasarımı gerçekleştirilmiştir. Fiziksel veri modeli tasarlanan Kavramsal veri tasarımının veritabanına uygulanması aşamasıdır. Bu bölümde fiziksel veri modeli gerçekleştirimi açıklanacaktır. Uygulama dört temel adımdan oluşmaktadır. Birinci adım için, kavramsal veri modeli normalize edilerek 4B açık kaynaklı veritabanı tasarımının gerçekleştirilmesi yapılacaktır. İkinci adımda, temin edilen CityGML verilerinin veritabanına aktarılması vardır. Üçüncü adım, modelin test edilebilmesi için sorgulama senaryolarının geliştirilmesi ve son adımda ise CesiumJS platformunda görselleştirme işleminin gerçekleştirilmesi vardır. Bu işlem adımlarındaki en önemli yenilik ise tamamen açık kaynaklı platformların kullanılmasıdır. İlk baştan beri adım adım geliştirilen veri modelinin nihai ürünü olan görselleştirme işlemine kadar gerçekleştirilen işlem akışının basit bir temsili Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 4B ADE Kadastro Veri Modeli oluşturmak ve uygulamak için gerçekleştirilen işlem adımlarının iş akışının temsili

4.1 Modelin Test Edilebilmesi İçin Sorgulama Senaryolarının Oluşturulması

Geliştirilen veri modelinin test edilebilmesi ve uygulamanın gerçekleştirilmesi için 4B veritabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Veritabanı oluşturmak için açık kaynak kodlu veri yönetim sistemi olan PostgreSQL 13 versiyonu kullanıldı. Test için aşağıdaki senaryolar geliştirildi.

- Bir maliğin güncel taşınmazları
- Bir taşınmazdaki hisse sahipleri ve hisse oranları
- Bir taşınmazın belli bir tarihteki tapu verileri
- Bir taşınmazın farklı tarihlerdeki tapu bilgileri
- Bir binadaki tam / hisseli bağımsız bölümler
- Bir binadaki bağımsız bölümlerin türü (konut, ofis vb.)
- Bir binadaki ipotekli bağımsız bölümler
- Bir binadaki 3+1, 2+1 veya belli bir alanın altında / üstündeki bağımsız bölümler
- Bir binadaki ortak alanlar toplamı
- Belli bir tarihten önce veya sonra yapılan taşınmazlar
- Belli bir tarih aralığında işlem görmüş taşınmazlar (satış, bağış, ipotek vb.)
- Kısıtlama olan taşınmazlar
- İrtifak hakkı kurulan taşınmazlar
- Bir taşınmaza ait eklentiler
- Şerh düşülen taşınmazlar
- Altında otopark veya sığınak olan taşınmazlar

4.2 Açık Kaynaklı 4B Veritabanı Tasarımın Gerçekleştirimi

3B kent objelerinin karmaşık veri kümelerinin yönetilmesi, depolanması, analiz edilmesi ve servis edilmesi amacı ile özel sektör ve üniversite iş birliği ile 3B Şehir Veritabanı (3DCityDB) geliştirilmiştir. 3B Şehir Veritabanı, standart bir mekânsal-ilişkisel veritabanı üzerinde sanal 3B şehir modellerini depolamak, temsil etmek

ve yönetmek için ücretsiz bir coğrafi veritabanıdır. Veritabanı şeması, görselleştirmenin çok ötesinde, karmaşık analiz görevlerini kolaylaştıran anlamsal olarak zengin ve çok ölçekli kentsel nesnelerle CityGML standardını uygular. 3B Şehir Veritabanı, büyük ve karmaşık CityGML verilerinin “3D City DB Importer/Exporter” aracı sayesinde otomatik olarak oluşturulmasına ve verilerin içe ve dışa aktarılmasına imkân sağlar. Ayrıca, veritabanı 3 boyutlu şehir modeli ile ilgili tablolara ek bilgiler ekleyerek genişletilmesine izin vermektedir. 3B Şehir Veritabanı, CityGML veri yapısına uygun olarak tasarlanan ve otomatik olarak CityGML verilerini veritabanına aktarması ve yönetmesi açısından çok büyük kolaylık sağlamaktadır. Fakat CityGML ile entegre edilerek oluşturulan entegre veri modelleri için aynı kolaylığı sağlayamamaktadır. Entegre veri modellerinde oluşturulan yeni sınıflar, 3B Şehir Veritabanına yeni bir sınıf olarak değil ilişkili olduğu sınıfa öznitelik olarak satır satır eklenilmektedir. Bu durum geliştirilen entegre veri modelleri için sorgulama ve analiz performansını olumsuz etkilemektedir. Bu bilgiler ışığında, geliştirilen 4B ADE (CityGML-LADM entegrasyonu ile oluşturulan yeni entegre veri modeli) doğru bir şekilde 3B Şehir Veritabanında temsil edilemeyecektir, çünkü 4B ADE veri modelinin temel amacı LADM ile geliştirilen sınıfların tam olarak yansıtılmasıdır. Bu sorunun giderilmesi için entegre veri modelini destekleyen yeni bir açık kaynaklı veritabanı tasarımı yapılması gerekmektedir.

Bu doğrultuda LADM-CityGML entegre veri modelinini temsil edilebilmesi için açık kaynaklı veritabanı yönetim sistemi olan PostgreSQL 13 versiyonu kullanılmıştır. PostgreSQL veritabanında, geliştirilen tabloların gelişmiş konumsal özellikleri destekleyebilmesi için PostGIS eklentisi kuruldu. PostGIS, veri yapısında kullanmamız için çoklu yüzeyler, çoklu poligonlar, çoklu karmaşık geometriler ve bunlar için birçok işlemin gerçekleştirileceği bir kütüphane sunar.

Kavramsal/Mantıksal veri modellerinin UML temsillerinin, fiziksel DB ortamlarına tam aktarımı literatürde hâlâ büyük bir sorundur. Kavramsal veri modellerinin UML temsilleri DB normalizasyon ilkelerine uymaz, çünkü UML gösterimi kavramsal bir temsil sağlar. Bu yüzden UML gösterimle oluşturulan entegre veri modeli normalizasyon ilkeleri doğrultusunda her bir sınıf için veritabanında tablolara dönüştürüldü. Özellikle entegre veri modelinde LADM ile temsil edilen

hukuki kısım daha anlaşılır ve kapsayıcı olması açısından detaylı olarak dizayn edilmiştir. Örneğin “TR_RRR” sınıfının “TR_Right”, “TR_Restriction” ve “TR_Responsibility” olmak üzere üç alt sınıftan oluşmaktadır. “TR_Mortgage” sınıfı hem bir hak hem de bir kısıtlılık olduğundan UML gösterimde “TR_Right” ve “TR_Restriction” sınıfının altı sınıfı olarak temsil edilmektedir. Bu temsilin bire bir veritabanına aktarılması doğru olmaz. Sadece bir mortgage tablosu oluşturularak RRR tablosu ile ilişkilendirilmesi bu temsiliyeti sağlamak için yeterli olacaktır. Bazen de bu ilkenin tam tersi olarak bir sınıf birden fazla veritabanı tablosu ile temsil edilebilmektedir. Özellikle iki sınıf arasındaki çoka çok ilişkilerin temsili için çoklama tablolarının oluşturulması gerekebilir. Bu tez çalışmasının literatüre sağladığı ana katkılardan bir tanesi de UML ile temsil edilen kavramsal veri modelinin normalize edilerek veritabanına aktarılmasıdır. Ayrıca geliştirilen model ve tasarlanan veritabanı sayesinde nerede, kim, ne zaman, hangi işlem ve hangi zaman dilimi gibi tüm sorulara cevap verilebilmektedir.

4.3 4B Veritabanına Veri Eklenmesi ve Sorgulanması

Veritabanı tasarımın gerçekleştiriminden sonra veri temini ve verilerin veritabanına aktarılması işlemi gelmektedir. Uygulama bölgesi için Ankara Sincan merkez mahallesi 600 Ada 1,2,3 ve 1100 Ada 1,2,3,4,5 parselleri ve her bir parsel üzerindeki 5 katlı kargir yapılar seçilmiştir. Uygulama bölgesine ait veriler Ankara Sincan CBS müdürlüğünden CityGML formatında temin edilmiştir. Şekil 4.2’de TKGM parsel sorgulama uygulamasından uygulama alanı ait ekran görüntüsü gösterilmektedir. Şekil 4.3’te uygulama alanına ait Google Earth Pro ekran görüntüsü mevcuttur.

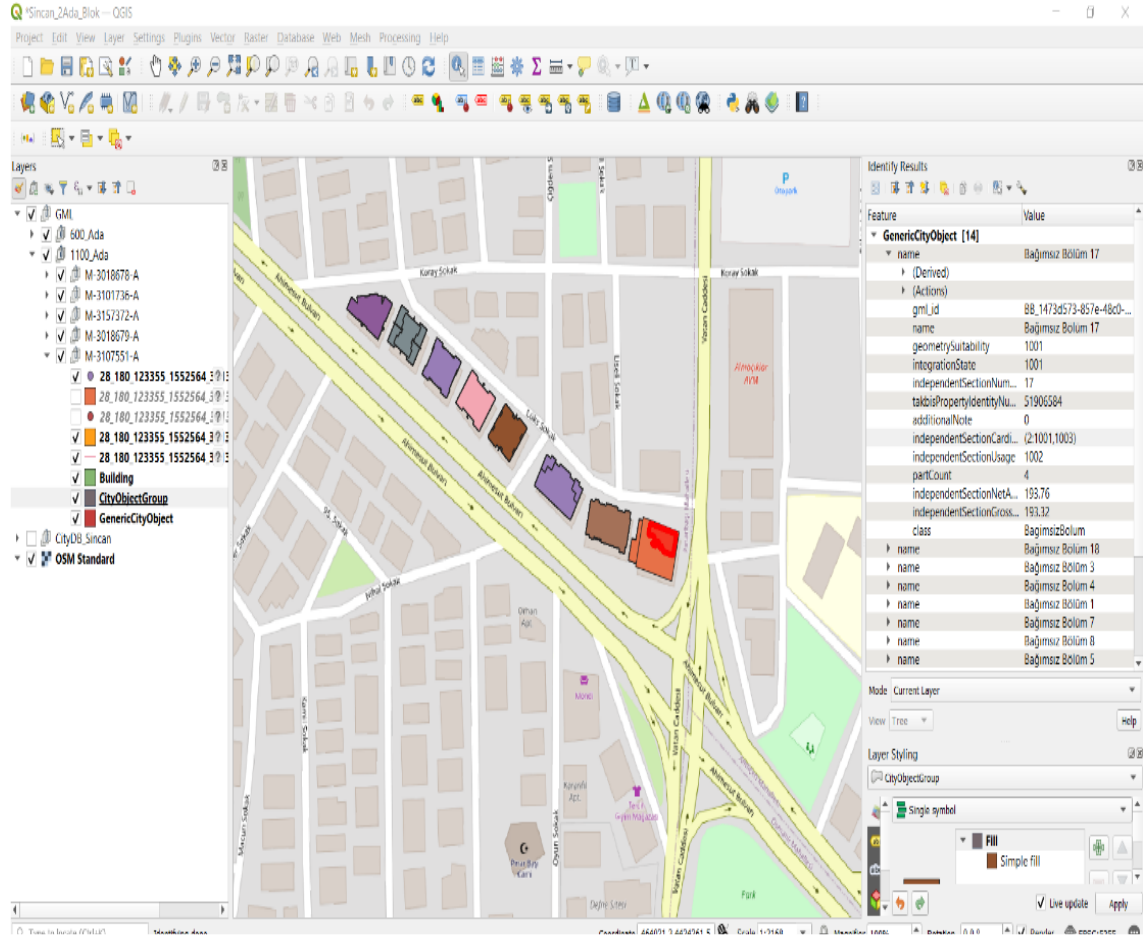


Şekil 4.2 Uygulama alanı (TKGM parsel sorgulama sonuç ekran görüntüsü)[134]



Şekil 4.3 Uygulama alanına ait Google Earth Pro ekran görüntüsü

Veriler açık kaynak kodlu QGIS platformunda açılarak veri detayları ve veri tipleri incelenmiştir (Şekil 4.4). 4 tane bina -1 kata sahip olmak üzere tüm binalar zemin kat ile 5 katlıdır. 2 binada çatı dubleksi olmak üzere toplamda 173 bağımsız bölüm mevcuttur. Bağımsız bölümlerin 144 tanesi konut 29 tanesi ticari amaçla kullanılmaktadır.

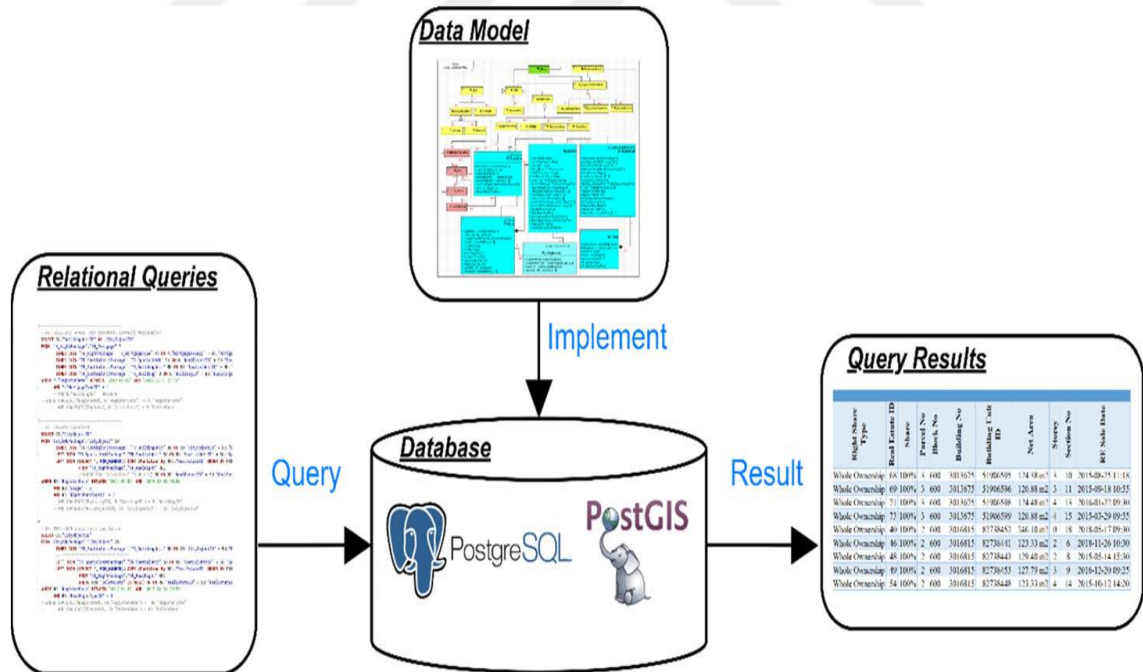


Şekil 4.4 Uygulama bölgesinde bulunan sekiz tane yapının QGIS ortamında 2B gösterilmesi

Tez çalışması kapsamında temin edilen fiziksel veriler ile ilgili yasal veriler, özel bilgilerin gizliliği kapsamında temin edilememiştir. Bu yüzden tüm uygulama alanı içerisindeki tüm bağımsız bölümler için yasal veriler sanal olarak oluşturulmuştur. Yasal verileri ilgili tablolara manuel olarak aktarılmıştır. Fiziksel verilerin veritabanına aktarılması için HALE [135] ve FME [136] gibi özel araçlar mevcuttur. Örneğin 3DCity DB’de mevcut olan Import/Export aracı sayesinde

CityGML verileri otomatik olarak ayrıştırılarak ilgili tablolara aktarılmaktadır. Ayrıca bölüm 3.5.1’de açıklanan CityGML veri yapısı ile ilgili sorunların da giderilebilmesi için “3D City DB Importer/Exporter” aracı görevini görebilecek Python yazılım dilinde kod yazılmıştır. Geliştirilen kodun “3D City DB Importer/Exporter” aracından farkı, CityGML verisi içerisindeki bağımsız bölümler ile ilgili detayları bina sınıfına değil tasarlanan 4B ADE veri modelindeki bağımsız bölüm (TR_CondominiumUnit) sınıfına ve kömürlük gibi eklentileri de Eklenti (TR_Annex) sınıfına aktarmasıdır. Yani verileri ilişkili oldukları tablolara ayrıştırarak aktarmaktadır. Geliştirilen kod GitHub sayfasında (<https://github.com/hicretgs/CityGmlParser>) mevcuttur.

Aktarılan veriler ile veritabanının çalışabilirliğini görebilmek için iki örnek sorgu yapılmıştır. Buradaki amaç 3B gösterim olmadan sadece veritabanından sorgu çekilebileceğinin gösterilmesidir. Şekil 4.5’te geliştirilen veritabanından sorgulama işlem adımlarının temsili gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Veritabanından sorgulama yapılabilmesi için işlem adımlarının gösterilmesi

Sorgu 1) Gerçekleştirilen birinci sorgulama: 2012-2020 yılları arasında ipotekli bağımsız bölümlerin gösterilmesidir. Belirtilen tarih aralığındaki ipotekli bağımsız bölümleri göstermek için yazılan SQL kodu aşağıdadır.

```
SELECT MT."MortgageTypeText" AS "Mortgage Type",
      M."RealEstateID" AS "Real Estate ID",
      (100 * M."Share" / M."ShareTotal") || '%' AS "Share",
      P."FirstName" || ' ' || P."LastName" AS "Payer",
      PRT."PayeeRoleTypeText" AS "Payee Role Type",
      PC."ParcelNo" AS "Parcel No",
      PC."BlockNo" AS "Block No",
      B."BuildingNo" AS "Building No",
      BU."TakbisPropertyIdentityNumber" AS "Building Unit ID",
      BU."NetArea" || ' ' || BU."AreaUnit" AS "Net Area",
      CG."StoreyNumber" AS "Storey",
      BU."IndependentSectionNumber" AS "Section No",
      M."RegisterDate" AS "Mortgage Start Date",
      M."DeleteDate" AS "Mortgage End Date"
FROM "TR_RightPackage"."TR_Mortgage" M
INNER JOIN "TR"."TR_MortgageType" MT
      ON M."MortgageTypeID" = MT."MortgageTypeID"
INNER JOIN "TR_PartyPackage"."TR_Party" P
      ON M."PayerID" = P."PartyID"
INNER JOIN "TR_RightPackage"."TR_PayeeRoleType" PRT
      ON PRT."PayeeRoleTypeID" = M."PayeeRoleTypeID"
INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_SpatialUnit" SU
      ON M."RealEstateID" = SU."RealEstateID"
INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_BuildingUnit" BU
      ON SU."SpatialUnitID" = BU."SpatialUnitID"
INNER JOIN "CityGMLPackage"."CityObjectGroup" CG
      ON BU."ParentCityObjectID" = CG."CityObjectGroupID"
INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_Building" B
      ON CG."ParentCityObjectID" = B."BuildingID"
INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_Parcel" PC
      ON B."ParcelID" = PC."ParcelID"
WHERE M."RegisterDate" >= '2012-01-01' AND M."DeleteDate" < '2021-01-01'
```

PostgreSQL kullanılarak veri sorgulama sonuç tablosunda, 2012 ile 2020 yılları arasında 8 adet ipotekli bağımsız bölüm mevcuttur (Şekil 4.6).

Mortgage Type	Real Estate ID	Share	Payer	Payee Role Type	Parcel No	Block No	Building No	Building Unit ID	Net Area	Storey	Section No	Mortgage Start Date	Mortgage End Date
Mortgage	64	1	FN015 LN015	İşbankası	3	600	3013675	51906591	124.38 m2	2	6	2013-05-16 16:00	2019-05-17 11:00
Mortgage	71	1	FN013 LN013	Garanti Bankası	3	600	3013675	51906598	124.48 m2	4	13	2012-12-12 12:00	2020-12-14 09:00
Mortgage	73	1	FN011 LN011	Garanti Bankası	3	600	3013675	51906599	120.88 m2	4	15	2012-12-03 12:00	2020-08-03 09:00
Mortgage	80	1	FN022 LN022	Ziraat Bankası	1	1100	3018678	3354122	23.37 m2	1	22	2015-06-05 10:00	2020-07-05 10:00
Mortgage	87	1	FN025 LN025	Garanti Bankası	1	1100	3018678	3354050	83.55 m2	2	5	2014-03-02 11:00	2020-03-02 11:00
Mortgage	94	1	FN016 LN016	HalkBank	1	1100	3018678	3253059	82.76 m2	4	12	2014-07-14 11:00	2020-07-14 11:00
Mortgage	139	1	FN021 LN021	YapıKredi Bankası	3	1100	3157372	5333375	89.71 m2	2	7	2012-06-21 14:00	2020-04-21 14:00
Mortgage	140	1	FN007 LN007	İşbankası	3	1100	3157372	5333376	89.71 m2	2	8	2012-03-15 13:00	2020-01-15 13:00

Şekil 4.6 Sorgu 1 sonucu oluşan sonuç ekran görüntüsü

Sorgu 2) İkinci sorgulamada 2015-2021 yılları arasında alanı 120 m²’den fazla olan satış görmüş bağımsız bölümlerin sorgulanmasıdır. Bu sorgulama ile alan, tarih aralığı ve yapılan işlemler gibi üç farklı özellik aynı anda sorgulanabilmektedir. Sorgulama için yazılan SQL kod ve sorgulama sonuç ekranı aşağıdadır.

```

SELECT RST."RightShareTypeText" AS "Right Share Type",
       RR."RealEstateID" AS "Real Estate ID",
       (100 * RR."Share" / RR."ShareTotal") || '%' AS "Share",
       PC."ParcelNo" AS "Parcel No",
       PC."BlockNo" AS "Block No",
       B."BuildingNo" AS "Building No",
       BU."TakbisPropertyIdentityNumber" AS "Building Unit ID",
       BU."NetArea" || ' ' || BU."AreaUnit" AS "Net Area",
       CG."StoreyNumber" AS "Storey",
       BU."IndependentSectionNumber" AS "Section No",
       RR."RegisterDate" AS "RE Sale Date"
FROM "TR_RightPackage"."TR_RealRight" RR
     INNER JOIN "TR_RightPackage"."TR_RightType" RT
       ON RR."RightTypeID" = RT."RightTypeID"
     INNER JOIN "TR_RightPackage"."TR_RightShareType" RST
       ON RR."RightShareTypeID" = RST."RightShareTypeID"
     INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_SpatialUnit" SU
       ON RR."RealEstateID" = SU."RealEstateID"
     INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_BuildingUnit" BU
       ON SU."SpatialUnitID" = BU."SpatialUnitID"
     INNER JOIN "CityGMLPackage"."CityObjectGroup" CG
       ON BU."ParentCityObjectID" = CG."CityObjectGroupID"
     INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_Building" B
       ON CG."ParentCityObjectID" = B."BuildingID"
     INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_Parcel" PC
       ON B."ParcelID" = PC."ParcelID"
WHERE RR."RegisterDate" BETWEEN '2015-01-01' AND '2021-12-31 23:59:59'
     AND RR."Description" = 'Satış'
     AND BU."NetArea" > 120

```

Sorgulama sonucu 9 tane bağımsız bölüm ve bilgileri sonuç ekranında görünmektedir (Şekil 4.7).

Right Share Type	Real Estate ID	Share	Parcel No	Block No	Building No	Building Unit ID	Net Area	Storey	Section No	RE Sale Date
Whole Ownership	68	1	3	600	3013675	51906595	124.38 m2	3	10	2015-08-25 11:18
Whole Ownership	69	1	3	600	3013675	51906596	120.88 m2	3	11	2015-09-18 10:55
Whole Ownership	71	1	3	600	3013675	51906598	124.48 m2	4	13	2016-01-22 09:30
Whole Ownership	73	1	3	600	3013675	51906599	120.88 m2	4	15	2015-03-29 09:55
Whole Ownership	40	1	2	600	3016815	82738452	246.10 m2	0	18	2018-05-17 09:30
Whole Ownership	46	1	2	600	3016815	82738441	123.33 m2	2	6	2018-11-26 10:30
Whole Ownership	48	1	2	600	3016815	82738443	129.40 m2	2	8	2015-05-14 15:30
Whole Ownership	49	1	2	600	3016815	82738453	127.79 m2	3	9	2016-12-20 09:25
Whole Ownership	54	1	2	600	3016815	82738448	123.33 m2	4	14	2015-10-12 14:20

Şekil 4.7 Sorgu 2 sonucu oluşan sonuç ekran görüntüsü

4.4 Veritabanının Servis Edilmesi ve 3B Görselleştirilmesi

Tasarlanan modelin ve veritabanında geliştirilen uygulama şemalarının işlevselliğini gösterilmesi için verilerin dışarı aktarılması ve Google Earth veya CesiumJS Virtual Globe gibi bir sanal platformda görselleştirilmesi gerekmektedir.

Söz konusu görselleştirme platformları KML/COLLADA/glTF/GeoJSON/TopoJSON gibi veri formatlarını desteklemektedir. Veritabanındaki verilerin dışı farklı formatlarda aktarılması için ticari bir yazılım olan FME programı yaygın olarak kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında, verilerin istenilen formatlarda dışı aktarılması için FME yerine GeoServer kullanılması tercih edilmiştir. Bu tercihin iki önemli nedeni vardır: 1) FME ücretli ticari bir yazılımdır. Belli süreliğine bazı fonksiyonları pasif olarak ücretsiz kullanılan sürümü de mevcuttur. GeoServer ise, Java tabanlı açık kaynak kodlu bir coğrafi veri sunucusudur. Çalışmanın temel prensiplerinden bir tanesi açık kaynaklı yazılımların ve platformların kullanılmasıdır. 2) FME veritabanındaki

verilerin dönüşümünü sağlamak ve veritabanında gerçekleştirilen sorgulama sonuçlarının da veri formatlarını dönüştürerek görselleştirme platformlarına entegre edilmesini sağlamaktadır. GeoServer ise, hem veritabanındaki verilerin istenilen formatlara dönüşümünü hem de görselleştirme platformlarından veritabanına sorgulama işleminin gerçekleştirilmesine imkân vermektedir. Yani veritabanı ve görselleştirme platformu arasında interaktif bir ilişki kurulmasını sağlar. Görselleştirme platformu olarak, 3B coğrafi verileri görselleştirebilen açık kaynak kodlu Cesium platformu tercih edilmiştir. Açık kaynak kodlu ve ticari olarak mevcut yazılımların bir karışımını sunan Cesium platformu, her türden 3B coğrafi uygulama oluşturmak için eksiksiz bir araç takımı olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca Cesium JavaScript kütüphanesini kullanarak KML/COLLADA, GeoJSON, GML gibi formatlarını destekleyerek özel sorgulama paneli oluşturulmasına imkân verir. Bu bölümde GeoServer servisinin kurularak veritabanı ile ilişkilendirilmesi ve Cesium JS görselleştirme platformunda servis edilmesi anlatılacaktır.

4.4.1 Web Detay Servisinin (Web Feature Service) Oluşturulması

Geliştirilen 4B veritabanı, CityGML ve LADM sınıflarını okumak ve sunmak için kapsamlı işlevsellik sunsa da yalnızca bir masaüstü ortamında uygulanabilir. Bu kısıtlılığın üstesinden gelmek için, geliştirilen veritabanındaki 3B kadastro nesnelerine ait verilere web tabanlı erişim ihtiyacı gerekmektedir. GeoServer, kullanıcıların coğrafi konumsal verileri paylaşmasına, işlemesine ve düzenlemesine izin veren Java tabanlı açık kaynaklı bir coğrafi veri sunucu uygulamasıdır [137]. Kullanıcıların farklı ortamlardan coğrafi verilere erişmesine ve servis edilen verilerle çalışmasına olanak tanır. OGC standartlarında web servislerinin (WCS, WMS, WFS, WMTS, WFS-T) oluşturulmasını sağlayan GeoServer, veri kaynağı olarak vektör (Oracle Spatial, ArcSDE, DB2, MySQL, PostGIS, Shapefiles ve Web Services) ve raster (ArcGrid, GeoTiff, Jpeg2000, ECW, MrSID) veri türlerini kullanabilir. Buna ilave olarak, standart protokollerde üretilen KML, GML, GeoRSS, GeoPDF gibi formatları da okuyabilir. GeoServer'in, tez kapsamında yapılacak olan uygulama için en önemli özelliklerinden biri içerisindeki OpenLayers entegrasyonu sayesinde servis edilen verilerin internet üzerinden sorgulanıp eş zamanlı görüntülenebilmesidir [137], [138]. OGC

tarafından Coğrafi verinin dönüştürülmesi ve servis edilmesi ile ilgili çok fazla standart yayımlanmıştır. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanlar ise; Web Harita Servisi (WMS), Web Detay Servisi (WFS), Web Raster Servisi (WCS), Web Harita Döşeme Servisi (WMTS), Web İşlem Servisi (WPS) ve Stilli Katman Tanımlayıcı (SLD) olarak sıralanabilir. Geliştirilen bu servisler, coğrafi veri setlerinin servis edilebilmesi için web ara yüzünde görüntülemek, yönlendirmek, yakınlaştırmak, uzaklaştırmak, kaydırmak, lejant bilgisini ve ilişkili metaveri içeriğinin görüntülenmesi gibi işlemlerin yapılmasına izin verir. Uygulama için ISO tarafından da standart olarak kabul edilen ve vektör verilere erişim görüntüleme ve düzenleme imkânı veren Web Detay Servisi (WFS, Web Feature Service) v2.2 tercih edilmiştir. Veri formatı olarak OGC standardı olan Coğrafi İşaretleme Dili (GML) veya GeoJSON gibi formatlar kullanılmaktadır [5], [137].

GeoServer kurulumu için ücretsiz olarak verilen linkten (<http://geoserver.org/download/>) geoserver uygulamasının güncel sürümü indirilebilir (Şekil 4.8’de GeoServer arayüzü görülmektedir).



Şekil 4.8 GeoServer arayüzü

GeoServer kurulumu için Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan doküman kaynak olarak kullanılmıştır [137]. Kaynak dökümandaki işlem adımları sırası ile gerçekleştirilmiştir. Burada önemli olan veri kaynağında bulunan coğrafi verilerin, katmanlarının (Layers) oluşturulması ve yayınlanması işlemidir. İlişkilendirilecek her bir katmanın oluşturulması için “Configure new SQL view” seçeneği ile SQL kod yazılarak katman içerisindeki öznelikler sorgulamalar için tanımlanır. Her bir katman için bu işlemin tekrarlanması gerekmektedir. Şekil 4.9’da örnek bir katman oluşturma görüntüsü görülmektedir.

GeoServer Logged in as admin. Logout

Create new SQL view

Define a new SQL view and configure its identified and geometry columns

View Name:

SQL statement

```
SELECT CO."CityObjectID",
       CO."GmlID" AS "ParentGmlID",
       SG."GmlID",
       PC."ParcelNo",
       PC."BlockNo",
       TS."ThematicSurfaceID",
       B."BuildingNo",
       SG."Solid" AS "Surface"
FROM "CityGMLPackage"."CityObject" CO
     INNER JOIN "CityGMLPackage"."ThematicSurface" TS ON CO."CityObjectID" = TS."ThematicSurfaceID"
     INNER JOIN "CityGMLPackage"."SurfaceGeometry" SG ON TS."Lod2_MultiSurfaceID" = SG."GeomID"
     INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_Building" B ON TS."BuildingID" = B."BuildingID"
     INNER JOIN "TR_SpatialUnitPackage"."TR_Parcel" PC ON B."ParcelID" = PC."ParcelID"
WHERE CO."ObjectClassID" = 33
```

SQL view parameters

Guess parameters from SQL [Add new parameter](#) [Remove selected](#)

Name	Default value	Validation regular expression
☐		

☒ Escape special SQL characters

Attributes

Refresh ☐ Guess geometry type and srid

Name	Type	SRID	Identifier

[Save](#) [Cancel](#)

Şekil 4.9 GeoServer içerisinde katmanların ilişkilendirilmesi için SQL kod yazılması

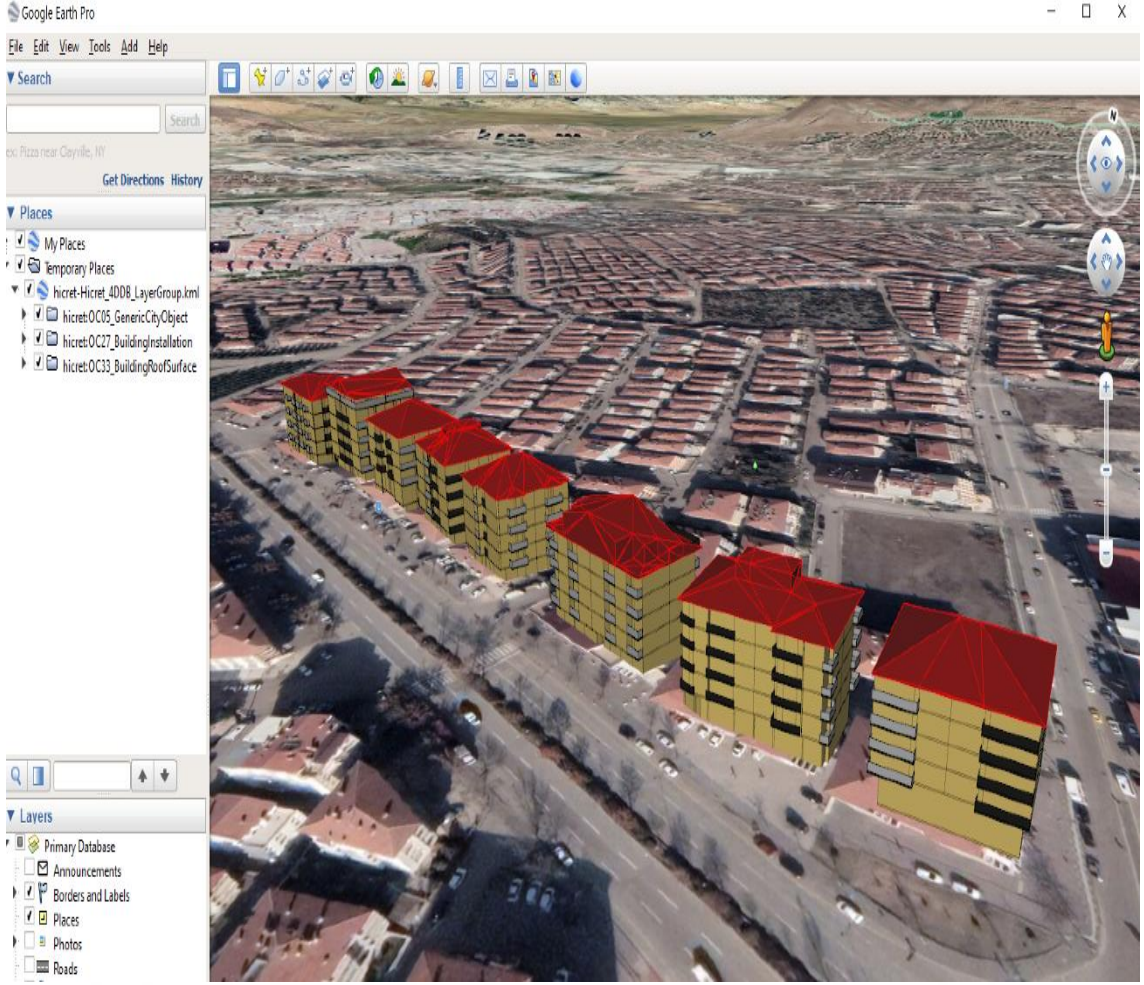
Dokümanda belirtilen tüm işlem adımları tamamlandıktan sonraki işlem adımı, verilerin farklı formatlarda servis edilmesidir. Şekil 4.10'da verilerin KML formatına dönüştürülmesi ve 4.11'de dönüştürülen verilerin Google Earth Pro ortamında 3B olarak görüntülenmesi mevcuttur. Google Earth Pro ortamında 3B olarak temsil edilen bir bağımsız bölüm seçildiği zaman, o bağımsız bölüm ile ilgili detay bilgileri görüntülenebilmektedir (Şekil 4.12).

The screenshot shows the GeoServer web interface. On the left, there is a sidebar with navigation links: About & Status, Data, Services, Settings, and Tile Caching. The main area is titled 'Layer Preview' and contains a table of layers. A dropdown menu is open on the right side of the table, showing various output formats. The 'KML (plain)' option is highlighted.

Type	Title	Name	Common Formats
	OC05_GenericCityObject	hicret:OC05_GenericCityObject	OpenLayers GML KML
	OC23_CityObjectGroup	hicret:OC23_CityObjectGroup	OpenLayers GML KML
	OC26_Building	hicret:OC26_Building	OpenLayers GML KML
	OC27_BuildingInstallation	hicret:OC27_BuildingInstallation	OpenLayers GML KML
	OC33_BuildingRoofSurface	hicret:OC33_BuildingRoofSurface	OpenLayers GML KML
	OC41_BuildingRoom	hicret:OC41_BuildingRoom	OpenLayers GML KML
	Parcel_Bina_Kat_Bolum_2	hicret:Parcel_Bina_Kat_Bolum_2	OpenLayers GML KML
	Parsel_Bina_Kat_Daire	hicret:Parsel_Bina_Kat_Daire	OpenLayers GML KML
	Hicret - Tüm Katmanlar	hicret:Hicret_4DDB_LayerGroup	OpenLayers KML

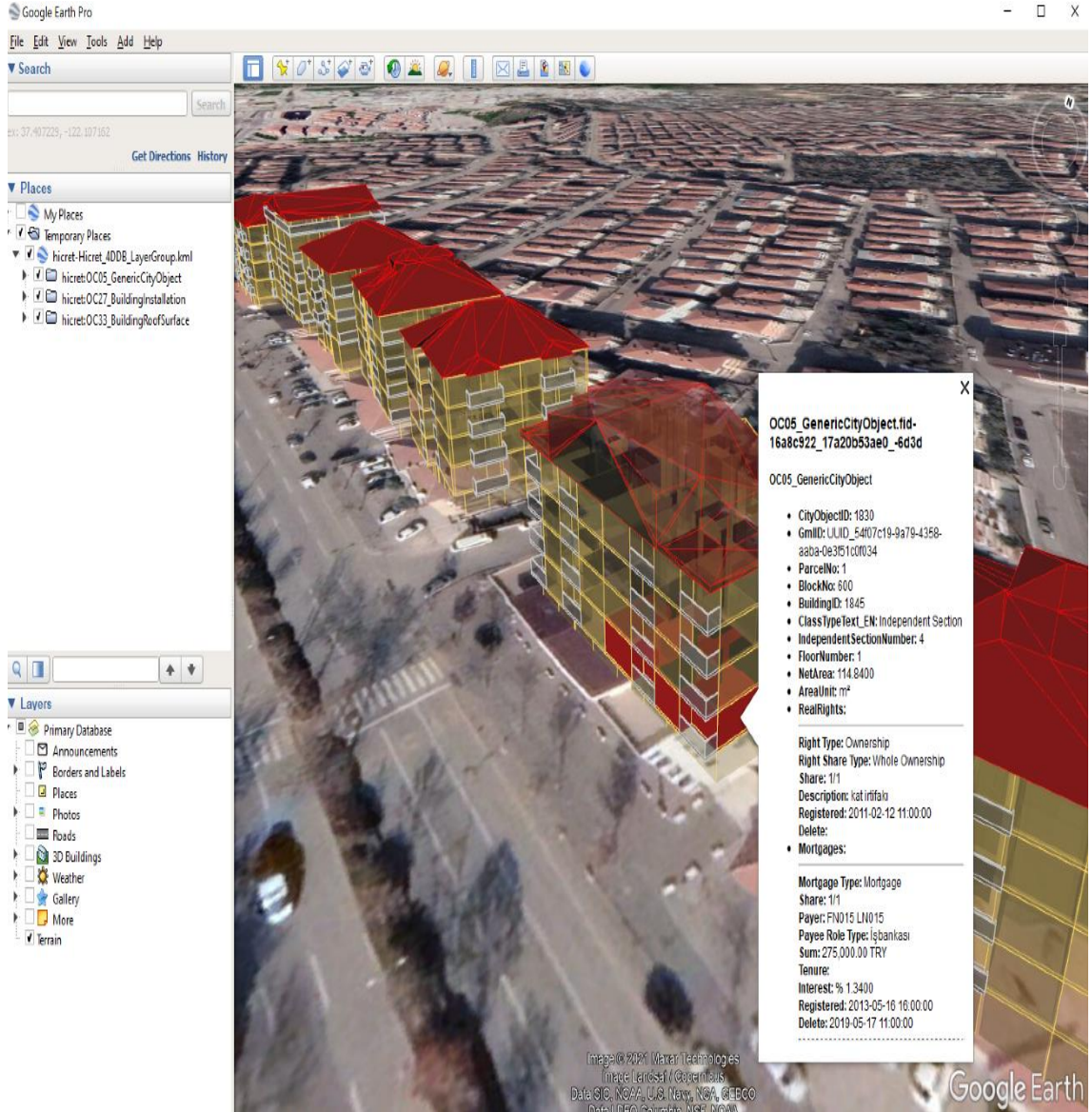
Dropdown menu options: GeoRSS, GeoTiff, GeoTiff 8-bits, JPEG, JPEG-PNG, JPEG-PNG8, KML (compressed), KML (network link), **KML (plain)**, OpenLayers, OpenLayers 2, OpenLayers 3, PDF, PNG, PNG 8bit, SVG, Select one.

Şekil 4.10 Veritabanından verilerin KML formatında servis edilmesi



Şekil 4.11 KML formatına dönüştürülen verilerin Google Earth Pro ortamında 3B görüntülenmesi

Google Earth Pro, verilerin 3B temsil edilmesine imkân verirken, veriler içerisinden sorgulama yapılmasına izin vermemektedir. Bu yüzden veritabanından GeoServer aracılığıyla veriler, kompakt bir veri değişim formatı olan JSON'a (JavaScript Object Notation) dönüştürüldü. JSON, tamamen dilden bağımsız olan ve C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python ve diğer birçok programlama dili tarafından yorumlanabilen bir metin biçimidir. Bu özellikler JSON'u ideal bir veri değişim dili yapar. JSON, CesiumJS gibi birçok görselleştirme platformu tarafından kullanılan bir formattır [138].

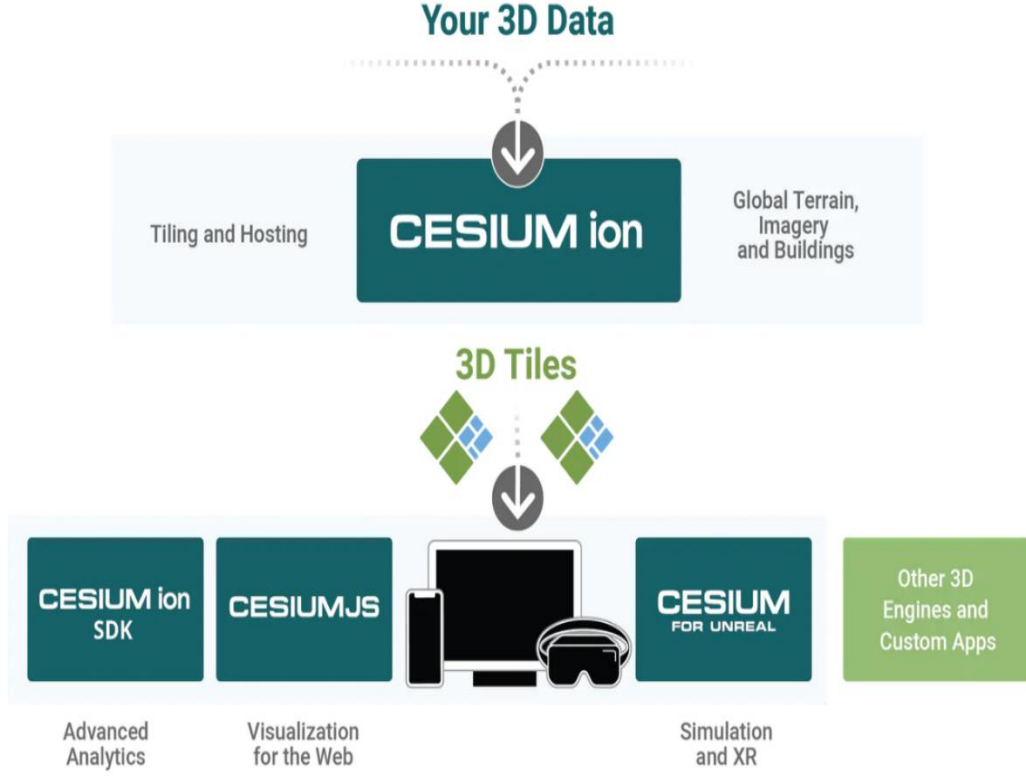


Şekil 4.12 Google Earth Pro ortamında 3B temsil edilen bir bağımsız bölüme ait genel bilgilerin görüntülenmesi

4.4.2 Görselleştirme İşlemi İçin Cesium Virtual Globe platformunun Oluşturulması

Cesium Virtual Globe, 2011 yılında Analytical Graphics, şirketindeki bir grup yazılımcının uzaydaki nesnelerin görselleştirilmesi için ortaya çıkan bir platformdur. 2012 yılında açık kaynak erişimli olarak piyasaya sürülmüştür. 3B konumsal verilerin görselleştirmesine artan talep ile 2019 yılında bağımsız bir şirket olarak ortaya çıktı ve bugün birlikte çalışabilir bir jeo-konumsal ekosistem

için temel açık platform sağlamaktadır. Açık kaynak kodlu bir ortam sunan Cesium platformu (Şekil 4.13), her türden 3B coğrafi uygulama oluşturmak için eksiksiz bir araç takımı olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.13 Cesium Ion sistem mimarisi [139]

CesiumJS, herhangi bir eklenti olmadan bir web tarayıcısında 3B küreler ve etkileşimli haritalar oluşturmak için bir geniş kapsamlı bir JavaScript kitaplığıdır. 2019'dan beri bir OGC standardı ve referans sistemi olarak WGS84 kullanır. Cesium web sitesi üzerinden veriler üzerinde değişiklik, sorgulama gibi işlemlerin yapılabilmesi için Sandcastle'ı kullanır. Sandcastle aracılığı ile CesiumJS arayüzünde yeni kodların yazılmasına ve kullanılan kodların test edilmesine yardımcı olur. Cesium, vektör formatı (KML, GeoJSON, TopoJSON), 3B model (glTF modelleri (grafik dili İletim Formatı), 3D Tiles (3B Döşemeler), Arazi (Yükseklik Haritası) ve Görüntüler (WMS, ArcGIS, Google Earth, Open Street Map) gibi özel veri formatlarını destekler. 3D Tiles, fotogrametri modelleri, 3B binalar, CAD ve BIM gibi dış ve iç mekanları ve nokta bulutları dâhil olmak üzere

Geliştirilen veritabanından veriler GeoServer aracılığı ile Cesium platformuna tanıtılarak 3B gösterim sağlanmıştır. CesiumJS oluşturulması ve veri görüntülenebilmesi için yardımcı kaynaklar kullanılmış ve detaylı ayrıntılara bu kaynaklardan ulaşılabilir [84], [138], [141], [142], [143]. Şekil 4.14'te veritabanından eklenen verilerin Cesium platformunda 3B temsiliyeti mevcuttur. 3B binalar ile ilgili ayrıntılı bilgiler Cesium platformunda da tıpkı Google Earth Pro'daki gibi bilgi panelinden görüntülenebilmektedir. Fakat Cesium, Google Earth Pro'dan farklı olarak JavaScript kütüphanesi aracılığıyla veriler üzerinde değişiklik yapabilme ve arayüz üzerinde sorgulama paneli oluşturulmasına imkân verir.



Bölüm 4.1’de belirlenen sorgulama kriterleri doğrultusunda sorgulama paneli inşa etmek için CesiumJS kütüphanesi kullanılarak kod yazılmıştır. Tüm bu işlem adımların ardından veritabanındaki verilerin 3B olarak Cesium arayüzünde görselleştirilmesi ve geliştirilen sorgulama paneli şekil 4.15’te gösterilmektedir.



Şekil 4.15 CesiumJS kütüphanesi kullanılarak geliştirilen sorgulama panelinin gösterilmesi

4.5 Örnek Sorgulamaların Gerçekleştirimi

Veritabanının geoserver ile Cesium arayüzüne bağlanmasından sonra gerçekleştirilen sorgulama sonuçları aşağıda gösterilmektedir.

Sorgulama 1) Şekil 4.16’de 2012-2015 yılları arasında ipotekli taşınmazlar gösterilmektedir. Sorgulama sonucu toplam mavi renkte görülen 15 bağımsız bölümün belirtilen tarihlerde ipotekli olduğu görülmektedir. Şekil 4.17’de ise verilen tarihlerde ipotekli olan bağımsız bölümlerden seçilen herhangi birine ait tapu bilgileri görüntülenebilmektedir.

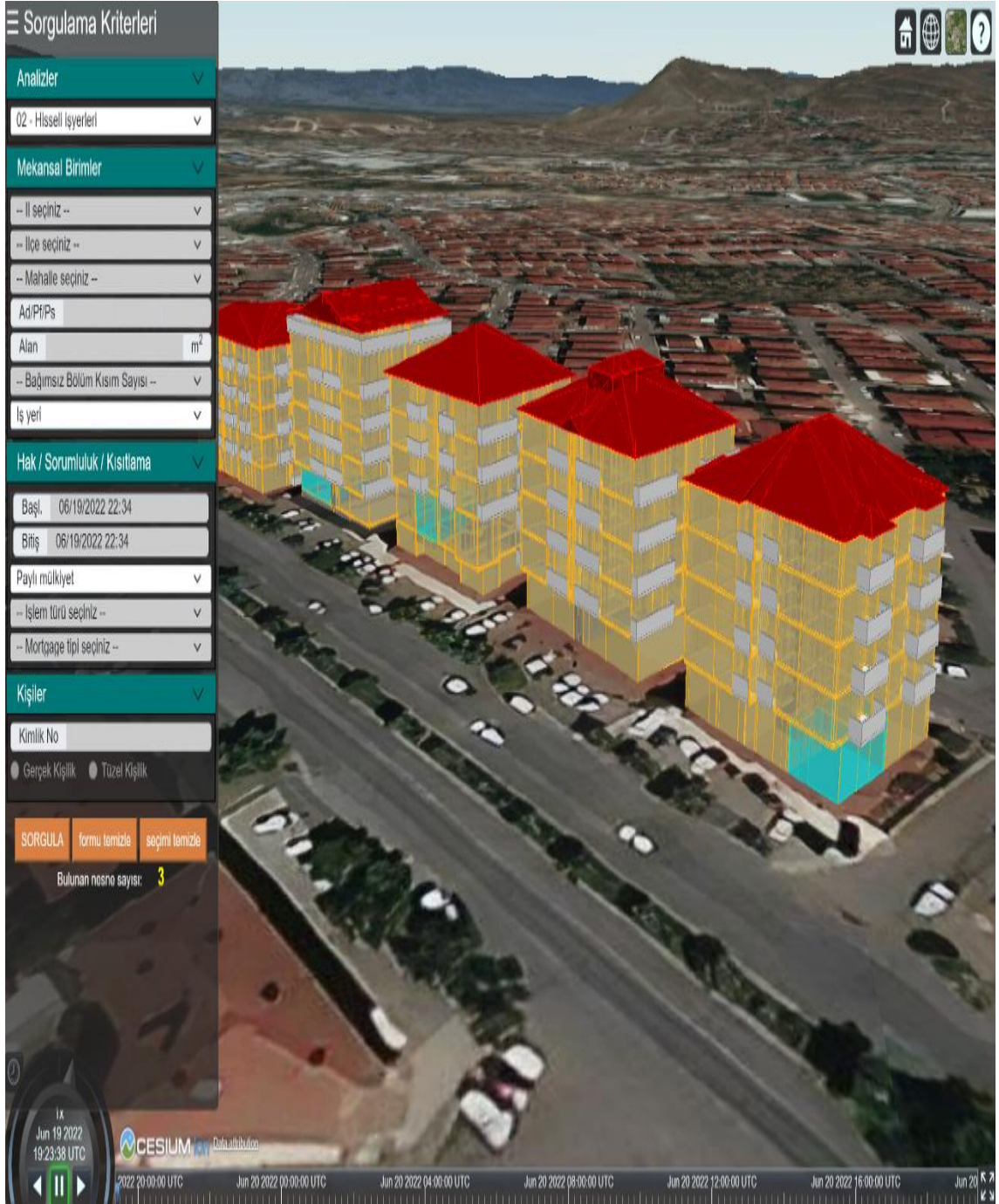


Şekil 4.16 2012-2015 yılları arasında ipotekli olan bağımsız bölümlerin sorgulanmasının sonuç ekran görüntüsü



Şekil 4.17 1100 ada 2 parsel 3 numaralı bağımsız bölümün güncel bilgilerinin görüntülenmesinin sonuç ekranı

Sorgulama 2) O anki tarihte verilen hisseli işyerlerinin sorgulanması. Bu sorgulamanın amacı o anki mevcut durumun öğrenilebilmesidir. Sorgulama sonucu toplam 3 tane mavi renkte yanan kullanım türü iş yeri olan bağımsız bölümler gösterilmektedir (Şekil 4.18). Şekil 4.19’da ise sorgulama sonucu çıkan herhangi bir iş yerine ait güncel bilgiler görüntülenebilmektedir.

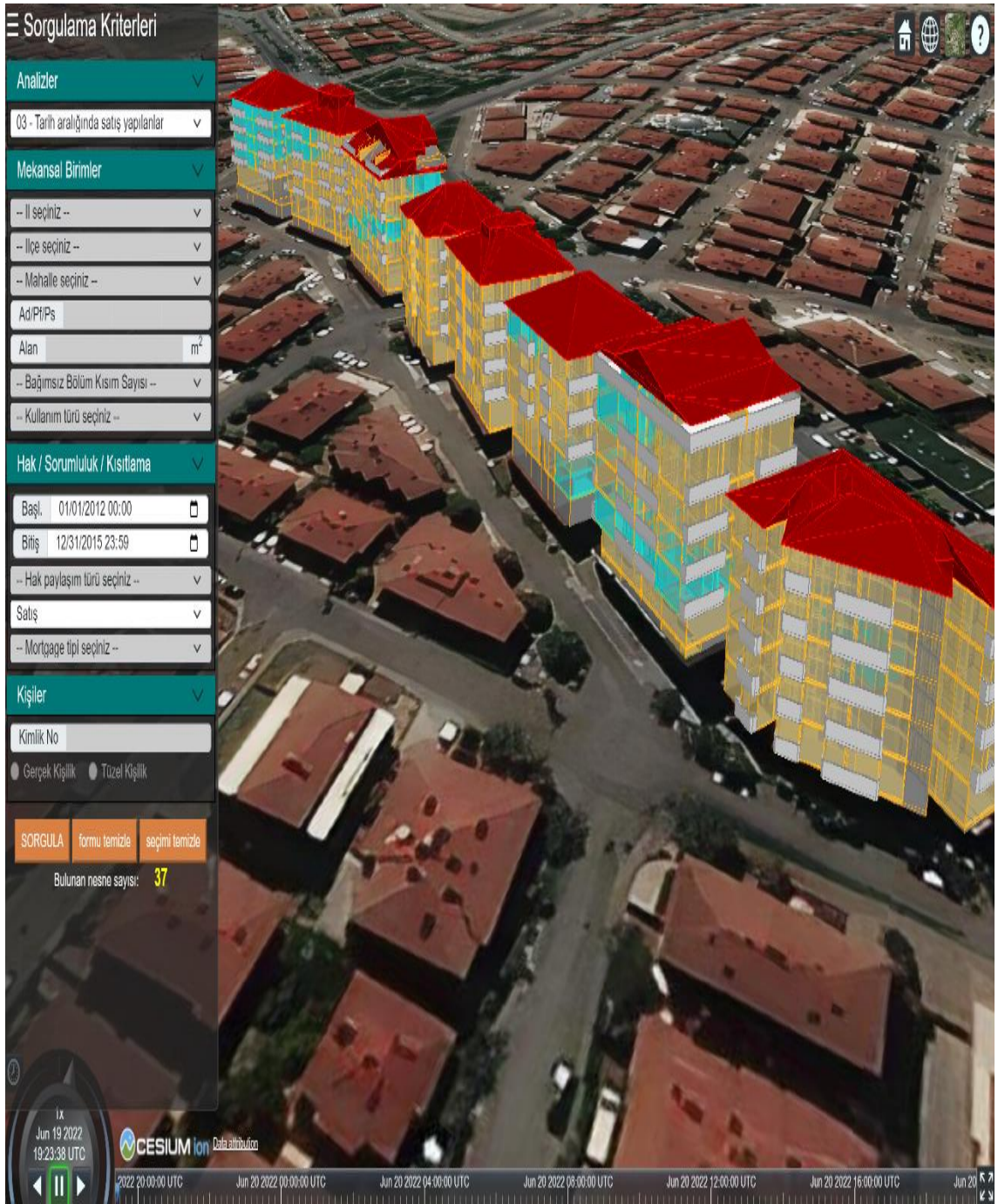


Şekil 4.18 Herhangi bir tarihte kullanım türü iş yeri olan hisseli bağımsız bölümlerin sorgulanmasına ait sonuç ekran görüntüsü



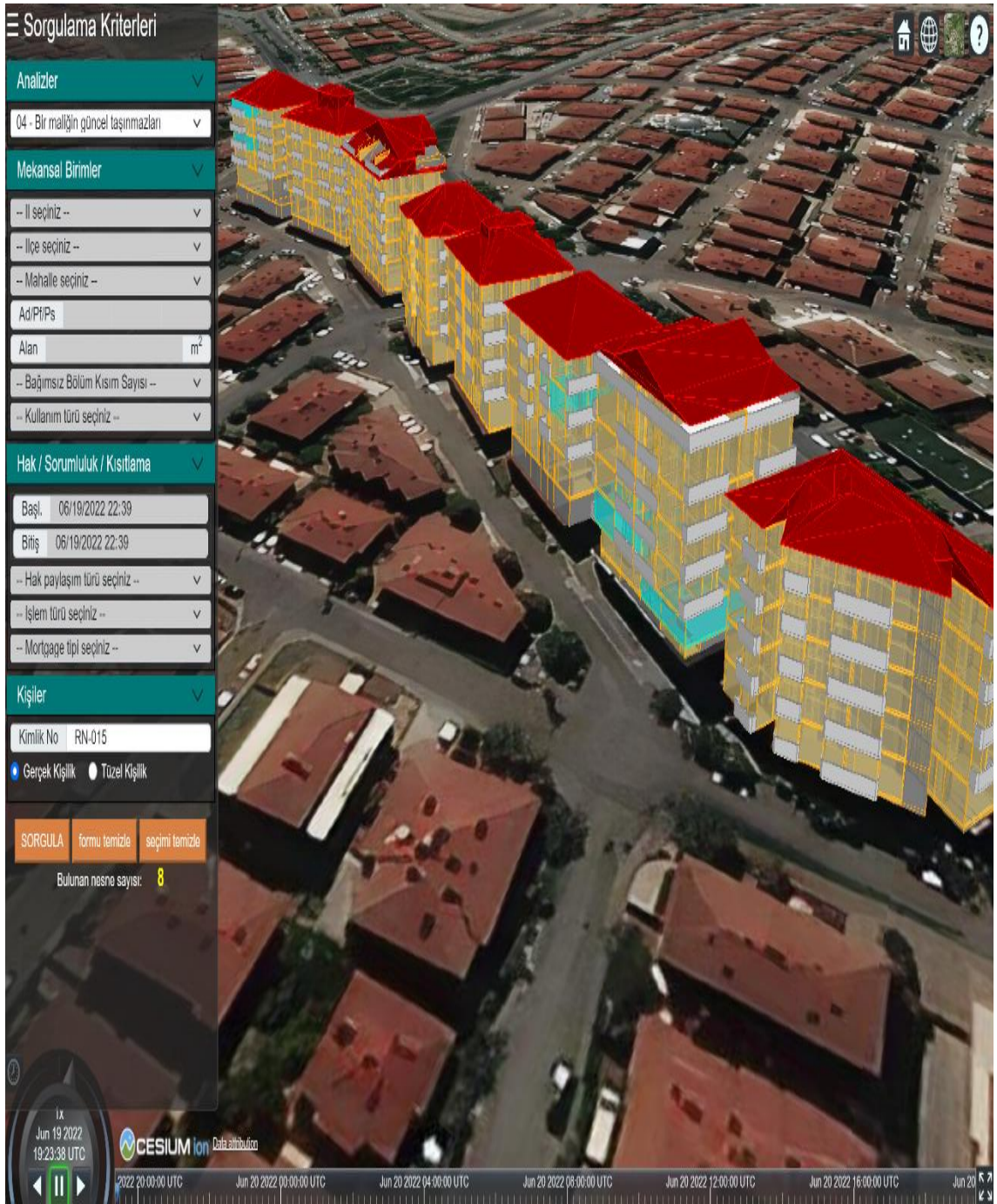
Şekil 4.19 Hisseli bir bağımsız bölüme ait güncel bilgiler

Sorgulama 3) İstenilen tarih aralığında satış görmüş bağımsız bölümlerin sorgulanması. 2012 – 2015 tarihleri arasında satış işlemi görmüş toplam 37 bağımsız bölüm ekranda mavi renkte gösterilmektedir (Şekil 4.20).

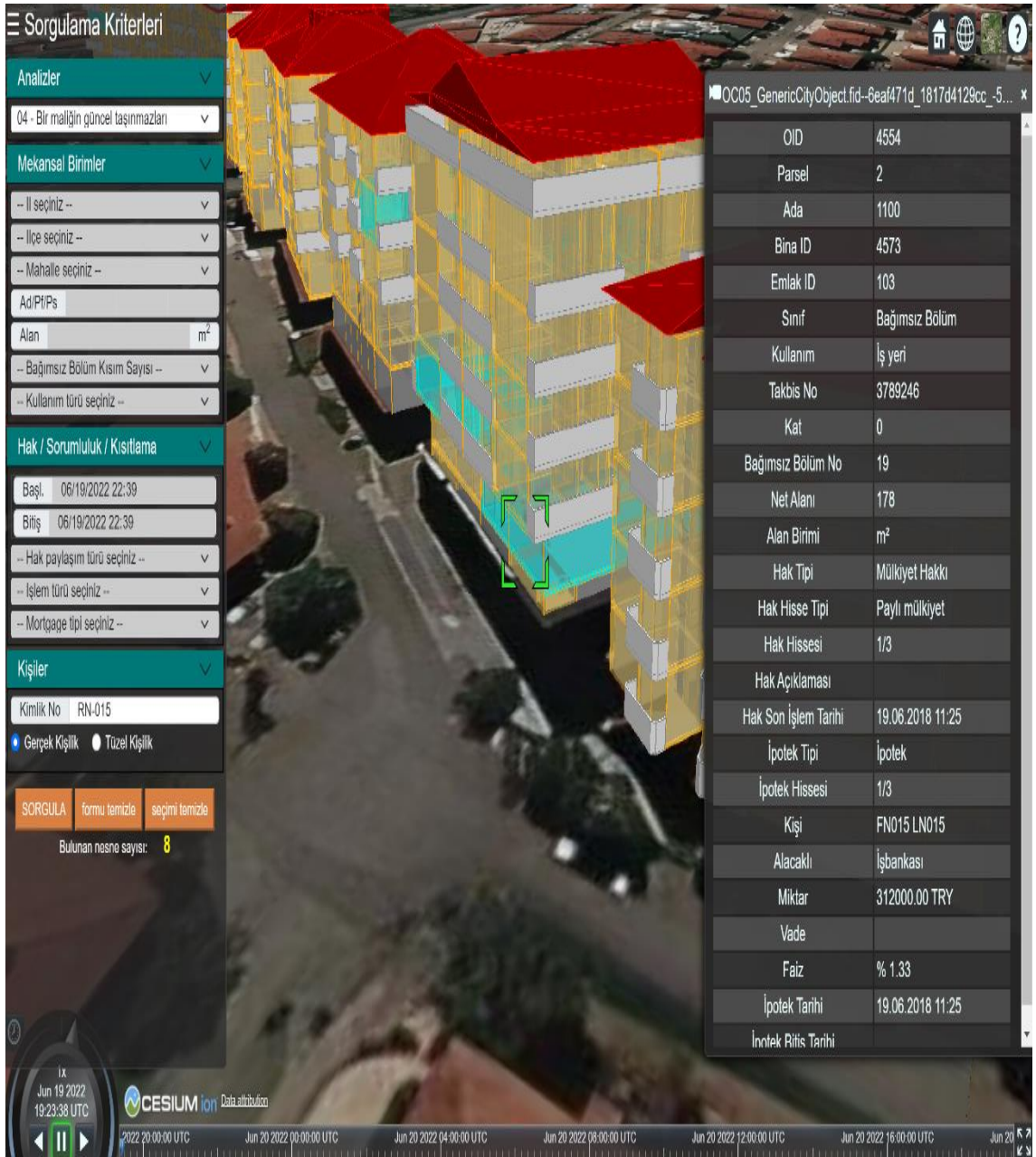


Şekil 4.20 2012 – 2015 tarih aralığında 37 tane bağımsız bölümde satış işlemi gerçekleştirilmiştir

Sorgulama 4) Bir malîğin güncel taşınmazların sorgulanması. Bir malîğe ait istenilen tarihteki sahip olduğu taşınmazlar sorgulanabilmektedir (Şekil 4.21). Şekil 4.26’da malîğe ait herhangi bir taşınmazın tapu bilgileri görüntülenebilmektedir.



Şekil 4.21 Herhangi bir maliğe ait toplam 8 tane bağımsız bölüm görülmektedir



Şekil 4.22 Bir maliğe ait 1100 ada 2 parsel 19 numaralı bağımsız bölümdeki mülkiyeti hakkına dair bilgiler gösterilmektedir

Sorgulama 5) Herhangi bir binada bulunan mülkiyet durumuna göre bağımsız bölümlerin gösterilmesi. Şekil 4.23'te 600 ada 1 parsel üzerindeki 1845 numaralı binadaki tek kişi mülkiyetinde bulunan toplam 16 bağımsız bölüm gösterilmektedir.



Şekil 4.23 Bir binaya ait bağımsız bölümlerin mülkiyet durumlarının gösterilmesi

Sorgulama 6) Bir binaya ait otopark bilgisinin sorgulanması. Şekil 4.24 uygulama alanındaki otoparkları göstermektedir. Uygulama alanında toplamda 5 otopark bulunmaktadır.



Şekil 4.24 Uygulama bölgesine ait bulunan zemin altı otoparklarının gösterimi

Sorgulama 7) Farklı amaçlar için kullanılan alanların sorgulanması. Şekil 4.25 Uygulama bölgesinde sığınak niteliğinde kullanılan alanlar sorgulanmaktadır. Toplamda altı adet kullanım türü sığınak olan alan gösterilmektedir.



Şekil 4.25 Uygulama bölgesinde kullanım alanı sığınak olan yerlerin sorgulama sonuç ekranı

Tez çalışması kapsamında, Arazi Bilgi Yönetimi Sistemi içerisinde kadastral verilerin 4B (3B+t) modellenmesi için ISO 19152:2012 LADM ve OGC CityGML standartlarını temel alan entegre bir veri modeli geliştirilmiştir. Kadastral sistemde mevcut olan kadastral nesneler ile ilgili hukuki yönler LADM, fiziki yönler ise CityGML kullanılarak modellenmiştir.

Türkiye'nin mevcut kadastro sistemi 2 boyutlu parsel tabanlı sayısal haritalardan oluşmaktadır. Köklü ve düzenli bir kadastro sisteminin mevcut olmasına rağmen, gelişen teknoloji ve artan kentleşmeyle beraber mevcut 2B kadastro sistemi 3B Arazi Bilgi Yönetim Sistemine (LAS) doğru evrilmektedir. 3B LAS'ın en temel ögesi 3B kadastro olmasıyla beraber değerlendirme, planlama, 3B dijital kent ikizleri, marina kadastrosu gibi birçok bileşeni de içinde barındırmaktadır. 3B kadastro, tüm bu bileşenlerin bir arada etkili bir şekilde çalışabilmesi için temel bir altlık oluşturmaktadır. Bu anlamda 3B LAS içerisinde verilerin temini, paylaşımı ve değişimi ile ilgili uluslararası standartlar (LADM, LandInfra, CityGML, IFC vb.) geliştirilmiştir. Bu standartlar içerisinde LADM, ulusal ve uluslararası arazi idaresinde mülkiyet hakkı ve kamu envanterleri (kadastro, tapu) ile ilgili en kapsamlı bilginin modellenmesi ve ortak bir standartta sunulmasını sağlamaktadır [5], [10], [14], [56], [80], [92].

Bilim ve teknolojinin gelişmesi, geleneksel kadastroların (2B) artık kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli olmadığı algısını da etkiliyor. Bu ihtiyaca yönelik ülkeler hem akademik hem de kurumsal çalışmalar yürütmektedirler. Türkiye'de Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde de yeni bir kadastro sisteminin oluşmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir. TUCBS projesi kapsamında 34 alanda INSPIRE standartları kabul edilerek standartlaşma çalışması yapılırken, TKGM tarafından da "3B Kent Modelleri ve Kadastro" projesi ile yeni bir kadastro sistemine geçiş sağlanmaktadır. Gerçekleştirilen projede hukuki yönler INSPIRE-Tapu kadastro ve Bina veri temalarına göre, fiziki yönler

ise TKGM CityGML veri yapısına göre modellenmektedir. Geliştirilen veri modelinin avantajları ve dezavantajları bölüm 3'te açıklanmıştır.

3B LAS kapsamında ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen çalışmalar incelenerek mevcut 2B Türk kadastro sisteminin 4B kadastro sistemine geçişi için "4B ADE Kadastro Veri Modeli" önerilmektedir. Geliştirilen modelin ve yapılan çalışmaların sonuçları yasal ve teknik yönden değerlendirilmiştir.

4B ADE Kadastro Veri Model'inin Yasal Yönden Katkıları

Mevcut 2 boyutlu Türk kadastro sisteminin öncelikle 3 boyutlu kadastro sistemine geçilebilmesi için uluslararası bir standart doğrultusunda geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca standartlaşma çalışmalarının yanı sıra 3 boyutlu kadastro nesnelerinin 3 boyutlu dönüşümü için gerekli olan işlem adımları kanun ve yönetmeliklerle de tanımlanmalıdır. Geliştirilen model mevcut kadastro sisteminin mülkiyet hakkının ve kamu envanterlerinin ilgili paydaşlar ile koordinasyonu ve aralarındaki ilişki için, tüm veri ve belgelerin 3B kadastro doğrultusunda LADM kullanarak ortak bir ontoloji oluşturulması sağlanmıştır. Geliştirilen yeni model Türkiye'deki yasal düzenlemelere yönelik tüm ilişkileri kapsamaktadır. Örneğin KMK kat mülkiyetine ilişkin olarak bağımsız bölümlerin ana birimleri, eklentileri ve ortak alanları üzerinde de kullanım hakkı söz konusudur. TR_CondominiumUnit, TR_Annex ve TR_BuildingUsePart özellik sınıfları ve aralarındaki ilişki türü sayesinde KMK'da belirlenen kullanım hakkı modellenebilmiştir. LADM'nin temel sınıflarına ilave olarak bir taşınmaz ile ilgili olarak yapılan işlemler (İfraz, kamulaştırma, imar uygulamaları vb.) ve bu işlemler doğrultusunda meydana gelen mülkiyet haklarının modellenebilmesi için Tescil İşlemler sınıfı ilave edilmiştir. Böylece Türkiye'de kadastro sistemi ve ilişkili oldukları yasal düzenlemeler göz önünde bulundurularak model içerisinde tüm ayrıntılar temsil edilebilmiştir. LADM içerisindeki Version Object sınıfının kadastral nesnelerin zamansal niteliklerini desteklemektedir, fakat nasıl uygulanabileceği ilgili paydaşlara bırakılmıştır. Bu çalışma kapsamında, kadastro nesneleri ile zaman nitelikleri ve LADM arasında karşılaştırma yapılarak ortak bir ilişki kurulmuştur. Böylece, LADM Version Object sınıfının sağladığı zaman bilgisinin Türk kadastro sistemine nasıl uygulanabileceği açıklanmıştır. Ayrıca,

olay ve durum bazlı zamansal sorgulamalar için İdari birim paketi içerisinde oluşturulan Tescil İşlemler sınıfı, konumsal birim sınıfı ile olan ilişki türünden dolayı taşınmazın zamansal bilgilerinin ve sorgulamalarının yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Türkiye’de INSPIRE direktiflerine göre geliştirilen standartlaşma çalışmalarının başında TUCBS projesi kapsamında oluşturulan veri temaları gelmektedir. Türkiye’deki karmaşık yapılar ile ilişkili çok boyutlu mülkiyet hakkı ve arazi yönetimi kavramları düşünüldüğü zaman INSPIRE direktifleri yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, geliştirilen model, INSPIRE direktiflerini de kapsayacak şekilde oluşturulan LADM temaları zenginleştirilerek mevcut TUCBS-Tapu kadastro ve Bina veri temalarını da kapsamaktadır. Böylece geliştirilen model sayesinde arazi yönetimi verilerinin ulusal düzeyde diğer paydaşlar ile paylaşılması ve bilgi alışverişinin yapılması için ortak bir yaklaşım da sunmaktadır. LADM’nin sunmuş olduğu bu avantaj, birçok ülke için kadastro sistemlerinde veri depolama, paylaşım ve ilgili paydaşlar arasındaki ilişkilerin yönetilmesinde standart geliştirmenin temelidir; ancak, tüm bu özelliklere rağmen, 3B fiziksel gösterimin sınırlamaları vardır. Bu nedenle, eksiksiz bir 3B kadastro sistemi oluşturmak için, kadastro verilerinin ve bunlara karşılık gelen fiziksel detayların kavramsal düzeyde modellerle temsil edilmesi gerekir. 3B yapılara ait sınırların belirlenmesi 2B yöntemler ile yapıldığından iki bağımsız bölüm arasında kalan duvar veya taban gibi farklı yapı elemanlarının sınır belirleme konusunda nasıl kullanılması gerektiği tam olarak bilinmemektedir. Ayrıca Türkiye’de ortak alanlar veya tesisler yönetim planıyla belirli bağımsız bölümlerin kullanımına tahsis edilebilirken aynı cepheyi paylaşan yapılar için ortak kullanım haklarının nasıl kurulabileceğine dair herhangi bir yasal dayanak bulunmamaktadır. Bu yüzden 3B sınır belirleme kriterleri ve ortak cepheler üzerinde kullanım hakkı ile ilgili yasal düzenlemelerin ilgili mevzuatlar ile yapılması gerekmektedir.

Geliştirilen model, gerçek veriler ve vaka çalışmaları üzerinden tasarlandığı için farklı kurumlardan 2B ve 3B kadastro bilgilerinin anlamsal düzeyde paylaşılmasına ve kullanılmasına yardımcı olarak standardizasyon yönetimini desteklemektedir. Böylece, TKGM ve ilgili paydaşlar tarafından mevcut kadastro sisteminden yeni bir 3B kadastroya geçiş ya da mevcut “3B Kent Modelleri ve

Kadastro” projesi için ortak bir ontolojide veri yönetimi için genel bir çerçeve sağlanarak kadastro bilgilerinin CBS ile gelecekteki entegrasyonuna katkıda bulunacaktır. Ayrıca model içerisindeki veriler TUCBS Tapu kadastro ve Bina veri temaları, 3B Kent modelleri ve Kadastro projeleri analiz edilerek belirlenmiştir. Bu yüzden, 4B ADE veri modeli hem kat mülkiyetine ilişkin HKS’lerin 3B betimlenmesinde hem de bağımsız bölümlerin değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilmesi açısından önemlidir. Bu doğrultuda modelin kullanılabilmesi ve 3B kadastro sistemi açısından düşünüldüğü zaman tanım, kavram, yöntem ve uygulama açısından ciddi bir mevzuat güncellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Geliştirilen model, kurumlar ve kullanıcılar açısından düşünüldüğü zaman model içerisindeki tüm semantiklerin servis edilmemesi gerekmektedir. Özel hakların gizliliği açısından kullanıcıların bu bilgilere erişimi olmaması gerekmektedir. Bu açıdan 3B uygulamaların servis edilmesi ve kullanılması açısından yeterli düzeyde yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

4B ADE Kadastro Veri Model’inin Teknik Yönden Katkıları

Fiziksel bilgi modelleri, nesnelerin fiziksel ayrıntılarını farklı seviyelerde temsil edebilmelerine rağmen, yasal bilgilerini tanımlamak ve yönetmek için yetersizdir. CityGML, IndoorGML ve IFC gibi fiziksel modellerle temsil edilen fiziksel nesneler, yasal bilgiler içermedikçe kadastro açısından anlamlı değildir; bu nedenle, anlamlı bir 3B kadastro için, kadastro nesnelerinin hem yasal hem de fiziksel olarak yeterli temsiliyetine izin veren entegre bir veri modeli kullanılmalıdır. Bu görüş doğrultusunda, çalışma için geliştirilen entegre veri modelinde, fiziki detayları temsil edebilmek için hem Türk kadastro sisteminde yaygın kullanılan hem de bir OGC standardı olan CityGML veri modeli kullanılmıştır. CityGML veri yapısı bir taşınmazla ilgili ayrıntılı detay bilgilerini içeren sınıflar doğrudan 'CityObject' sınıfının bir alt sınıfı olarak tasarlanmıştır. CityGML’deki veri yapısı, bağımsız bölümlerin ayrı ayrı temsiliyeti konusunda yeterli detayı sunmadığından TKGM tarafından Türk kadastral sisteminin tam yansıtılabilmesi için yeni bir CityGML veri modeli çıkartılmıştır. Geliştirilen yeni veri modeli de bağımsız bölümlere ait zamansal sorgulamalarına yeterli düzeyde cevap verememektedir. Bu sorunun neden kaynaklandığına ve TKGM CityGML veri modeli ile ilgili ayrıntılı bilgiler

bölüm 3'te açıklanmıştır. Tüm bu eksiklikler göz önünde bulundurularak geliştirilen 4B ADE Kadastral Veri Modeli, 3B/4B kadastro kapsamında hem standardizasyon hem de 3B görselleştirme için UML kullanarak bir kavramsal model sunmaktadır. 4B kadastro modeli oluşturmak için temel gereksinimler, mevcut kadastro nesnelerinden yasal ve fiziksel perspektiflerle sunulmaktadır. Kavramsal modelden sonraki işlem adımı olan fiziksel modelin gerçekleştirilmesi için açık kaynaklı 4B veritabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen veri tabanı gerçek veriler kullanılarak farklı senaryolar üzerinden test edilmiştir. Sonuç ürün olarak açık kaynaklı Cesium görselleştirme plartformu kullanılarak mevcut veri tabanı 3B olarak görselleştirilmiştir. Veritabanı ile Cesium arasında interaktif bir bağlantı kurabilmek için yine açık kaynaklı GeoServer kullanılmıştır. Yapılan tüm işlemlerin literatüre katkıları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Yapılan çalışmanın bu alandaki diğer çalışmalardan en büyük farkı 3 boyutlu kadastro çalışmaları için gerçekleştirilen tüm işlem adımlarının (analiz, modelleme, depolama, veri dönüştürme ve servis, görselleştirme) detaylı anlatılması ve uygulama dâhilinde ticari yazılımlar yerine açık kaynak yazılımlar kullanılmasıdır. Ayrıca, veri modelleme, yönetim ve servis aşamaları, araştırma kapsamında tek tek incelenerek detaylı olarak anlatıldığından farklı kullanıcılar için oluşturulmuş bir kaynak dokümana benzemektedir.
- 3DCityDB dışında geliştirilen veritabanları için bir import/export aracının olmamasından (ticari yazılımlar hariç) dolayı CityGML verilerini LADM ile eşleştirerek veri tabanına aktarmak bir problemdir. Bu problem, LADM ve CityGML veri sınıflarıyla eşleşen bir SQL kodu yazılarak verilerin veritabanında ilgili tablolara aktarılması ile giderilmiştir. Yazılan kod GitHub sayfasında paylaşılmıştır. Import/Export aracı gören bu kodun farklı kullanıcılar tarafından ticari yazılım kullanılmasına gerek kalmadan kendi veri modeli tasarımlarına uyarlanarak kullanılması mümkündür. Bu sorunun çözülmesine katkı sağlamak için geliştirilen SQL kodun çalışma kapsamında literatüre bir diğer önemli katkısı olduğu düşünülmektedir.
- Oluşturulan ADE modeli, zamansal sorgulamalara izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Kavramsal model UML normalizasyon ilkelerine göre

normalize edilerek açık kaynaklı PostgreSQL veritabanında oluşturulmuştur. Tasarlanan model, gerçek veriler kullanılarak farklı zamansal senaryolar üzerinden çalışabilirliği test edilmiştir. Böylece bir taşınmaz üzerindeki HKS'ler, SQL sorgulaması ile zamansal olarak sorgulanabilmektedir. Bu kapsamda literatüre kazandırılan bir diğer katkı da zamansal sorgulamaların gerçekleştirilebileceği kavramsal modelin 4B veritabanına uygulanabilmesidir. Böylece, Türk kadastral sistemi için tapu sicillerinin zamansal olarak temsil edebilen örnek bir kavramsal model geliştirilip test edilmiştir. Bu alanda çalışmalar yapacak olan kamu kurumları ve araştırmacılara örnek bir çerçeve sunmaktadır.

- Bölüm 3'te bahsedilen TKGM CityGML veri yapısının benzer ve farklı yönleri ortaya koyulmuştur. Ayrıca TKGM CityGML veri yapısından kaynaklanan eksiklikler tespit edilerek bu eksikliklerin nasıl giderilmesi gerektiği tartışılmıştır. CityGML veri yapısının ADE uzantısı kullanarak ayrı ayrı bağımsız bölümlerin sorgulanabilmesine imkân sağlanmıştır. Bu anlamda geliştirilen kavramsal model TKGM tarafından geliştirilen “3B Kent Modelleri ve Kadastro” projesinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.
- Çalışma kapsamında LADM bazlı modellenen Türk kadastro sistemi genel hatları sadece CityGML ile diğer fiziksel veri modelleri (IFC, IndoorGML, LandInfra) ile de karşılaştırmaları yapılmıştır. Böylece, olası başka entegre veri modelleri için genel bir fikir ortaya koymaktadır.
- 4B ADE kadastral veri modeli, CityGML veri modelinin kadastral veriler ile zenginleştirilerek genişletilmesiyle oluşturulmamıştır. Tek başına kullanılabilen iki veri modeli entegre edilerek oluşturulmuştur. Literatürde geliştirilen entegre modeller daha çok bir veri modelinin kadastral veriler ile genişletilmesi ile oluşmaktadır. Bu açıdan Türkiye için geliştirilen 4B ADE kadastral veri modeli yukarıda bahsedilen veri modellerinden daha kapsamlı olmasından dolayı farklıdır.
- 3B görselleştirme işlemi için açık kaynaklı CesiumJS platformu seçilmiştir. CesiumJS, Java kütüphanesi kullanılarak arayüz ve farklı sorgulama panelleri oluşturulmasına imkân vermektedir. Kavramsal modelin

veritabanına aktarılarak interaktif olarak 3B görselleştirilmesi için yine ticari yazılım yerine açık kaynaklı GeoServer kullanılmıştır. GeoServer kullanımının açık kaynaklı olmasının yanında bir diğer avantajı da mevcut veriler dışında veritabanına sürekli veri eklenmesi ve yeni durumun Cesium platformuna iletilmesine izin vermektedir. Yani her veri eklenmesinde veri dönüşümünün yapılmasına gerek yoktur. Geliştirilen sorgulama paneli ile Cesium platformunda hem 3B görselleştirme hem de 4B kadastro kapsamında muhtemel sorgulamalara cevap verilmektedir. Tasarlanan sorgulama panelinin hem Cesium kullanıcılarına hem de görselleştirme ile ilgilenen araştırmacılara bir örnek olarak katkı sağlamaktadır.

- 3B kadastro, kat mülkiyeti tescili, 3B kent modelleri, değerlendirme ve tapu bilgileri gibi uygulamalar için LADM/CityGML/IFC gibi veri modelleri kullanarak günümüzde giderek önem kazanan blokzincir (blockchain) teknolojisi tabanlı yöntemler ile gerçekleştirilebilir.

3B dijital modellerin kullanımında yapı ruhsatlandırmayı, kent modellerini ve kadastral veri tabanlarını birbirini etkileyen unsurlar olarak değerlendiren bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan farklı sektörlerdeki paydaşların dijitalleşmeye geçiş için gerekli altyapıya sahip olup olmadıklarının tespit edilmesi önemli bir role sahiptir. Farklı sektörlerin anlamlı kadastral veri üretebilmeleri için temel tanım ve kavramların yer aldığı bir sözlük oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca kadastral veri tabanları, imar planları ve 3B kent modelleri yetkili birimlere ortak veri üretimi açısından etkin bir şekilde servis edilebilir. Bunun yanı sıra dijital ikiz, akıllı şehirler ve kent modelleri açısından BIM ve CBS tabanlı veri formatlarının arasındaki etkin dönüşümün yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda 3B kent modelleri için güvenilir verilerin sağlanması amacıyla yeni dönüşüm yöntemleri incelenmeli ve test edilmelidir. Tüm bu değerlendirmeler göz önünde bulundurulduğu zaman hem idareciler hem de vatandaşlar için faydalı olan etkin ve uygulanabilir politikalar üretilebilir.

- [1] A. Aien, M. Kalantari, A. Rajabifard, I. Williamson, and J. Wallace, "Towards integration of 3D legal and physical objects in cadastral data models," *Land Use Policy*, vol. 35, pp. 140–154, 2013, doi: 10.1016/j.landusepol.2013.05.014.
- [2] A. Asghari, M. Kalantari, and A. Rajabifard, "A structured framework for 3D cadastral data validation – a case study for Victoria, Australia," *Land Use Policy*, p. 104359, 2019, doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104359.
- [3] M. Barzegar, A. Rajabifard, M. Kalantari, and B. Atazadeh, "3D BIM-enabled spatial query for retrieving property boundaries: a case study in Victoria, Australia," *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 2, pp. 251–271, 2020, doi: 10.1080/13658816.2019.1658877.
- [4] FIG, *Best practices 3D cadastres - extended version*. In: Oosterom, Peter van (Ed.), *International Federation of Surveyors*, . Copenhagen, Denmark, (ISBN 978-87-92853-64-6, ISSN: 2311-8423),. FIG, 2018. [Online]. Available: http://www.fig.net/resources/publications/figpub/FIG_3DCad/FIG_3DCad-final.pdf.
- [5] H. Gürsoy Sürmeneli, M. Koeva, and M. Alkan, "The application domain extension (ADE) 4D cadastral data model and its application in Turkey," *Land*, vol. 11, no. 5, Art. no. 5, 2022, doi: 10.3390/land11050634.
- [6] A. Rajabifard, B. Atazadeh, and M. Kalantari, "A critical evaluation of 3D spatial information models for managing legal arrangements of multi-owned developments in Victoria, Australia," *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 32, no. 10, pp. 2098–2122, 2018, doi: 10.1080/13658816.2018.1484125.
- [7] D. Shojaei, M. Kalantari, I. D. Bishop, A. Rajabifard, and A. Aien, "Visualization requirements for 3D cadastral systems," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 41, pp. 39–54, 2013, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.-2013.04.003.
- [8] J. Stoter *et al.*, "Registration of multi-level property rights in 3D in the Netherlands: Two Cases and Next Steps in Further Implementation," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 6, no. 6, Art. no. 6, 2017, doi: 10.3390/ijgi6060158.
- [9] J. Sun, S. Mi, P. Olsson, J. Paulsson, and L. Harrie, "Utilizing BIM and GIS for representation and visualization of 3D cadastre," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 8, no. 11, 2019, doi: 10.3390/ijgi8110503.
- [10] H. Gürsoy Sürmeneli, M. Alkan, and M. Koeva, "Design and implementation of a 4D cadastral legal model for Turkish land administration infrastructure based on LADM," *Geocarto Int.*, pp. 1–23, 2022, doi: 10.1080/10106049.2022.2063410.
- [11] H. Gürsoy Sürmeneli, M. N. Koeva, J. A. Zevenbergen, and M. Alkan, "Towards integration of LADM and CityGML for the cadastral system of Turkey," in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote*

- Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLIII-B4-2020, pp. 691–698, 2020, doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-691-2020.
- [12] R. Hajji, R. Yaagoubi, I. Meliana, I. Laafou, and A. E. Gholabzouri, “Development of an integrated BIM-3D GIS approach for 3D cadastre in Morocco,” *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 10, no. 5, p. 351, 2021, doi: 10.3390/ijgi10050351.
 - [13] M. Petronijević, N. Višnjevac, N. Prašević, and B. Bajat, “The extension of IFC for supporting 3D cadastre LADM geometry,” *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 10, no. 5, 2021, doi: 10.3390/ijgi10050297.
 - [14] P. van Oosterom, R. Bennett, M. Koeva, and C. Lemmen, “3D land administration for 3D land uses,” *Land Use Policy*, vol. 98, p. 104665, 2020, doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104665.
 - [15] D. Kitsakis *et al.*, “3D Real Property Legal Concepts and Cadastre: A Comparative Study of Selected Countries to Propose a Way Forward,” 2016, pp. 1–24. Accessed: Mar. 01, 2022. [Online]. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hig:diva-22615>
 - [16] J. E. Stoter, “*3D Cadastre*,” PhD, Delft: NCG, Nederlandse Commissie voor Geodesie, 2004.
 - [17] F. Döner, “Türk kadastro sistemi için üç boyutlu yaklaşım,” Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 2010. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
 - [18] URL-6, “TOPNL-Kadaster.nl,” 2021, <https://www.kadaster.nl/zakelijk/produ-cten/geo-informatie/topnl> (accessed Jun. 25, 2022).
 - [19] A. Aien, “3D cadastral data modelling,” PhD, Centre for Spatial Data Infrastructures and Land Administration Department of Infrastructure Engineering, School of Engineering The University of Melbourne Victoria, Australia, 2013.
 - [20] URL-7, “Harmonised data model version 1-ICSM,” 2022. <https://www.icsm.gov.au/harmonised-data-model-version-1-20> (accessed Jun. 25, 2022).
 - [21] M. Kalantari, A. Rajabifard, J. Wallace, and I. Williamson, “Spatially referenced legal property objects,” *Land Use Policy*, vol. 25, no. 2, pp. 173–181, 2008, doi: 10.1016/j.landusepol.2007.04.004.
 - [22] M. Kalantari, “Cadastral data modelling - A tool for e-land administration,” PhD Thesis, Centre for Spatial Data Infrastructures and Land Administration (CADILA) Faculty of Engineering and Information Technology. The University of MELBOURNE, Melbourne, Australia, 2008. Accessed: Mar. 10, 2022. [Online]. Available: <https://eng.unimelb.edu.au/csdila>
 - [23] ICSM, “ICSM-ePlan Model Version 1.0.” Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping, ICSM., 2010.
 - [24] ICSM, “ePlan-Victoria,” 2010. <https://www.spear.land.vic.gov.au/spear/pages/eplan/about/what-is-eplan.shtml> (accessed Jun. 25, 2022).

- [25] M. Kalantari and E. Kalogianni, "Towards LADM Victoria country profile – modelling the spatial information," *Proc. 6th Int. FIG 3D Cadastre Workshop*, 2018, Accessed: Mar. 12, 2022. [Online]. Available: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Acf418802-f5f4-477a-9c12-1f1f21d3d748>
- [26] D. Shojaei, H. Olfat, A. Rajabifard, A. Darvill, and M. Briffa, "Assessment of the Australian digital cadastre protocol (ePlan) in terms of supporting 3D building subdivisions," *Land Use Policy*, vol. 56, pp. 112–124, 2016, doi: 10.1016/j.landusepol.2016.05.002.
- [27] D. Shojaei, H. Olfat, A. Rajabifard, and M. Briffa, "Design and development of a 3D digital cadastre visualization prototype," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 7, no. 10, 2018, doi: 10.3390/ijgi7100384.
- [28] R. Guo *et al.*, "The applications and practices of 3D cadastre in Shenzhen. 4th International Workshop on 3D Cadastres. 9-11 November 2014," pp. 339–362, 2014.
- [29] H. Gürsoy Sürmeneli and M. Alkan, "Towards standardisation of Turkish cadastral system using LADM with 3D cadastre," *Surv. Rev.*, vol. 53, no. 381, pp. 543–558, 2021, doi: 10.1080/00396265.2020.1855700.
- [30] E. Kalogianni, P. van Oosterom, E. Dimopoulou, and C. Lemmen, "3D land administration: A review and a future Vision in the Context of the Spatial Development Lifecycle," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 9, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2020, doi: 10.3390/ijgi9020107.
- [31] A. Aien, A. Rajabifard, M. Kalantari, and D. Shojaei, "Integrating legal and physical dimensions of urban environments," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 4, no. 3, 2015, doi: 10.3390/ijgi4031442.
- [32] H. Gürsoy Sürmeneli, M. Koeva, and M. Alkan, "Integration of LADM and CityGML for 3D cadastre of Turkey," 2021, Accessed: Feb. 28, 2022. [Online]. Available: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Acf418802-f5f4-477a-9c12-1f1f21d3d748>
- [33] K. Kumar, A. Labetski, K. A. Otori, H. Ledoux, and J. Stoter, "Harmonising the OGC standards for the built environment: A CityGML extension for LandInfra," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 8, no. 6, 2019, doi: 10.3390/ijgi8060246.
- [34] K. Kumar, A. Labetski, K. A. Otori, H. Ledoux, and J. Stoter, "The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire," *Open Geospatial Data Softw. Stand.*, vol. 4, no. 1, p. 5, 2019, doi: 10.1186/s40965-019-0065-z.
- [35] P. Scarponcini, H.-C. Gruler, E. Stubkjær, P. Axelsson, and L. Wikström, "OGC® Land and infrastructure conceptual model standard (LandInfra)," 2016, Accessed: Mar. 02, 2020. [Online]. Available: <https://vbn.aau.dk/en/publications/ogc-land-and-infrastructureconceptual-model-standard-landinfra>
- [36] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, S. Ho, and T. Champion, "Extending a BIM-based data model to support 3D digital management of

- complex ownership spaces,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 31, no. 3, pp. 499–522, 2017, doi: 10.1080/13658816.2016.1207775.
- [37] Rönsdorff, C., Wilson, D., and Stoter, J.E., “Integration of land administration domain model with CityGML for 3D cadastre,” 2014. Accessed: Mar. 12, 2022. [Online]. Available: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:64324ca8-b3a5-4160-8c58-5da1dfe6ac9d>
- [38] P. A. Zadeh, L. Wei, A. Dee, R. Pottinger, and S. Staub-French, “BIM-CityGML data integration for modern urban challenges,” *J. Inf. Technol. Constr. ITcon*, vol. 24, no. 17, pp. 318–340, 2019.
- [39] A. Alattas, P. van Oosterom, S. Zlatanova, A. A. Diakité, and J. Yan, “Developing a database for the LADM-IndoorGML model: 6th International FIG Workshop on 3D Cadastres,” *Proc. 6th Int. FIG 3D Cadastre Workshop*, pp. 261–277, 2018.
- [40] S. Zlatanova, P. J. M. Van Oosterom, J. Lee, K.-J. Li, and C. H. J. Lemmen, “LADM and IndoorGML for support of indoor space identification,” in *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. IV-2-W1, pp. 257–263, 2016, doi: 10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-257-2016.
- [41] ISO, “ISO 16739-1:2018, Industry foundation classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.” 2018. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/07/03/70303.html>
- [42] ISO 10303, “ISO 10303-242:2014 Industrial automation systems and integration Product data representation and exchange.” 2014. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/05/76/57620.html>
- [43] B. Atazadeh, H. Olfat, A. Rajabifard, M. Kalantari, D. Shojaei, and A. M. Marjani, “Linking land administration domain model and BIM environment for 3D digital cadastre in multi-storey buildings,” *Land Use Policy*, vol. 104, p. 105367, 2021, doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105367.
- [44] B. Atazadeh, L. Halalkhor Mirkalaei, H. Olfat, A. Rajabifard, and D. Shojaei, “Integration of cadastral survey data into building information models,” *Geo-Spat. Inf. Sci.*, vol. 24, no. 3, pp. 387–402, 2021, doi: 10.1080/10095-020.2021.1937336.
- [45] I. P. Williamson and D. M. Grant, “United nations-FIG Bathurst declaration on land administration for sustainable development: development and impact,” FIG XXII International Congress Washington, D.C. USA, April 19-26 2002.
- [46] FAO, Ed., *Voluntary guidelines on the responsible governance of tenure of land, fisheries and forests in the context of national food security*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012. [Online]. Available: <http://www.fao.org/docrep/016/i2801e/i2801e.pdf>.

- [47] UN-GGIM, “Global Fundamental Geospatial Data Themes,” 2019a. <https://undesa.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=4741ad51ff7a463d833d18cbcec29fff> (accessed Mar. 01, 2022).
- [48] World Bank, “Indicators.,” 2018. <https://data.worldbank.org/indicator> (accessed Mar. 01, 2022).
- [49] C. H. J. Lemmen, “A domain model for land administration,” Ph.D. Thesis. Delft University of Technology, Delft, The Netherlands., The Netherlands, 2012.
- [50] FIG, “FIG statement on the cadastre technical report publication no. 11, fédération internationale des géomètres,” *International Fed. Surv.* <https://www.fig.net/resources/publications/fig/pubpub11/figpub11asp>, vol. 11, p. 15, 1995.
- [51] J. Kaufmann and D. Steudler, “Cadastre 2014 – a vision for a future cadastral system. FIG Publication,” p. 44, 2014.
- [52] V. Çağdaş and E. Stubkjær, “Doctoral research on cadastral development,” *Land Use Policy*, vol. 26, no. 4, pp. 869–889, 2009, doi: 10.1016/j.landusepol.2008.10.012.
- [53] UN-GGIM, “Framework for effective land administration.” 2019b. [Online]. Available: http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9thSession/documents/E_C.20_2020_10_Add_1_LAM_background.pdf
- [54] E. Kalogianni, E. Dimopoulou, R. J. Thompson, C. Lemmen, S. Ying, and P. van Oosterom, “Development of 3D spatial profiles to support the full lifecycle of 3D objects,” *Land Use Policy*, vol. 98, p. 104177, 2020, doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104177.
- [55] C. Lemmen, J. Vos, and B. Beentjes, “Ongoing development of land administration standards: Blockchain in transaction management,” *Eur. Prop. Law J.*, vol. 6, no. 3, pp. 478–502, 2017, doi: 10.1515/eplj-2017-0016.
- [56] E. Kalogianni, E. Dimopoulou, W. Quak, M. Germann, L. Jenni, and P. Van Oosterom, “INTERLIS language for modelling legal 3D spaces and physical 3D objects by including formalized implementable constraints and meaningful code lists,” *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 6, no. 10, 2017, doi: 10.3390/ijgi6100319.
- [57] P. van Oosterom, “Research and development in 3D cadastres,” *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 40, pp. 1–6, 2013, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2013.01.002.
- [58] B. Atazadeh, “Building information modelling for urban land administration,” PhD, Centre for Spatial Data Infrastructures and Land Administration Department of Infrastructure Engineering The University of Melbourne, Melbourne, Australia, 2017.
- [59] J. Oldfield, P. Van Oosterom, J. Beetz, and T. F. Krijnen, “Working with open BIM standards to source legal spaces for a 3D cadastre,” *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 6, no. 11, 2017, doi: 10.3390/ijgi6110351.

- [60] S. Ying, R. Guo, J. Yang, B. He, Z. Zhao, and F. Jin, "3D space shift from CityGML LoD3-based multiple building elements to a 3D volumetric object," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 6, no. 1, 2017, doi: 10.3390/ijgi6010017.
- [61] C. Lemmen, P. van Oosterom, and R. Bennett, "The land administration domain model," *Land Use Policy*, vol. 49, pp. 535–545, 2015, doi: 10.1016/j.landusepol.2015.01.014.
- [62] E. Kalogianni, E. Dimopoulou, and P. J. M. van Oosterom, "3D cadastre and LADM- needs and expectations towards LADM revision," *Proc. 7th Land Adm. Domain Model Workshop*, 2018, Accessed: Feb. 28, 2022. [Online]. Available: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A0f32a162-2dc1-4833-8d62-b66d319c1507>
- [63] O. M. Ostensen and P. Smits, "*ISO/TC211: Standardisation of geographic information and geo-informatics*," vol. 1, p. 263, 2002, doi: 10.1109/IGAR-SS.2002.1025006.
- [64] G. Bessero, J. Brodeur, S. Coetzee, O. Østensen, A. Pharaoh, and C. Reed, "The UN-GGIM inventory of issues and geographic information standardization," Committee of Experts on Global Geospatial Information Management, 2013.
- [65] A. Ç. Aydınoglu and et. al., "Avrupa coğrafi veri altyapısı – INSPIRE," Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 2018. [Online]. Available: www.webdosya.csb.gov.tr
- [66] A. Ç. Aydınoglu, "Türkiye için coğrafi veri değişim modelinin geliştirilmesi," Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2009.
- [67] J. Henssen, "Basic principles of the main cadastral systems in the world.," Delft, The Netherlands., pp. 5–12, 1995. Accessed: Mar. 10, 2022. [Online]. Available: https://www.fig.net/organisation/comm/7/Library/reports/events/Delft_seminar_95/paper2.html
- [68] FGDC, "Cadastral data content standard for the national spatial data infrastructure," Subcommittee on Cadastral Data Federal Geographic Data Committee, 1996. Accessed: Oct. 03, 2022. [Online]. Available: <http://nationalcad.org>
- [69] N. von Meyer, "*GIS and land records: The ArcGIS parcel data model*," First Edition. U.S: ESRI, 2004.
- [70] ISO19152, "Geographic information — Land administration domain model (LADM)," ISO, 2012. [Online]. Available: https://www.idep.gob.pe › normas › ISO_19152
- [71] P. Van Oosterom and C. Lemmen, "Towards a standard for the cadastral domain: proposal to establish a core cadastral data model," 3rd International Workshop 'Towards a Cadastral Core Domain Model of COST Action G9' Modelling Real Property Transactions, Delft, October 10-12, 2002.

- [72] C. Lemmen, P. Van Oosterom, J. Zevenbergen, W. Quak, and P. Van Der Molen, "Further progress in the development of a core cadastral domain model," *FIG Work. Week Paris Fr. April*, vol. 28, 2003.
- [73] P. van Oosterom *et al.*, "The core cadastral domain model," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 30, no. 5, pp. 627–660, 2006, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2005.12.002.
- [74] FGDC, "Cadastral data content standard for the national spatial data infrastructure version 1.4 – fourth revision," 2008. https://www.fgdc.gov/standards/projects/cadastral/index_html (accessed Apr. 07, 2022).
- [75] TUCBS, "Türkiye ulusal coğrafi bilgi sistemleri standartlarının belirlenmesi projesi: TUCBS.TK tapu kadastro veri teması." 2012.
- [76] R. Thompson and P. van Oosterom, "Bi-temporal foundation for LADM v2: Fusing event and state based modelling of Land administration data 2D and 3D," *Land Use Policy*, vol. 102, p. 105246, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105246>.
- [77] S.-Y. Ho and J.-H. Hong, "Temporal Perspective towards the design of cadastral database in Taiwan.," presented at the 7th International FIG 3D Cadastre Workshop, New York, USA., Oct. 2021.
- [78] C. Lemmen, P. J. M. van Oosterom, H. T. Uitermark, and J. A. Zevenbergen, "Interoperable domain models : the ISO land administration domain model LADM and its external classes," *28th Urban Data Manag. Symp. UDMS 40 Years Mak. Contrib. Future Delft Neth.*, p. 10, 28-30 Sept. 2011, doi: 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-4-C21-31-2011.
- [79] C. Lemmen, P. Oosterom, R. Thompson, J. P. Hespanha, and H. Uitermark, "The modelling of spatial units (parcels) in the land administration domain model (LADM)," XXIV FIG International Congress: Facing the Challenges - Building the Capacity, April 2010.
- [80] C. H. J. Lemmen *et al.*, "The scope of LADM revision is shaping-up," 2019. Accessed: Mar. 17, 2022. [Online]. Available: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ade054473-e64a-4c6c-8dce-ccdb85381db1>
- [81] C. H. J. Lemmen *et al.*, "The foundation of edition II of the land administration domain model," presented at the FIG e-Working Week 2021: Challenges in a new reality, Jun. 2021. Accessed: Mar. 17, 2022. [Online]. Available: <https://research.utwente.nl/en/publications/the-foundation-of-edition-ii-of-the-land-administration-domain-mo>
- [82] H.-C. Gruler, E. Stubkjær, P. Axelsson, and L. Wikstrom, "OGC® land and infrastructure conceptual model standard (LandInfra)," The Open Geospatial Consortium (OGC), 2016. Accessed: Mar. 05, 2022. [Online]. Available: <http://docs.opengeospatial.org/is/15-111r1/15-111r1.html>
- [83] F. Biljecki, K. Kumar, and C. Nagel, "CityGML application domain extension (ADE): overview of developments," *Open Geospatial Data Softw. Stand.*, vol. 3, no. 1, p. 13, 2018, doi: 10.1186/s40965-018-0055-6.

- [84] OGC, "CityGML | OGC," 2012. <https://www.ogc.org/standards/citygml> (accessed Mar. 12, 2022).
- [85] T. Gilbert *et al.*, "Built environment data standards and their integration: an analysis of IFC, CityGML and LandInfra Version 1.0," Open Geospatial Consortium & buildingSMART International, 2020.
- [86] G. Gröger and L. Plümer, "CityGML – interoperable semantic 3D city models," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 71, pp. 12–33, 2012, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2012.04.004.
- [87] T. Kutzner, K. Chaturvedi, and T. H. Kolbe, "CityGML 3.0: New functions open up new applications," *PFG – J. Photogramm. Remote Sens. Geoinformation Sci.*, vol. 88, no. 1, pp. 43–61, 2020, doi: 10.1007/s41064-020-00095-z.
- [88] A. Östman and El-Mekawy M, "Feasibility of building information models for 3D cadastre in unified city models," *International Journal of E-Planning Research (IJEPR)*, Vol 1(4), pp 35-58., 2012,
- [89] A. Alattas, P. van Oosterom, S. Zlatanova, D. Hoeneveld, and E. Verbree, "LADM-IndoorGML for exploring user movements in evacuation exercise," *Land Use Policy*, vol. 98, p. 104219, 2020, doi: 10.1016/j.landusepol.2019.-104219.
- [90] A. Alattas, P. van Oosterom, S. Zlatanova, D. Hoeneveld, and E. Verbree, "Using the combined LADM-IndoorGML model to support building evacuation," in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-4, pp. 11–23, 2018, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-11-2018.
- [91] FAO, "News | guide for monitoring and evaluating land administration programs | food and agriculture organization of the United Nations," 2020. <https://www.fao.org/in-action/herramienta-administracion-tierras/news/-detail-event> (accessed Mar. 18, 2022).
- [92] E. Kalogianni *et al.*, "Methodology for the development of LADM country profiles," *Land Use Policy*, vol. 105, p. 105380, 2021, doi: 10.1016/j.land-usepol.2021.105380.
- [93] T. L. Choon and L. K. Seng, "Towards a Malaysian multipurpose 3D cadastre based on the land administration domain model (LADM) – an empirical study," Kuala Lumpur, Malaysia, 2013, p. 24.
- [94] WBG, "Enhancing public sector performance: Malaysia's experience with transforming land administration," *World Bank*, 2017. <https://www.world-bank.org/en/country/malaysia/publication/enhancing-public-sector-performance-malaysias-experience> (accessed Mar. 20, 2022).
- [95] N. A. Zulkifli *et al.*, "The importance of Malaysian land administration domain model country profile in land policy," *Land Use Policy*, vol. 49, pp. 649–659, 2015, doi: 10.1016/j.landusepol.2015.07.015.
- [96] H. Gürsoy Sürmeneli, M. Alkan, and A. Abdul Rahman, "A comparison of Turkey-Malaysia LADM country profile for 3D cadastre purposes," in *The*

- International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLVI-4-W3-2021, pp. 329–335, Jan. 2022, doi: 10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W3-2021-329-2022.
- [97] N. A. Zulkifli *et al.*, "Towards Malaysian LADM Country Profile for 2D and 3D Cadastral Registration System," XXV FIG International Congress, (XXV FIG 2014), Kuala Lumpur, June 2014.
- [98] N. A. Zulkifli, A. Abdul Rahman, and S. Chengxi Bernad, "Design and implementation of 3D strata objects registration based on LADM – A case study in Malaysia," *Land Use Policy*, vol. 108, p. 105497, 2021, doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105497.
- [99] J. Bydłosz, "Towards LADM country cadastral profile - case Poland," *Proc. 5th Land Adm. Domain Model Workshop*, p. 247, Kuala Lumpur, 24-25 September 2013.
- [100] J. Bydłosz, "The application of the land administration domain model in building a country profile for the Polish cadastre," *Land Use Policy*, vol. 49, pp. 598–605, 2015, doi: 10.1016/j.landusepol.2015.02.011.
- [101] D. Alfonso Erba *et al.*, "Best Practices 3D Cadastres," Copenhagen: International Federation of Surveyors, 2018.
- [102] K. J. Gózdź and P. J. M. van Oosterom, "Developing the information infrastructure based on LADM – the case of Poland," *Surv. Rev.*, vol. 48, no. 348, pp. 168–180, 2016, doi: 10.1179/1752270615Y.0000000018.
- [103] A. Caine, "Spatial rights legislation in Israel – A 3D approach," p. 14, FIG Working Week 2009 Surveyors Key Role in Accelerated Development Eilat, Israel, 3-8 May 2009.
- [104] R. Adi, A. Shnaidman, and S. Barazani, "Implementation of the 3D cadastre in Israel," 2018, Accessed: Mar. 22, 2022. [Online]. Available: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A6fefedb5-6834-4d00-9521-89fbe552bb9b>
- [105] A. Shnaidman, P. J. M. van Oosterom, S. Barazani, A. Marcovich, and S. A. Shoham, "LADM-based Israeli country profile: toward implementation of 3D cadastre registration," *Proc. 8th Land Adm. Domain Model Workshop LADM 2019*, doi: 10.4233/uuid:c67f6fe9-370f-4034-9cb4-d1897c6bd6c1.
- [106] R. Jaljolie, P. Van Oosterom, and S. Dalyot, "Spatial data structure and functionalities for 3D land management system implementation: Israel case study," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.3390/ijgi7010010.
- [107] N. Vučić, M. Roić, M. Mađer, S. Vranić, and P. Van Oosterom, "Overview of the Croatian land administration system and the possibilities for its upgrade to 3D by existing Data," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 6, no. 7, 2017, doi: 10.3390/ijgi6070223.
- [108] N. Vučić, S. Vranić, M. Roić, and H. Matijević, "Revision of Croatian LADM profile according to the new regulations in surveying profession," *FIG*, Mar. 2022, Accessed: Jan. 04, 2022. [Online]. Available: <https://wiki.tudelft.nl/-/bin/view/Research/ISO19152/LADM2022Workshop>

- [109] N. Vučić, M. Mađer, S. Vranić, and M. Roić, "Initial 3D cadastre registration by cadastral resurvey in the Republic of Croatia," *Land Use Policy*, vol. 98, p. 104335, 2020, doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104335.
- [110] H. Tomić, S. M. Ivić, M. Roić, and J. Šiško, "Developing an efficient property valuation system using the LADM valuation information model: A Croatian case study," *Land Use Policy*, vol. 104, p. 105368, 2021, doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105368.
- [111] N. Vučić, D. Markovinović, and B. Mičević, "*LADM in the Republic of Croatia – Making and Testing Country Profile*," 5th Land Administration Domain Model Workshop 24-25, Kuala Lumpur, September 2013.
- [112] G. Dželalija and M. Roić, "Toward a Croatian utility registration implementation model based on LADM," presented at the 10th International FIG workshop on the Land Administration Domain Model 31 March- 2 April 2022, Dubrovnik, Croatia, Accessed: Jan. 04, 2022. [Online]. Available: <https://wiki.tudelft.nl/bin/view/Research/ISO19152/LADM2022Workshop>
- [113] V. Çağdaş, "An application domain extension to CityGML for immovable property taxation: A Turkish case study," *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, vol. 21, pp. 545–555, 2013, doi: 10.1016/j.jag.2012.07. - 013.
- [114] L. Li, J. Wu, H. Zhu, X. Duan, and F. Luo, "3D modeling of the ownership structure of condominium units," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 59, pp. 50–63, 2016, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2016.05.004.
- [115] B. Atazadeh, H. Olfat, A. Rajabifard, and B. Saeidian, "Evaluation of the international 3D geospatial data models and IFC standard for implementing an LADM-based 3D digital cadastre," presented at the 10th International FIG workshop on the Land Administration Domain Model, 31 March - 2 April 2022, Dubrovnik, Croatia, Accessed: Jan. 04, 2022. [Online]. Available: <https://wiki.tudelft.nl/bin/view/Research/ISO19152/LADM2022Workshop>
- [116] F. Biljecki *et al.*, "Extending CityGML for IFC-sourced 3D city models," *Autom. Constr.*, vol. 121, p. 103440, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103440.
- [117] T. Eraslanoglu, "Türkiye kadastro ile ilişkili genel amaçlı BIM tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2021.
- [118] D. Guler and T. Yomralioglu, "A conceptual model for IFC-based delineation of condominium rights in Turkey: initial experiments," in *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Oct. 2021, vol. VIII-4-W2-2021, pp. 5–12. doi: 10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-5-2021.
- [119] C. Clemen and L. Grundig, "The industry foundation classes (IFC) : ready for indoor cadastre?," presented at the Proceedings of XXIII International FIG Congress, Munich, 2006. Accessed: Apr. 06, 2022. [Online]. Available:

<https://www.oicrf.org/-/the-industry-foundation-classes-ifc-ready-for-indoor-cadastre>.

- [120] M. El Mekawy, J. Paasch, and J. Paulsson, "Integration of 3D Cadastre, 3D Property Formation and BIM in Sweden Integration of 3D Cadastre, 3D Property Formation and BIM in Sweden," 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates, 9-11 November 2014.
- [121] M. Horhammer, S. Zlatanova, R. Kathmann, P. Oosterom, and U. Isikdag, "*Semantically Rich 3D Building and Cadastral Models for Valuation*," 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates, 9-11 November 2014.
- [122] H. Olfat, B. Atazadeh, D. Shojaei, and A. Rajabifard, "The Feasibility of a BIM-driven approach to support building subdivision workflows—case study of Victoria, Australia," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 8, no. 11, Nov. 2019, doi: 10.3390/ijgi8110499.
- [123] A. Alattas, E. Kalogianni, T. Alzahrani, S. Zlatanova, and P. van Oosterom, "Mapping private, common, and exclusive common spaces in buildings from BIM/IFC to LADM: A case study from Saudi Arabia," *Land Use Policy*, vol. 104, p. 105355, 2021, doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105355.
- [124] T. S. Kuhn, "*Bilimsel Devrimlerin Yapısı, (çev. Nilüfer Kuyuş)*," 10th ed. İstanbul: Kırmızı Yayınları, 2019. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://kirmiziyayinlari.com/kitap/kuhn-bilimsel-devrimlerin-yapisi/>
- [125] A. Kara, "Taşınmaz değerlemesine yönelik uluslararası bir veri modeli geliştirilmesi ve modelin Türkiye örneğinde uygulanması," Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2021.
- [126] M. Alkan, "Tapu ve kadastro verilerine yönelik zamansal coğrafi bilgi sistemi tasarımı," Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2005.
- [127] K. Larsson, J. M. Paasch, and J. Paulsson, "Representation of 3D cadastral boundaries - from analogue to digital," *Land Use Policy*, vol. 98, no. C, 2020, Accessed: Mar. 12, 2022. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/lauspo/v98y2020ics0264837719305964.html>
- [128] BÖHMBÜY, "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği," (BÖHMBÜY)." 2018.
- [129] H. Ledoux, K. Ohori, K. Kumar, B. Dukai, A. Labetski, and S. Vitalis, "CityJSON: a compact and easy-to-use encoding of the CityGML data model," *Open Geospatial Data Softw. Stand.*, vol. 4, p. 4, 2019, doi: 10.1186/s40965-019-0064-0.
- [130] Z. Usta, A. T. Akin, and Ç. Cömert, "TKGM CityGML veri modelinin 3B WebCBS uygulamaları açısından irdelenmesi," *Turk. J. Remote Sens. GIS*, vol. 3, no. 1, 2022, doi: 10.48123/rsgis.1059389.
- [131] K. Chaturvedi, Z. Yao, and T. Kolbe, "*Web-based exploration of and interaction with large and deeply structured semantic 3D city models using*

HTML5 and WebGL," Bridging Scales - Skalenübergreifende Nah- und Fernerkundungsmethoden, 35. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Cologne, Germany, Volume: 24, June 2014.

- [132] URL-1, "3 Boyutlu Kent Modelleri ve Kadastro Projesi | Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)," 2022. <https://www.tkgm.gov.tr/projeler/3-boyutlu-kent-modelleri-ve-kadastro-projesi> (accessed May 07, 2022).
- [133] URL-2, "GML ID, Name, Class Atamaları," *3D Kadastro*, 2022. http://cbs.tkgm.gov.tr/3d/html/gml_id_name_class_atamalari.html (accessed May 07, 2022).
- [134] TKGM, "TKGM | Parsel Sorgulama Uygulaması," 2022. <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/idari/123355/600/1/1656242047158> (accessed Jun. 26, 2022).
- [135] Wetransform, "The HUMBOLDT Alignment Editor (HALE).," 2020. <https://www.wetransform.to/products/halestudio/> (accessed May 10, 2022).
- [136] FME, "Safe Software | FME | Data Integration Platform," *Safe Software*, 2022. <https://www.safe.com/> (accessed May 10, 2022).
- [137] TUCBS, "Geoserver ile web servisi yayınlama eğitim dokümanı," Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 2021.
- [138] Z. Yao *et al.*, "3DCityDB - a 3D geodatabase solution for the management, analysis, and visualization of semantic 3D city models based on CityGML," *Open Geospatial Data Softw. Stand.*, vol. 3, no. 1, p. 5, 2018, doi: 10.1186/s40965-018-0046-7.
- [139] URL-8, "Cesium ion platform," *Cesium*, 2022. <https://cesium.com/platform/> (accessed Jun. 26, 2022).
- [140] OGC, "3D City Database for CityGML V 4.0." Chair of Geoinformatics, Technische Universität München, 2018.
- [141] URL-3, "<https://cesium.com/platform/>," *Cesium*, 2022. <https://cesium.com/platform/> (accessed May 11, 2022).
- [142] URL-4, "*Cesium.js.tutorial*, (2022)," Accessed: May 11, 2022. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=hPU_av33eDk
- [143] URL-5, "<https://github.com/CesiumGS/cesium>. Cesium," 2022. Accessed: May 11, 2022. [Online]. Available: <https://github.com/CesiumGS/cesium>

4B KADASTRAL YASAL VERİ MODELİ İÇİN LADM TABANLI OLUŞTURULAN VERİLER VE VERİ TİPLERİ

4B Kadastral veri modeli için kullanılacak veri ve veri tiplerinin her bir sınıf için tablolar halinde gösterilmektedir.

Paketi
Kişi Paketi
Açıklama
Ana Sınıf: TR_Kişi Medeni kanuna göre kişilik kavramı sadece hak ehliyetine değil, aynı zamanda fiil ehliyetine de sahip olmaktadır. Kişilik kavramı gerçek ve tüzel kişilik olmak üzere iki temel sınıfa ayrılmaktadır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:
Kişi Öznitelikler İsim Tipi: CharacterString Soyisim Tipi: CharacterString Baba adı Tipi: CharacterString Doğum yeri Tipi: CharacterString Cinsiyeti Tipi: CharacterString KimlikID Tipi: LongInteger Doğum tarihi Tipi: DateTime

Uyruğu Tipi: TR_KişiUyruğu Çokluk: [0..1] Açık adres Tip: TR_Adres Çokluk: [0..1] Sabit telefon Tip: CharacterString Kişi türü Tipi: TR_KişiTürü Çokluk: [0..1] Kişi Rolü Tipi: TR_KişiRolüTürü Çokluk: [0..1] Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Vergi numarası Tipi: CharacterString
Ana sınıf: Grup Kişi Ayrı bir varlık oluşturan herhangi bir sayıdan oluşan kişi ve ya kişi topluluğudur. Örnek olarak köy topluluğu verilebilir. Tipi: Sınıf Stereotip: <<featureType>> Çokluk:
Grup Kişi Öznitelikler GrupKişiID Tipi: CharacterString GrupKişiTürü Tipi: TR_GrupKişiTürü Çokluk: [0..1] Kayıt tarihi

Tipi: DateTime
Terkin Tarihi
Tipi: DateTime
Vergi numarası
Tipi: CharacterString
Açık adres
Tipi: TR_Açıkadres
Çokluk: [0..1]

TR_Kişi Paketi Kod Listeler
TR_KişiTürü Gerçek kişi Tüzel kişi
TR_GrupKişiTürü Gerçek kişi Tüzel kişi
TR_KişiUyruğu TC Diğer
TR_KişiRolüTürü Malik Kamu idareleri Kamu kurumları Kişi toplulukları Mal toplulukları Mahalli idareler Meslek kuruluşları Bazı kamu kurumları Kanunla kurulan kamu tüzel kişileri İdari kararlar kurulan kamu tüzel kişileri Devlet tüzel kişiliği

Paketi
İdari Birim
Sınıfı
Hak sınıfı
Açıklama
Ana sınıf: TR_HKS Kişinin taşınmaz üzerindeki hak, kısıtlama ve sorumluluklarının temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:
TR_HKS öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_Hak Kişinin taşınmaz üzerinde sahip olduğu hakkı nasıl kullanılacağı ve tescil edileceğini temsil eden sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1..*
TR_Hak öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_HakTürü Mülkiyet hak paylaşımı Tipi: TR_HakPaylaşımTürü Malik türü Tipi: TR_MalikTürü

TaşınmazID Tip: Integer
Açıklama
Ana sınıf: TR_SınırlıAyniHak Sınırlı ayni hak taşınmaz üzerinde bir takım hakların kullanılmasına izin vermektedir. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: [0..*]
TR_SınırlıAyniHak öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_HakTürü Mülkiyet hak paylaşımı Tipi: TR_HakPaylaşımTürü TaşınmazID Tipi: Integer Hisse Tipi: Franction Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama
Ana sınıf: TR_MülkiyetHakkı Mülkiyet hakkı taşınmaz üzerinde geniş yetkilere sahip olan ve herkese karşı ileri sürülebilen bir haktır. Tipi: Sınıf

Sterotip: <<featureType>> Çokluk: [0..*]
TR_MülkiyetHakkı öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_HakTürü Mülkiyet hak paylaşımı Tipi: TR_HakPaylaşımTürü TaşınmazID Tipi: Integer Alan Tipi: Area Hisse Tipi: Franction Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama
Ana sınıf: TR_RehinHakkı Rehin hakkı, hak sahibinin bir alacağını teminat altına alan ve borçlunun borcunu yerine getirmediği takdirde malı cebri icra yoluyla sattırma ve alacağını temin etme hakkıdır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: [0..*]
TR_RehinHakkı öznitelikler Açıklama

Tipi: CharacterString

Türü

Tipi: TR_RehinHakkıTürü

TaşınmazID

Tipi: Integer

Alan

Tipi: Area

Hisse

Tipi: Franction

BorçluKimlikID

Tipi: CharacterString

AlacaklıKimlikID

Tipi: CharacterString

Alacaklı rolü türü

Tipi: TR_AlacaklıRolüTürü

Miktar

Tipi: Currency

Süresi

Tipi: DateTime

Faizi

Tipi: Decimal

Derecesi

Tipi: Decimal

Kayıt tarihi

Tipi: DateTime

Terkin tarihi

Tipi: DateTime

Kayıt saati

Tipi: DateTime

Terkin saati

Tipi: DateTime

TR_Hak Sınıfı Kod Listeleri

TR_HakTürü Ortak mülkiyet Mülkiyet hakkı Kullanım hakkı Zilyetlik Kiralama hakkı Geçit hakkı Otlatma hakkı İntifa hakkı Oturma hakkı Üst hakkı Devremülk hakkı Satın alma hakkı Rehin hakları Gayrimenkul mükellefiyeti Gayri resmi oturma hakkı Atış eğitimi hakkı Spor alanları hakkı Su geçit hakkı Tarımsal faaliyet hakkı Geleneksel haklar
TR_HakPaylaşımTürü Tek kişi mülkiyeti Birlik mülkiyeti Elbirliği mülkiyeti Paylı mülkiyet
TR_MalİKTürü Gerçek kişi Tüzel kişi
TR_AlacaklıRolüTürü Banka Gerçek kişi Tüzel kişi

TR_RehinHakkıTürü
İpotek
İpotekli borç senedi
İrad senedi
Geri alma şartıyla satım
Kiralama şartıyla satım

Paketi
İdari Birim
Sınıfı
Kısıtlılık sınıfı
Açıklama
Ana sınıf: TR_HKS Kişinin taşınmaz üzerindeki hak, kısıtlama ve sorumluluklarının temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:1
TR_HKS öznitelikler
Açıklama
Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_Kısıtlılık Kişinin taşınmaz üzerinde sahip olduğu hakkı kısıtlayan bilgilerin nasıl tescil edileceğini temsil eden sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1..*
TR_Kısıtlılık öznitelikler
Açıklama

Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_KısıtlılıkTürü Malik türü Tipi: TR_MalikTürü TaşınmazID Tip: Integer
Açıklama
Ana sınıf: TR_HakVeMükellefiyet Taşınmaza ait hak ve mükellefiyetler kısıtının hangi veriler ile nasıl kayıt altına alındığını temsil eden sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_HakVeMükellefiyetler öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_KısıtlılıkTürü KimlikID Tipi: CharacterString TaşınmazID Tipi: Integer Hisse Tipi: Fraction Alan Tipi: Area Kütük sayfa numarası Tipi: CharacterString Yevmiye numarası Tipi: CharacterString Evrak sayısı Tipi: CharacterString

İşlem konusu Tipi: CharacterString Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama Ana sınıf: TR_RehinHakkı Rehin hakkı işleminin nasıl kayıt altına alındığını temsil eden sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_RehinHakkı öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_RehinHakkıTürü KimlikID Tipi: CharacterString TaşınmazID Tipi: Integer Hisse Tipi: Fraction Alan Tipi: Area Kütük sayfa numarası Tipi: CharacterString Yevmiye numarası Tipi: CharacterString

Evrak sayısı Tipi: CharacterString İşlem konusu Tipi: CharacterString Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama Ana sınıf: TR_Şerhler Şerh işleminin tapu kütüğünde nasıl kayıt altına alındığının temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_Şerhler öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_ŞerhTürü KimlikID Tipi: CharacterString TaşınmazID Tipi: Integer Hisse Tipi: Fraction Alan Tipi: Area Kütük sayfa numarası

Tipi: CharacterString Yevmiye numarası Tipi: CharacterString Evrak sayısı Tipi: CharacterString İşlem konusu Tipi: CharacterString Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama
Ana sınıf: TR_Beyanlar Beyanlar işleminin tapu kütüğünde nasıl kayıt altına alındığının temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_Beyanlar öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_BeyanTürü KimlikID Tipi: CharacterString TaşınmazID Tipi: Integer Hisse Tipi: Fraction

Alan Tipi: Area Kütük sayfa numarası Tipi: CharacterString Yevmiye numarası Tipi: CharacterString Evrak sayısı Tipi: CharacterString İşlem konusu Tipi: CharacterString Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
TR_Kısıtlılık Sınıfı Kod Listeleri
TR_KısıtlılıkTürü İpotek Şerh Beyan İrtifak hakkı Geçit hakkı İntifa hakkı Devremülk hakkı Haciz İhtiyatlı haciz
TR_RehinHakkıTürü İpotek İpotekli borç senedi İrad senedi

Geri alma şartıyla satım Kiralama şartıyla satım
TR_BeyanTürü İmar uygulamaları İnşaat yasağı Askeri yasak bölge Doldurma kurutma alanları İmar durumu Kıyı şeridi Kültür varlığı Tarihi eser bakım Maden şerhleri Orman alanı Riskli alan Sit alanı Vakıf arazisi Yapı tesis yasağı Tarım alanı 22/a uygulaması Arazi toplulaştırması Kamulaştırma
TR_ŞerhTürü Haciz İhtiyatlı haciz Kiralama Satış vaadi sözleşmesi Red sözleşmesi Kişisel haklar Kat karşılığı inşaat sözleşmesi Şufa sözleşmesi Temlik hakkını kısıtlamak Temlik hakkını yasaklamak

Paketi
İdari Birim
Sınıfı
Sorumluluk sınıfı
Açıklama
Ana sınıf: TR_HKS Kişinin taşınmaz üzerindeki hak, kısıtlama ve sorumluluklarının temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:1
TR_HKS öznitelikler
Açıklama Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_Sorumluluk Kişinin taşınmaza karşı yerine getirmesi gereken sorumlulukların nasıl tescil edileceğini temsil eden sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1..*
TR_Sorumluluk öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_SorumlulukTürü KimlikID Tipi: CharacterString TaşınmazID Tipi: Integer Hisse

Tipi: Fraction Alan Tipi: Area Yevmiye numarası Tipi: CharacterString Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Sorumluluk Sınıfı Kod Listeleri
TR_SorumlulukTürü İrtifak hakkı ücretleri İntifa hakkı ücretleri Kira ücretleri Emlak vergisi Sulama kanalı bakımı Tarihi eserler bakımı Gayrimenkul yükümlülüğü

fk

Paketi
İdari Birim
Sınıfı
Tescil İşlemler
Açıklama
Ana sınıf: TR_Tescilİşlemler Taşınmaz üzerinde yapılan işlemlerin tapu kadastro verilerinde meydana getirdiği değişikliklerin temsil edildiği sınıftır.

Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:1
TR_Tescilİşlemler öznitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_TescilİşlenmTürü
Açıklama
Ana sınıf: TR_Geometriİşlemleri Taşınmaz üzerinde yapılan işlemler neticesinde taşınmazların geometrik durumları değişir. Eski taşınmazın yerini yeni oluşan taşınmaz alır. İşlemlerin ve yeni durumun temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:0..*
TR_Geometriİşlemler Öznitelikler TaşınmazID Tipi: Integer EskiTaşınmazNo Tipi: Integer YeniTaşınmazNo Tipi: Integer KimlikID Tipi: CharacterString Geometrik İşlem Türü Tipi: TR_GeometrikİşlemTürü Alan Tipi: Area Hisse Tipi: Franction Edinme sebebi Tipi: CharacterString

Harç matrahı Tipi: Currency Uygulama Harç Oranı Tipi: Float Tahsil Olunan Harç Miktarı1 Tipi: Currency Tahsil Olunan Harç Miktarı2 Tipi: Currency Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama Ana sınıf: TR_CinsDeğişikliği Taşınmaz üzerinde yapılan işlemler neticesinde taşınmazların yalnızca cins değişikliği olması durumunun temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:0..*
TR_CinsDeğişikliği Öznitelikler TaşınmazID Tipi: Integer TaşınmazNo Tipi: Integer Alan Tipi: Area Cins değişikliği Sebebi Tipi: CharacterString Eski Cinsi

Tipi: CharacterString Yeni Cinsi Tipi: CharacterString Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Kayıt saati Tipi: DateTime Terkin saati Tipi: DateTime
Açıklama
Ana sınıf: TR_Mülkiyetİşlemleri Taşınmaz üzerinde yapılan işlemler neticesinde taşınmazların mülkiyet durumlarında meydana gelen değişikliklerin temsil edildiği sınıftır. Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:0..*
TR_Mülkiyetİşlemleri Öznitelikler TaşınmazID Tipi: Integer TaşınmazNo Tipi: Integer KimlikID Tipi: CharacterString Mülkiyet İşlem Türü Tipi: TR_MülkiyetİşlemTürü Alan Tipi: Area Hisse Tipi: Fraction Edinme sebebi Tipi: CharacterString

Harç matrahı

Tipi: Currency

Uygulama Harç Oranı

Tipi: Float

Tahsil Olunan Harç Miktarı1

Tipi: Currency

Tahsil Olunan Harç Miktarı2

Tipi: Currency

Kayıt tarihi

Tipi: DateTime

Terkin tarihi

Tipi: DateTime

Kayıt saati

Tipi: DateTime

Terkin saati

Tipi: DateTime

Tescil İşlemler Sınıfı Kod Listeleri**TR_GeometrikİşlemTürü**

İfraz

Tevhid

18. madde uygulaması

10/b

10/c

Arazi toplulaştırması

Parselasyon

Kamulaştırma

Yola terk

Yoldan ihdas

Kat mülkiyeti

Kat irtifakı

Kadastro yenilemesi

TR_TescilİşlemTürü Cins Değişikliği Geometrik İşlem Türü Mülkiyet İşlem Türü
TR_MülkiyetİşlemTürü İpotek Hak ve Mükellefiyetler Şerh Beyan Satış Bağış İntikal Taksim Ölünceye kadar bakma akdi

Paketi
Konumsal Birim
Sınıfı
Tescil Nesne
Açıklama
Ana sınıf: TR_TescilNesne Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:
TR_TescilNesne Özellikler Açıklama Tipi: CharacterString Tescil Türü

Tipi: TR_TescilTürü TescilNesneID Tipi: Integer Tescil nesne isim Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_KonumsalBirim Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk:
TR_KonumsalBirim Öz nitelikler Açıklama Tipi: CharacterString Türü Tipi: TR_KonumsalBirimTürü Alanı Tipi: Area Boyut türü Tipi: TR_BoyutTürü Referans noktası Tipi: GM_Point Koordinat sistemi Tipi: UlusalKoordinatSistemi Adresi Tipi: TR_Adres Kayıt tarihi Tipi: DateTime
Açıklama
Ana sınıf: TR_Bina Tipi: Sınıf

Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_Bina Öz nitelikler TaşınmazID Tipi: Integer ParselTaşınmazID Tipi: Integer Bina no Tipi: Integer Binanın cinsi Tipi: TR_BinaCinsi Bağımsız bölüm sayısı Tipi: Integer Toplam kat sayısı Tipi: Integer Kullanım türü Tipi: TR_BinaKullanımTürü Ortak kullanım alanları Tipi: TR_OrtakKullanımAlanlarıTürü Toplam ortak alan Tipi: Area Toplam yapı inşaat alanı Tipi: Area Zemin üstü yükseklik Tipi: Lenght Zemin altı derinlik Tipi: Lenght Zemin altı kat sayısı Tipi: Integer Zemin üstü kat sayısı Tipi: Integer Kayıt tarihi Tipi: DateTime

Terkin Tarihi Tipi: DateTime Yapı kullanım izin tarihi Tipi: DateTime Yapı ruhsat onay tarihi Tipi: DateTime Adres Tipi: TR_Adres Açıklama Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_Parsel Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1
TR_Parsel Öznitelikler TaşınmazID Tipi: Integer ParselTürü Tipi: TR_ParselTürü Parsel kullanım türü Tipi: TR_ParselKullanımTürü PaftaNo Tipi: CharacterString ParselNo Tipi: Integer Alanı Tipi: Area Adresi Tipi: TR_Adres Kayıt tarihi Tipi: DateTime

Terkin tarihi Tipi: DateTime Geometri Tipi: GM_MultiSurface Açıklama Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_KonumsalBirimKümesi Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_KonumsalBirimKümesi Öz nitelikler İsim Tipi: CharacterString AdaNo Tipi: Integer Ada türü Tipi: TR_AdaTürü GeomID Tipi: GM_Polygon ProjeNo Tipi: CharacterString Proje sorumlu kuruluş Tipi: CharacterString Referans noktası Tipi: GM_Point
Açıklama
Ana sınıf: TR_KentselAltyapı Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>>

Çokluk: 0..*
TR_KentselAltyapı Öznitelikler AltyapıID Tipi: CharacterString AltyapıTürü Tipi: TR_AltyapıTürü Durmu Tipi: TR_HariciKentselAltyapı Geometri Tipi: GM_Geometri
Açıklama
Ana sınıf: TR_BağımsızBölüm Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_BağımsızBölüm Öznitelikler TaşınmazID Tipi: Integer BinaTaşınmazID Tipi: Integer ParselTaşınmazID Tipi: Integer MüstakilBölümNo Tipi: CharacterString BulunduğuKatNo Tipi: Integer Arsa payı Tipi: Fraction Resmi alan Tipi: Area Bağımsız bölüm kullanım türü Tipi: TR_BağımsızBölümKullanımTürü

Tipi Tipi: TR_BağımsızBölümTipi Oda sayısı Tipi: Byte Banyo sayısı Tipi: Byte ProjeNo Tipi: CharacterString Proje tarihi Tipi: DateTime Kayıt tarihi Tipi: DateTime Terkin tarihi Tipi: DateTime Açıklama Tipi: CharactetrString
Açıklama
Ana sınıf: TR_Katman Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..1
TR_Katman Öz nitelikler İsim Tipi: CharacterString Kayıt Türü Tipi: TR_KayıtTürü Katman İçerik Türü Tipi: TR_KatmanİçerikTürü Katman Kimlik Tipi: Integer Veri Yapısı Tipi: TR_VeriYapısıTürü

Açıklama
Ana sınıf: TR_KonumsalBirimGereklilikİlişkisi Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_KonumsalBirimGereklilikİlişkisi Öznitelikler İlişki Tipi: ISO19125_Type
Açıklama
Ana sınıf: TR_Eklenti Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_Eklenti Öznitelikler BağımsızBölümTaşınmazID Tipi: Integer KullanımTürü TR_EklentiKullanımTürü EklentiNo Tipi: Integer Hisse Tipi: Fraction Alan Tipi: Area ProjeNo Tipi: Integer ProjeTarihi Tipi: DateTime

TR_KonumsalBirim Paketi Kod Listeleri
TR_OrtakKullanım Türü
Temeller
Ana duvarlar
Kiriş
Kolon
Perde duvarlar
Ortak duvarlar
Tavan
Taban
Avlu
Genel giriş kapıları
Antreler
Merdivenler
Asansörler
Sahanlıklar
Koridorlar
Genel tuvalet ve lavabolar
Kapıcı dairesi veya odaları
Genel çamaşırlık
Çamaşır kurutma yeri
Genel kömürlük
Ortak garajlar
Kalorifer daireleri
Kapalı yuvalar (elektrik, su, havagazı saatleri)
Kuyular
Sarnıçlar
Su depoları
Sığınaklar
Ortak yeraltı şebekesi
Antenler
Sıcak ve soğuk hava tesisleri
Kanalizasyon tesisleri

Çatılar Bacalar Teraslar Yangın emniyet merdivenleri Yağmur olukları
TR_TescilTürü Arazi Arsa Devremülk Endüstri bölgesi Kat irtifakı Kat mülkiyeti Kıyı dolgu alanı Maden ocakları Mezarlık Milli parklar Müşterek alan Orman Sanayi bölgesi Serbest bölge Sit alanı
TR_ParselKullanımTürü Bağ Bahçe İş yeri Kışlak Mera Mesken Tarım arazisi Tarla Yaylak Askeri alan
TR_ParselTürü

İmar parseli Kadastro parseli Kamusal alan Müşterek alan Yeşil alan Askeri alan
TR_KentselAltyapıTürü Köprü Metro Bulvar Meydan Tünel Teleferik hatları İçme ve kullanma suyu Su depoları Yangın söndürme sistemleri Kanalizasyon Bacalar Yağmur suyu kanalları Aydınlatma Trafik sinyalizasyonu Reklam panoları Telekomünikasyon tesisleri Baz istasyonları TV kabloları İnternet kabloları Doğalgaz tesisleri Petrol boru hatları Doğalgaz boru hatları Temiz su boru hatları Duraklar Tramvay hatları Otopark

Eski yeraltı arşıları Yeraltı yolları Sarnıçlar Su iletim kanalları Yeraltı kapalı arşıları Metro ve geçit arşıları Sıınaklar Mağaralar
TR_BağımsızBölümKullanımTürü Daire Mağaza Depo Büro İş yeri Otel Konuk evi Mahzen Dükkan Villa Kamu kurumu
TR_ProjeTürü İmar Uygulaması İrtifaken Kamulaştırma Kamulaştırma Kentsel Dönüşüm Kentsel Yenileme Tesis Kadastro Toplulaştırma Yenile Kadastro
TR_EklentiKullanımTürü Havuz Spor salonu Konferans salonu

Su deposu Kömürlük Depo
TR_BoyutTürü 2B 2.5B 3B
TR_KonumsalBirimTürü Parsel Bina Bağımsız bölüm
TR_KatmanİçerikTürü Bina Hak Karışık Kısıtlama Sorumluluk
TR_KayıtTürü Teknik değişiklik Tesis kadastro Yenileme
TR_VeriYapısı Çizgi Nokta Poligon Topolojik
TR_BinaCinsi Kerpiç Kargir Ahşap Hıms Yarım kargir

Betonarme Çelik Yığma masif Kargas Prefabrik
TR_BağımsızBölümTipi Daire Mağaza Depo Ofis İş yeri Atölye Büro Mahzen Dükkan Villa Devremülk Otel Motel Misafirhane
TR_BinaKullanımTürü Müstakil Apartman Rezidans Köşk Villa Yalı Konak İş yeri Otel Motel Kamp Okul

Müze
Kütüphane
Hastane
Dispanser
Sanatoryum
Revir
Sağlık ocağı
Cami
Cemevi
Kilise
Sinema
Tiyatro
Kulüp
Spor kulübü
Spor kompleksi
Atölye
Fabrika
Anıtlar
Tarihi yapılar
Deniz limanı
Hava limanı
Gar
Terminal
Stadyum
Hipodrom
AVM
Baraj
Su tesviye yapıları

Paketi
Temsil ve Ölçüm alt paketi
Açıklama

Ana sınıf: TR_Nokta

.....

Tipi: Sınıf

Sterotip: <<featureType>>

Çokluk:*

TR_Nokta Öznitelikler

Koordinat Sistemi

Tipi: TR_KoordinatSistemiTürü

Koordinat Tipi

Tipi: Float

Yükseklik Datumu

Tipi: TR_YükseklikDatumuTürü

Yükseklik

Tipi: Float

Nokta Hızları

Tipi: Float

Nokta Derecesi

Tipi: TR_NoktaDerecesiTürü

Pafta

Tipi: CharacterString

Tesis Türü

Tipi: TR_TesisTürü

Köşe Koordinatları

Tipi: Float

Enterpolasyon Türü

Tipi: TR_EnterpolasyonTürü

NoktaID

Tipi: CharacterString

Nokta Tipi

Tipi: TR_NoktaTipiTürü

Üretim Yöntemi

Tipi: TR_ÜretimYöntemiTürü

Tescil Eden Kurum

Tipi: TR_TescilEdenKurum Tesis Tarihi Tipi: DateTime
Açıklama
Ana sınıf: TR_KonumsalKaynak Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1..*
TR_Kaynak Öznitelikler Türü Tipi: TR_KonumsalKaynakTürü Üretim Tarihi Tipi: DateTime Üretim Saati Tipi: DateTime Üreten Kurum Tipi: TR_TesisEdenKurum
Açıklama
Ana sınıf: TR_CepheSınır Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_CepheSınır Öznitelikler TaşınmazID Tipi: Integer Geometri Tipi: GM_MultiSurface Konum Tipi: CharacterString
Açıklama

Ana sınıf: TR_CepheSınırÇizgisi Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_CepheSınırÇizgisi Özellikler TaşınmazID Tipi: Integer Geometri Tipi: GM_MultiCurve Konum Tipi: CharacterString
Açıklama
Ana sınıf: TR_Kaynak Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
TR_Kaynak Özellikler Türü Tipi: TR_KaynakTürü Üretim Tarihi Tipi: DateTime Üretim Saati Tipi: DateTime Üreten Kurum Tipi: TR_TesisEdenKurum
Açıklama
Ana sınıf: TR_Kişi Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>>

Çokluk: 1..*
Açıklama
Ana sınıf: TR_HKS Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
Açıklama
Ana sınıf: TR_Tescilİşlem Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 0..*
Açıklama
Ana sınıf: TR_TescilNesne Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1..*
Açıklama
Ana sınıf: TR_KonumsalBirim Tipi: Sınıf Sterotip: <<featureType>> Çokluk: 1..*
TR_TemsilveÖlçüm AltPaketi Kod Listeleri
TR_EnterpolasyonTürü En Yakın Komşuluk BiLineerKübik Lineer Diğerleri

TR_TesisTürü Pilye Bronz Çivi Üçayak Demir boru Diğerleri
TR_NoktaDereceTürü 1 inci derece 2 inci derece 3 üncü derece 4 üncü derece 5 inci derce A derece B derece C derece
TR_KaynakTürü Tapu Senet İpotek İmar palanı Mimari plan Kontrol noktaları ve röper planı Kontrol noktaları ve kanavalar Açı kenar ve nivelman ölçü çizelgeleri ve çıktıları GPS verileri GPS ölçme kayıt çizelgesi GPS gözlem planı Dengeleme ve hesap sonuçları Koordinat özet çizelge ve çıktıları Ölçü krokileri Detay noktalarına ait ölçü ve koordinat çizelge veya çıktıları

Haritaların aslı veya kopyaları
TR_TesisEdenKurumTürü Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Genel Komutanlığı İller Bankası Genel Müdürlüğü Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Karayolları Genel Müdürlüğü Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı Belediye
TR_KonumsalKaynakTürü GNSS verileri Fotogrametrik yöntem verileri Kontrol noktaları ve röper verileri Kontrol noktaları ve kanavalar Açı kenar ve nivelman ölçü çizelgeleri ve çıktıları GPS verileri GPS ölçme kayıt çizelgesi GPS gözlem planı Dengeleme ve hesap sonuçları Koordinat özet çizelge ve çıktıları Ölçü krokileri Detay noktalarına ait ölçü ve koordinat çizelge veya çıktıları Haritaların aslı veya kopyaları
TR_KoordinatSistemiTürü KULTN: Kullanıcı tanımlı WGS84: World Geodetic System 1984 GRS80: Global Referans System 1980 EUR-M: European Datum 1950 Diğer
TR_YükseklikDatumTürü TG03: Türkiye Jeoidi 03

Hayford Elipsoidi WGS84: World Geodetic System 1984 Diğer
TR_ÜretimYöntemiTürü Yersel kutupsal Yersel prizmatik Fotogrametrik Sayısal Grafik Diğerleri
TR_NoktaTipiTürü Nirengi Poligon Nivelman/RS TUTGA ITRF96/TUDKA99

Makaleler

1. Gürsoy Sürmeneli H. , Alkan M., Koeva M. (2022). Design and implementation of a 4D cadastral legal model for Turkish land administration infrastructure based on LADM. Geocarto International Multi-Disciplinary Journal Of Remote Sensing and GIS. Doi: [10.1080/10106049.2022.2063410](https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2063410)
2. Gürsoy Sürmeneli H. , Koeva M., Alkan M. (2022). The Application Domain Extension (ADE) 4D Cadastral Data Model and Its Application in Turkey. Land, 11(5), 634.
3. Gürsoy Sürmeneli H. , Alkan M. (2021). Towards standardisation of Turkish cadastral system using LADM with 3D cadastre. Survey Review, 53(381), p. 543-558.

Konferans Bildirileri

1. Gürsoy Sürmeneli H. , Alkan M., Koeva M. (2022). Towards Investigation of Integrating LADM, BIM, and CityGML of 3D Condominium Rights for Cadastral Purposes: The Case of Turkish Cadastral System. The 10th Land Administration Domain Model Workshop, FIG, Dubrovnik, Hırvatistan, 31 Mart - 01 Nisan 2022, ss.1-8
2. Gürsoy Sürmeneli H. , Koeva M., Alkan M. (2021). Integration of LADM and CityGML for 3D Cadastre of Turkey. 3D GEOINFO AND 3D CADASTRE, New York, Amerika Birleşik Devletleri, 11 - 14 Ekim, ss.309-323.
3. Gürsoy Sürmeneli H. , Alkan M., Rahman A. A. (2021). A COMPARISON OF TURKEY-MALAYSIA LADM COUNTRY PROFILE FOR 3D CADASTRE PURPOSES. International Conference Geospatial Asia-Europe 2021, Marrakush, Fas, 5 - 06 Ekim, ss.1-7.
4. Gürsoy Sürmeneli H. , Koeva M., Zevenbergen J., Alkan M. (2020). TOWARDS INTEGRATION OF LADM AND CITYGML FOR THE CADASTRAL SYSTEM OF TURKEY. XXIV ISPRS Congress, Nice, Fransa, 31 Ağustos - 02 Eylül, ss.691-968.