T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİJİTAL MİMARİ MİRAS BAĞLAMINDA KORUMA OLASILIKLARI

Merve YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Rölöve ve Restorasyon Programı

Danışman

Doç. Dr. Ceylan İrem GENÇER

Ocak, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİJİTAL MİMARİ MİRAS BAĞLAMINDA KORUMA OLASILIKLARI

Merve YILDIRIM tarafından hazırlanan tez çalışması 31.01.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Rölöve ve Restorasyon Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ceylan İrem GENÇER
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ceylan İrem GENÇER, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Can Şakir BİNAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Sema ALAÇAM, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. C. İrem GENÇER sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Dijital Mimari Miras Bağlamında Koruma Olasılıkları 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.

Merve YILDIRIM

TEŞEKKÜRLER

Heyecanlı, renkli ama bir o kadar da zorlu geçtiğini itiraf edebileceğim araştırma yolculuğumda beni daima destekleyen, rahatlatan ve varlığı hissettiren çekirdek ailemden Sami Yıldırım, Leyla Yıldırım, Rabia Yıldırım ve Eren Yıldırım'a, çalışma arzumu pekiştiren ve beni cesaretlendiren değerli tez danışmanım Doç. Dr. Ceylan İrem Gençer'e, tüm serzenişlerimi dinleyen, duygularımı paylaşan ve benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Cem Göğerçin'e, kişiliğimi ve bakış açımı geliştiren yolumun keşistiği tüm hocalarıma, arkadaşlarıma ve yakınlarıma beni şanslı hissetirdikleri için çok teşekkür ediyorum.

Merve YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER ..... **İV**

KISALTMA LİSTESİ ..... **Vİİ**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **XVİİİ**

TABLO LİSTESİ ..... **XXİİİ**

ABSTRACT ..... **XXVİİ**

1 GİRİŞ **1**

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 4
1.3 Hipotez 6
1.4 Yöntem 7

2 TEKNOLOJİ İLE ORTAYA ÇIKAN TEMEL KAVRAMLAR **9**

2.1 İnsan ve Teknoloji Etkileşimi 9
2.1.1 Yaratıcının Konumu ve Süreçteki Yer Değişimi 11
2.1.2 Web'in İnşası, Genişlemesi ve Anlamlandırılması 17
2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci 20
2.2.1 Dijit, Dijital, Dijitalleşme, Dijitalleştirme ve Dijital Dönüşüm 21
2.2.2 Ontoloji ve Semantik Spektrum 25
2.2.3 Model, Modelleme ve Metodoloji 30
2.2.4 Alan Ontolojisi Tabanlı Bilgi Sistemi Oluşturma 40

3 DİJİTAL MİRAS **50**

3.1 Somut ve Somut Olmayan Kültürel Miras 50
3.2 Dijital Miras 52
3.2.1 Dijital Doğan/Doğuştan Dijital Miras Tanımı 58
3.2.2 Dijitalleştirilen Miras 59
3.2.3 Dijital Miras Türleri ve Çalışma Alanları 61

4 DİJİTAL MİMARİ MİRAS ÇALIŞMA ALANLARI 67

4.1 Dijitalleştirme: Dijital Belgeleme ve Girdi 68
4.1.1 Algılayıcıların ve Girdilerin Sınıflandırılması 71
4.1.2 Gerçeklik Yakalama ve Üç Boyutlu Belgeleme Tekniklerinin Sınıflandırılması 80
4.1.3 Nesne ve Yapı Ölçeğine Göre Tekniğin Belirlenmesi 84

4.2 Görselleştirme ve Etkileşim: Dijital Sunum ve Çıktı 88
4.2.1 Üç Boyutlu Verinin Medyaya Bağlanması 90
4.2.2 Üç Boyutlu Bilgisayar Grafikleri 101
4.2.3 Gerçeklik Oluşturma 106
4.2.4 Mod Etkileşimi 110

4.3 Analiz ve Yorumlama: Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi 117
4.3.1 Coğrafi Bilgi Sistemi 121
4.3.2 Yapı Bilgi Modellemesi 128
4.3.3 Açık Kaynak Kod Kullanımı ve Eklentiler 144
4.3.4 Bilgi Teknolojilerinin Entegrasyonu ve Simülasyon 146

4.4 Politikalar ve Standartlar 155
4.4.1 Dijital Çağ Aktörleri: Dijital Yerliler, Göçmenler ve GKAM 155
4.4.2 Politikalar 156
4.4.3 Standartlar 160

4.5 Dijital Koruma 196
4.5.1 Dijital Koruma ve Web Arşivleme 196
4.5.2 Dijital Küratörlük 199
4.5.3 Müellifin Konumu ve Söz Hakkı 202

5 DİJİTAL MİMARİ MİRAS BAĞLAMINDA KORUMA OLASILIKLARI 208

5.1 Mimari Mirasın Korumasında Aktörler, Yetkili Kurum Yönetmelikleri ve İşleyiş 208
5.2 Bilgi-Belge Edinimi ve Süreç Yönetimi 216
5.3 Uzamsal-Geometrik Çözümleme ve İmalat Tarifleme 228

5.4 Dijital Mimari Mirası Koruma Olasılıkları için İlk Adımlar..... 233
6 SONUÇ VE ÖNERİLER..... 238
KAYNAKÇA..... 240
EKLER..... 287
A- Semantik Web Katmanları..... 287
B- Yapay Zekâ ile Araştırma ve Madencilik Faaliyetleri..... 290
C- Model, Modelleme ve Metodoloji..... 299
a. Ham Veriyi İşleme..... 299
b. Veri Etiketleme ve Şema İşaretleme..... 300
c. Veri Modeli Oluşturma..... 300
d. Veri Modelleme ve Şema Oluşturma Yaklaşımları..... 303
e. Veri / Veri Tabanı Modelleme Teknikleri..... 304
f. Veri Depolama..... 305
D- Nesne ve Yapı Ölçeğine Göre Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri..... 307
a. Nesne Ölçeğinde Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri..... 307
b. Yapı Ölçeğinde Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri..... 313
E- Sultanahmet Cami Ekibi – Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları..... 316
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR..... 320

KISALTMA LİSTESİ

3DIT	3D Interaction Technologies (3B Etkileşim Teknolojileri)
6DOF	6 Degrees of Freedom (6 Serbestlik Derecesi)
AAT	Art & Architecture Theasurus (Sanat ve Mimarlık Tezarusu)
AB	Avrupa Birliği
ACTA	Anti-Counterfeiting Trade Agreement (Sahteciliğe Karşı Ticaret Anlaşması)
ADE	Application Domain Extensions (Uygulama Alanı Uzantıları)
AEC	Architecture, Engineering, Construction (Mimarlık, Mühendislik, İnşaat)
AECO	Architecture, Engineering, Construction and Operation (Mimarlık, Mühendislik, İnşaat ve İşletme)
AENOR	Asociación Española de Normalización
AFNOR	Association Française de Normalisation
AI	Artificial Intelligence, Yapay Zekâ
AIM	Asset Information Management (Varlık Bilgi Yönetimi)
AITF	Art Information Task Force
AKS	Adres Kayıt Sistemi
ANSI	American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
ANN	Articifial Neural Network
AR	Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
ARCH	Architecture (Mimarlık)
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network (İleri Araştırma Projeleri Ajans Ağı)
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu)
AV	Augmented Virtuality (Artırılmış Sanallık)

B	Boyut ve Boyutlu (1B, 2B, 2.5B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9B, 10B)
BEM	Boundry Element Method
BEP-TR	Binalarda Enerji Performansı TR
BCI	Brain-Computer Interface (Beyin-Bilgisayar Arayüzü)
BDS	BeiDou Navigation Satellite System (BeiDou Navigasyon Uydu Sistemi)
BIM	Building Information Modelling (Yapı bilgi Modellemesi)
BOT	Building Ontology Topology (Yapı Ontoloji Topolojisi)
BRE	Building Research Establishment (Yapı Araştırma Kuruluşu)
B-Rep	Boundary Representation (Sınır Temsili)
bSDD	buildingSMART Data Dictionary (buildingSMART Veri Sözlüğü)
BSI	British Standard Institution (Britanya Standartlar Enstitüsü)
CAAD	Computer-Aided Architectural Design (Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CC	Creative Commons
CC0	CC Zero, (CC Sıfır/Hiçbir Hakkı Saklı Değil)
CC-SA	CC- Share Alike (CC-Aynı Lisansla Paylaş)
CC-BY	CC-Atıf
CC-NC	CC-Non Commercial (CC- Ticari Olmayan)
CC-ND	CC-Non Derivative (CC-Türetilemez)
CCO	Cataloging Cultural Objects (Kültürel Nesneleri Kataloglama)
CC-PDM	CC-Public Domain Mark (Kamu Malı)
CCSDS	Consultative Committee for Space Data Systems (Uzay Veri Sistemleri Danışma Komitesi)
CD	Compact Disc
CDBB	Centre for Digital Built Britain
CDE	Common Data Environmet
CDWA	Categories for the Description of Works Art (Sanat Eserlerinin Tanımı için Kategoriler)
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi)

CEN	European Committee for Standardization
CH	Cultural Heritage (Kültürel Miras)
CIC	Construction Industry Council (İnşaat Endüstrisi Konseyi)
CIDOC CRM	ICOM International Committee for Documentation Conceptual Reference Model (ICOM Uluslararası Dokümantasyon Komitesi Kavramsal Referans Modeli)
CNN	Convolutional Neural Network (Evrişimli Sinir Ağları)
CONA	Cultural Objects Name Authority (Kültürel Nesneler Ad Otoritesi)
CPD	Coherent Point Drift
CSDGM	Content Standard for Digital Geospatial Metadata (Dijital Coğrafi Meta Veriler için içerik Standardı)
CSG	Constructive Solid Geometry (Yapıcı Katı Geometri)
CSNI	Czech Standards Institute (Çek Standartlar Enstitüsü)
ÇŞB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DAFF	Digital Archive File Format (Dijital Arşiv Dosya Formatı)
DAVID	DAVID Laser Scanner (DAVID Laser Tarayıcı)
DB	Database
DBEM/UBEM	District or Urban Building Energy Modeling
DC	Dublin Core
DCC	Digital Curation Center (Dijital Kürasyon Merkezi)
DEM	Digital Elevation Model (Dijital Yükseklik Modeli)
DEM	Discrete Element Method
DFM	Digital Feature Model
DIS Group	Distributed & Interactive Systems Group (Dağıtılmış ve Etkileşimli Sistemler Grubu)
DL	Description Logics (Açıklamalı Mantık)
DM	Data Model (Veri Modeli)
DSL	Domain Specific Language
DSM	Digital Surface Model (Dijital Yüzey Modeli)
DSM	Dynamic Simulation Model (Dinamik Simülasyon Modeli)
DT	Digital Twin (Dijital İkiz)
DTA	Digital Twin Aggregate (Dijital İkiz Toplamı)

DTE	Digital Twin Environment (Dijital İkiz Ortamı)
DTI	Dijital Twin Instance (Dijital İkiz Örneği)
DTM	Digital Terrain Model (Dijital Arazi Modeli)
DTP	Dijital Twin Protoype (Dijital İkiz Prototipi)
EBIM	Existing Building Information Modelling (Mevcut Yapı Bilgi Modellemesi)
ECCO	European Confederation of Conservator-Restorers (Avrupa Konservatör-Restoratör Örgütleri Konfederasyonu)
EEM	Eski Eser Modülü
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
ERD	Entity Relationship Diagrams (Varlık İlişki Diyagramları)
EUROPOL	European Police Office (Avrupa Polis Teşkilatı)
EVOS	Entegre Vakıf Otomasyon Sitemi
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, Reusable (Erişilebilir, Birlikte Çalışabilir, Yeniden Kullanılabilir)
FDM	Finite Difference Method
FEM	Finite Element Method
FGDC	Federal Geographic Data Committee (Federal Coğrafi Veri Komitesi)
FISH	Forum on Information Standards in Heritage
FM	Facility Management (Tesis yönetimi)
FNN	Feedforward Neural Networks (İleri Beslemeli Sinir Ağı)
FOAF	The Friend Of A Friend Ontology
FOSS (F/OSS)	Free Open Sourse Software (Ücretsiz Açık Kaynaklı Yazılım)
FSEK	Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu
FSMVÜ	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi
GDL	Geometric Description Language (Geometrik Açıklama Dili)
GeoJSON	Geo JavaScript Object Notation (Coğrafi JavaScript Nesne Gösterimi)
GeoRSS	Geo Rich Site Summary (Coğrafi Veri Zengin Site Özeti)
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information System)
GKAM	Galeri, Kütüphane, Arşiv, Müze
GLAM	Gallery, Library, Archieve, Museum

GLONASS Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)

GML Geography Markup Language (Coğrafya İşaretleme Dili)

GND Gemeinsame Normdatei (Tümleşik Otorite Dosyası)

GNN Graph Neural Network (Grafik Sinir Ağı)

GNSS Global Navigation Satellite Systems (Global Navigasyon Uydu Sistemleri)

GoA Grade of Accuracy (Doğruluk Derecesi)

GoG Grade of Generation (Nesil Derecesi)

GoG Grade of Geometry (Geometri Derecesi)

GoI Grade of İnformation, (Bilgi Derecesi)

GPR Ground Penetrating Radar (Yeraltı Radarı)

GPS Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)

HERs UK Historic Environment Records

HEYS Hukuk Entegre Yazılım Sistemi

HBIM Heritage or Historic Building Information Modelling

HCI Human-Computer Interaction (İnsan-Bilgisayar Etkileşimi)

HDR High Dynamic Range (Yüksek Dinamik Aralık)

HRI Human-Robot Interaction (İnsan Robot Etkileşimi)

HTML Hyper Text Markup Language (Hiper Metin İşaretleme Dili)

HTTP Hyper Text Transfer Protokol (Hiper Metin Transfer Protokolü)

IBM Image-Based Measurement, (İmaj Tabanlı Ölçüm)

IBN/BIN Institut Belge de Normalisation (Belçika Standardizasyon Enstitüsü)

ICIS International Construction Information Society

ICOM International Council of Museums (Uluslararası Müzeler Konseyi)

ICOM-CC ICOM Committee for Conservation (ICOM Konservasyon Komitesi)

ICOMOS ISCS ICOMOS The International Scientific Committees (ICOMOS Uluslararası Bilimsel Komiteler)

ICOMOS International Council on Monuments and Sites (Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi)

IDM Information Delivery Manual

IDS Information Delivery Specification

IEC International Electrotechnical Commission

	(Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IFC	Industry Foundation Classes (Endüstri Temel Sınıfları)
IFD	International Framework for Dictionary (Sözlükler için Uluslararası Çerçeve)
IFLA LRM	IFLA Library Reference Model (IFLA Kütüphane Referans Modeli)
IFLA P&C	International Federation of Library Associations and Institutions – Preservation and Conservation Section (Uluslararası Kütüphane Dernekleri ve Kurumları Federasyonu – Koruma ve Konservasyon Bölümü)
IHO	International Hydrographic Organisation, (Uluslararası Hidrografik Organizasyon)
IIC	International Institute for Conservation (Uluslararası Koruma Enstitüsü)
IIIF	International Image Interoperability Framework, (Uluslararası Görüntü Birlikte Çalışabilirlik Çerçevesi)
IIPC	International Internet Preservation Consortium, (Uluslararası İnternet Koruma Konsorsiyumu)
IR	Infrared
IM	Information Model (Bilgi Modeli)
ING	İngilizce
INTERPOL	The International Criminal Police Organization Organisation Internationale de Police Criminelle (Uluslarası Kriminal Polis Teşkilatı)
IoB	Internet of Buildings (Yapıların İnterneti)
IoT	Internet of Things (Şeylerin/Nesnelerin İnterneti)
IoCT	Internet of Cultural Things (Kültürel Şeylerin/Nesnelerin İnterneti)
ISO	International Organization for Standardization– (Uluslararası Standardizasyon Örgütü)
iBIM	Integrated BIM (Entegre BIM veya bütünleşik BIM)
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
İTÜ BİDB	İstanbul Teknik Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
JSON	JavaScript Object Notation (JavaScript Nesne Gösterimi)
KBAI	Knowledge Based Artificial Intelligence (Bilgiye Dayalı Yapay Zeka)

KBE	Knowledge Based Engineering (Bilgiye Dayalı Mühendislik)
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
KTB	Kültür ve Turizm Bakanlığı
KTVKYK	Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Yüksek Kurulu
KUDEB	Koruma Uygulama Denetim Büroları
KVKBK	Kültür Varlıkları Koruma Bölge Kurulu
KVMGM	Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü
LS3D	Least Square 3D Surface Matching
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Uyarılmış Radyasyon Emisyonuyla Işık Amplifikasyonu
LIDAR	Light Detection and Ranging (Işık Yakalama ve Mesafe Bulma/Kestirme) Laser Imaging Detection and Ranging (Lazer Görüntüleme Algılama ve Mesafe Bulma/Kestirme)
LIDO	Lightweight Information Describing Objects
LoA	Level of Accuracy (Doğruluk Düzeyi)
LoC	Level of Coordination (Koordinasyon Düzeyi)
LoD	Level of Detail, Level of Development (Detay seviyesi, Gelişim seviyesi)
LoG	Level of Geometry (Geometri Seviyesi)
LoI	Level of Information (Bilgi Seviyesi)
LoMD	Level of Model Definition (Modelin Tanım Seviyesi)
MAKS	Mekânsal Adres Kayıt Sistemi
M2M	Machine to Machine (Makineden Makineye)
MemEx	Memory Expansion (Bellek Genişletme)
MEP	Mechanical, Electrical, Plumbing (Mekanik, Elektrik, Sıhhı Tesisat)
MHRS	Merkezi Hekim Randevu Sistemi
MIDAS	A Manual and Data Standard for Monument Inventories
MINnD	Modélisation des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables
MIT	Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)
MSB	Milli Savunma Bakanlığı
MSGSÜ	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

MVP	Multi View Planning (Çoklu Görünüm/Açı Planlama)
MVS	Multi View Stereo (Çoklu Görünüm Stereo)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBV	Next Best View (Sonraki En İyi Görünüm/Açı Planlaması)
NEN	Nederlands Normalisatie Instituut
NFDI	Nationale Forschungs Daten Infrastruktur
NIBS	National Institute of Building Sciences (Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü)
NICP	Non-rigid Iterative Closest Point
NLA	National Library of Australia
NL/SfB	Nederlands/Samarbetskommittén för Byggnadsfragor
NORMAL	NORmalizzazione MAteriali Lapidei
NSF	Norges Standardiseringsforbund
NURBs	Non-Uniform Rational Basis Spline (Tekdüze Olmayan Rasyonel B-Spline)
OAIS	Open Archival Information System (Açık Arşiv Bilgi Sistemi)
OAI-PMH	Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting
ObjectID	Object Identity (Nesne Kimliği)
OCR	Optical Character Recognition (Optik Karakter Tanıma)
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OGC	Açık Jeouzamsal Konsorsiyum (Open Geospatial Consortium)
OrcaM	Orbit Camera System (Orbit Kamera Sistemi)
ORM	OGC Referans Modeli (OGC Reference Model)
OMG	Object Management Group (Nesne Yönetim Grubu)
OWL	Web Ontology Language (Web Ontoloji Dili)
PAS	Publicly Available Specification (Halka Açık Şartname)
PC	Point Cloud (Nokta Bulut)
PCL	Point Cloud Library (Nokta Bulut Kütüphanesi/Kitaplığı)
PIM	Project Information Management (Proje Bilgi Yönetimi)
Po.Ex	Portuguese Experimental Poetry (Portekiz Deneysel Şiiri)
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System (Quasi-Zenith Uydu Sistemi)
RADAR	Radio Detection and Ranging (Radyo Algılama ve Mesafe Bulma/Kestirme)
RDBMS	Relational Database Management System

	(İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemi)
RDF	Resource Description Framework (Kaynak Tanımlama Çerçevesi)
RDFs	RDF Schema (RDF Şeması)
RGB-D	Red, Green, Blue, Depth (Kırmızı, Yeşil, Mavi, Derinlik)
RGM	Range Based Measurement (Menzil veya Değer Aralığı Tabanlı Ölçüm)
RIF	Rule Interchange Format (Kural Değişimi Formatı)
RILEM	International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (Uluslararası İnşaat Malzemeleri, Sistemleri ve Yapıları Laboratuvarları ve Uzmanları Birliği)
RNN	Recurrent Neural Network (Tekrarlayan Sinir Ağı)
RSS	Rich Site Summary (Zengin Site Özeti)
SAC	Sultan Ahmet Camii
SBAS	Satellite-Based Augmentation Systems (Uydu Tabanlı Genişletme Sistemleri)
SEBYS	Sanat Eserleri Bilgi Yönetim Sistemi
SfF	Shape from Focus (Odaktan Gelen Şekil)
SfP	Shape from Photometry (Fotometreden Gelen Şekil)
SfS	Shape from Shading (Gölgelendirmeden Gelen Şekil)
SfSL	Shape from Structured Light (Yapılandırılmış Işıktan Gelen Şekil)
SfT	Shape from Texture (Dokudan Gelen Şekil)
SfV	Shape from Video (Videodan Gelen Şekil)
SKOS	Simple Knowledge Organization System (Basit Bilgi Organizasyon Sistemi)
SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung (İsviçre Standartları Derneği)
SOA-RM	OASIS Service Oriented Architecture Reference Model
SONAR	Sound Navigation and Ranging, (Ses Navigasyonu ve Mesafe Bulma/Kestirme)
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
SQL	Structured Query Language (Yapılandırılmış Sorgu Dili)
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDK	Türk Dil Kurumu
TGM	Thesaurus for Graphic Materials (Grafik Materyeller Tezarusu)

TGN	Thesaurus of Geographic Names (Coğrafi İsim Tezarusu)
TİKA	Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı Başkanlığı
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
ToF	Time of Flight (Uçuş süresi)
TR	Türkçe
TSE	Türk Standartlar Enstitüsü
TÜBA	Türkiye Bilimler Akademisi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UAVT	Ulusal Adres Veri Tabanı
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, İnsansız Hava Aracı
UIA	The International Union of Architects (Uluslararası Mimarlar Birliği)
UK	United Kingdom (Birleşik Krallık)
ULAN	Union List of Artist Names (Sanatçı Adları Birleşik Listesi)
UML	Unified Modelling Language (Birleşik Modelleme Dili)
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organizations
UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione
UNICODE	Universal Code (Evrensel Kod)
URI	Uniform Resource Identifier
US	United States (Birleşik Devletler)
USVS	Ulusal Sağlık Veri Sözlüğü
UV	Ultraviole
UYAP	Ulusal Yargı Ağı Projesi
VAKBİS	Vakıf Kütük Bilgi Sistemi
VE	Virtual Environment (Sanal Ortam)
VGE	Virtual Geographic Environment (Sanal Coğrafi Ortam)
VGM	Vakıflar Genel Müdürlüğü
VGMSYS	Vakıflar Genel Müdürlüğü Sayısal Yönetim Sistemi
VHY	Vakıf Hesapları Yazılımı
VPL	Visual Programming Lab (Görsel Programlama Laboratuvarı)
VR	Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
VTAS	Vakıf Tescil Araştırma Sistemi
VTDS	Vakıf Taşınmaz Değerlendirme Sistemi
VTYS	Vakıf Taşınmazları Yönetim Sistemi

YÖK	Yükseköğretim Kurumu
YTP	Vakıf Kültür Varlıkları Yatırım Programı
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
W3C	World Wide Web Consortium (Dünya Çapında Ağ Konsorsiyumu)
W3C LBD-CG	W3C Linked Building Data Community Group, (W3C Bağlantılı Yapı Veri Topluluğu Grubu)
WARC	Web Archive (Web Arşivi)
WIPO	World Intellectual Property Organization (Dünya Fikrî Mülkiyet Örgütü)
WMS	Web Map Service (Web Harita Hizmeti)
WoD	Web of Data (Veri Ağı)
WWW	World Wide Web (Dünya Çapında Ağ)
XML	Extensible Markup Language (Genişletilebilir İşaretleme Dili)
XR	Extended Reality (Genişletilmiş Gerçeklik)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Jacquard dokuma tezgahı, delikli desen kartları, çalışma mantığı ..12

Şekil 2.2 Multimedia desk (1934), cellula mundaneum (1936) l'univers, l'intelligence, la science, le livre (1934).....13

Şekil 2.3 MemEx, Life Dergisi (1945), Xanadu Projesi'nde öngörülen düzen (1972), Tim Berner-Lee'nin HTML ile hazırladığı ilk web sayfası, CERN (1989) ve bilişim sistemlerinin gelişimi (2022).....16

Şekil 2.4 Web'in gelişimi (Müller, 2008).....17

Şekil 2.5 Bilgi hiyerarşisi (veri-bilgi-kazanılmış bilgi-bilgelik) (Tecim, 2022) (Guerra de Oliveira, Biancardo, & Tibaut, 2022).....24

Şekil 2.6 Lineer ontoloji spektrumu ve semantik spektrum 27

Şekil 2.7 Semantik birlikte çalışabilirlik katmanlarına dayalı iki ajan arasındaki iletişim 30

Şekil 2.8 Semantik birlikte çalışabilirlik katmanları ile ontoloji spektrum katmanları arasındaki bitişik ilişkiler.....30

Şekil 2.9 Verilerin tek bir kaynaktan büyük verilere (big data) doğru büyümesi ve büyümeyle ilişkili hacim, çeşitlilik ve hız (3V) karakterleri 32

Şekil 2.10 Günümüz veri karakterleri (56V) (Abou El Ela, 2020) 32

Şekil 2.11 Büyük veri görselleştirmesi: herhangi bir tür grafik türü (çubuk grafikler, ısı haritaları vb) veya görsel temsil yoluyla büyük veri kümelerinin ifade edilmesi (Jolly, 2017) 32

Şekil 2.12 Enformasyon kullanıcıları ve enformasyon sağlayıcıları arasında RecorDIM'in kuramsal pozisyonu (Sarıcaoğlu, 2021) 34

Şekil 2.13 Bilgi tabanlı sistemler (Bergman, 2014) Sistem kurgusu (Grasic & Podgorelec, 2011) 41

Şekil 2.14 Semantik teknolojiler ve derin öğrenme (Futia & Vetrò, 2020) 41

Şekil 2.15 Bilginin formüle edilmesi 43

Şekil 2.16 Mimari miras yaşam döngüsü (Blundo, ve diğerleri, 2014) 44

Şekil 2.17 CIDOC-CRM 2000 yılından günümüze yayımlanmış versiyonların bulunduğu web sayfası (Versions of the CIDOC CRM, 2022) ve dijitalleştirilmiş belgelerden elde edilen bilginin CIDOC CRM ontolojisine göre ilişkilendirilmesi (CIDOC CRM Tutorial, 2019) ...45

Şekil 2.18 DublinCore standardına göre tanımlanmış bir teknik raporun üstverileri ve Dublin Core'daki üst verilerin CRM'de sınıf ve özelliklere göre haritalanması (CIDOC CRM Tutorial, 2019).....45

Şekil 2.19 IFC'nin 1999'dan itibaren yayımlanan şemaları listesi, IFC 4.3.1.0 versiyonunda yayımlanan alana yönelik spesifik şemaların listesi ve IFC şemasının kısmi gösterimi (buildingSMART, 2022).....47

Şekil 2.20 CityGML Yapı sınıfının (class_building) UML diyagramı.....48

Şekil 2.21 CityGML, ADE ile gürültü, enerji ve diğer modellerin oluşturulması 48

Şekil 2.22 Üç temel sınıf ve sınıf ilişkilerinin gösterimi 49

Şekil 3.1 Avrupa Birliği INCEPTION projesi H-BIM katmanları (INCEPTION, 2018) 56

Şekil 4.1 Dijital dosya biçimlerinin venn diagramı şeklinde gösterimi (Hammond, 2021) 75

Şekil 4.2 Portekiz Deneysel Edebiyatı'nın dijital arşivi (Po.Ex) - özgün ve dijital materyal tema sınıflandırmaları (Portela, 2014) 75

Şekil 4.3 Vektör, raster ve nokta bulut verisi karşılaştırması 79

Şekil 4.4 Dokümantasyona dayalı yaklaşım şeması (Yang X. K., 2016) 88

Şekil 4.5 Gerçeğe dayalı modelleme yaklaşım şeması (Yang X. K., 2016) 89

Şekil 4.6 Sultanahmet Camii kuzeybatı yönünde ve At Meydanı tarafında bulunan kapı yapısının Drone ile çekilmiş fotoğrafları ve 3B modellenmesi 91

Şekil 4.7 Hava fotogrametrisi için örnek çekim açıları (CyArk, 2020) 91

Şekil 4.8 Yapılandırılmış nokta bulut taraması (Cintoo Company, 2022).....91

Şekil 4.9 Rijit serbestlik derecesi (Google Görseller, 2022) 94

Şekil 4.10 Üç boyutlu model oluşturma ve rijit hizalama 94

Şekil 4.11 Başlıca 3B veri türleri ve segmentasyonu (He, ve diğerleri, 2021)..95

Şekil 4.12 Segmentasyon yöntemlerinin gösterimi (Grilli, Menna, & Remondino., 2017) 97

Şekil 4.13 Segmentasyonu gerçekleşmiş ve sınıflandırılmış nokta bulutu örneği ve büyüyen bölge segmentasyon algoritmasıyla nokta bulut segmentasyonu (Grilli, Menna, & Remondino., 2017).....98

Şekil 4.14 Nokta bulutların sınıflandırılması için birleşik yöntem (ArCH dataset, 2020) 100

Şekil 4.15 Modelleme programlarında alt nesnelerin parametreleri.....102

Şekil 4.16 Alt nesnelerden oluşan yüzey görünümleri.....102

Şekil 4.17 Sınır gösterimi (B-Rep) ve yapıcı katı geometri karşılaştırması (Saygi, Turan, & Remondino, 2013) 103

Şekil 4.18 Kütlesel model alt gruplar (Rabbani & Heuvel, 2004) 103

Şekil 4.19 Spline kontrol noktaları (Google Görseller, 2022).....103

Şekil 4.20 BIM entegrasyon ve oryantasyonu için üç boyutlu modelleme programları arasındaki dönüştürme işlemi 104

Şekil 4.21 GoG seviyeleri ve GoG-GoA-GoI BIM oryantasyonu.....105

Şekil 4.22 Otomatik nümerik model oluşturma süreci 106

Şekil 4.23 Çoklu ortam ve sanal gerçeklik tasarım evreleri (Töre, 2010) 107

Şekil 4.24 Daldırma seviyeleri ve gerçek-sanal devamlılığı (Çöltekin, ve diğerleri, 2020) 109

Şekil 4.25 Görselleştirme tasarımlarına göre gerçeklik ve sanal sürekliliğine göre hazırlanmış dalınım spektrumu (Çöltekin, ve diğerleri, 2020).....109

Şekil 4.27 Ogden ve Richards'ın anlamsal üçgeni, 1923 (Özer, 2015) 111

Şekil 4.28 NFDI4Culture'ın çok modlu veri türleri 114

Şekil 4.29 MoVi projesi - vektör olarak sunulan nota çizimleri.....116

Şekil 4.30 MoVi projesi – notaların kod karşılığı 116

Şekil 4.31 Anlamsal olarak zenginleştirilmiş üç boyutlu modelin genel iş akışı diyagramı (Saygi, Turan, & Remondino, 2013) 117

Şekil 4.32 Birleştirici tekniklerle oluşturulan zenginleştirilmiş mimari miras modelleme 120

Şekil 4.33 Uzamsal çözünürlük, spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük (GIS Geography, 2023) 122

Şekil 4.34 Spektral bantlar; multispektral ve hiperspektral görüntü aralığı...122

Şekil 4.35 Ortofoto, yükseklik ve sınıflandırma bilgilerine göre renklendirme 123

Şekil 4.36 DEM, DFM ve DSM arasındaki ayrımın gösterimi.....124

Şekil 4.37 GIS vektör ve raster katmanlar, GIS veri kaynağı ve katman ilişkisi 125

Şekil 4.38 Coğrafi bilgi sistemlerinin yazılım elementleri (Tecim, 2008) 127

Şekil 4.39 Arkeolojik alanda GIS kullanım örneği (ArcGIS, 2022) 128

Şekil 4.40 BIM kategorilerinin hiyerarşisi ve proje yaşam döngüsünde BIM (Matějka & Tomek, 2017) 129

Şekil 4.41 BIM aşamaları: BIM öncesi, nesne tabanlı modelleme, model tabanlı iş birliği, ağ tabanlı entegrasyon, entegre proje teslimi (BIM Framework, 2015).....131

Şekil 4.42 As-built HBIM süreci.....135

Şekil 4.43 Yapı elemanları arasındaki ilişkilerin tanımlanmasıyla üç boyutlu model oluşturma 137

Şekil 4.44 Nokta bulutunun yapılandırılarak BIM nesnesi haline gelmesi (Ceccon & Villa, 2021) 138

Şekil 4.45 Çok katmanlı ve birlikte çalışılabilir bir HBIM ontolojisi.....140

Şekil 4.46 IFC EXPRESS şemasının kısmi gösterimi.....141

Şekil 4.47 ifcOWL ontolojisi - IfcObjectDefinition, IfcObject, IfcTypeObject, IfcPropertySetDefinition, IfcRelDefinesByType ve IfcRelDefinesByProperties 142

Şekil 4.48 Semantik web teknolojilerinin kullanılmasıyla çeşitli şemalar arasında ilişki kurulması.....142

Şekil 4.49 IFC şeması (Revit'teki örneği) ve OWL şeması (Protege'teki örneği) arasındaki yazışma 142

Şekil 4.50 ifcWoD ile veri modelleme – ifcWoD olmadan veri modelleme süreç karşılaştırması (Farias, Roxin, & Nicolle, 2015).....143

Şekil 4.51 FOSS CAD ve FOSS BIM eklenti gelişim konsepti 145

Şekil 4.52 Anlamsal birlikte çalışılabilirlik metodolojisi (Karan, Irizarry, & Haymaker, 2016) 146

Şekil 4.53 BIM-GIS entegrasyon metodolojisi (Di Stefano, 2021) 147

Şekil 4.54 Dijital model, dijital gölge/yansıma ve dijital ikiz model karşılaştırması (Fuller, Fan, Day, & Barlow, 2020) 149

Şekil 4.55 Dijital ikiz (Jones, Snider, Nassehi, Yon, & Hicks, 2020) 150

Şekil 4.56 Gerçek zamanlı çalışan dijital ikiz ağı ve etkileşim katmanları (Kherbache, Maimour, & Rondeau, 2021).....150

Şekil 4.57 HBIM ve dijital ikiz şeması (Jouan & Hallot, 2019).....151

Şekil 4.58 "Açık Kültür, Paylaşılabilir İçerik ve Standartlar" sunumu.....158

Şekil 4.59 Dünya genelinde BIM araştırmaları üzerine çalışan oluşumlar 161

Şekil 4.60 LoD, LoI, LoA, LoG kavramlarının ülkelere göre gelişimi (LOD Planner, 2022) 162

Şekil 4.61 BIM standartlarında tanımlanan olgunluk seviyelerinin karşılaştırılması: PAS 1192 ve ISO 19650 koşulları 163

Şekil 4.62 Birleşik Krallık BIM Olgunluk Seviyeleri, Bew-Richards üçgeni (2008) (Ademci, 2018) 164

Şekil 4.63 BSI 1192 ve ISO19650 standartlarının gelişimi 166

Şekil 4.64 ISO 19650 BIM olgunluk seviyeleri (2018) 167

Şekil 4.65 ISO 19650-1'e göre CDE çeşitlerini, katmanlarını ve standartlarını gösteren BIM olgunluk seviyeleri matrisi.....167

Şekil 4.66 BIM boyutları (ACCA Software, 2019) 169

Şekil 4.67 Göreceli karşılaştırma ile İtalya, İngiltere ve ABD bağlamlarında ayrıntı düzeyi (LOD) ilerlemesi 173

Şekil 4.68 BIM yaşam döngüsündeki farklı model türleri (Banfi, 2016).....174

Şekil 4.69 LoA dereceleri (USIBD, 2016) 177
Şekil 4.70 Mimari miras için HBIM LoG ve LoD önerileri 177
Şekil 4.71 HBIM LoG Seviyeleri (Brumana, Stanga, & Fabrizio, 2022) 178
Şekil 4.72 IFD-IDM-IFC İlişkisi (Annex, 2015) 179
Şekil 4.73 bSDD şeması ve IFC ile ulusal bir yapı elemanları sınıflandırılmasına ait terimlerin haritalanması (buildingSMART, 2022) 180
Şekil 4.74 CityGML tarafından tanımlanan LoD seviyeleri 182
Şekil 4.75 Anıtlarla ilgili çalışan kamu kuruluşları için hazırlanmış NFDI4culture veri yaşam döngüsü modeli (NFDI4Culture Community, 2022) ...202
Şekil 4.76 Creative Commons lisans koşulları ve lisans spektrumu (Creative Commos Türkiye, 2020) 206
Şekil 5.1 Kapı ve pencere boşluklarının desteklenmesi.....211
Şekil 5.2 Dış ve iç duvarda geometrik parametrelerin gösterimi 211
Şekil 5.3 VGM koruma projeleri yönetimi için kapsam, süreç ve paydaş haritalaması 212
Şekil 5.4 Kambek (2021) tarafından koruma projeleri yönetim süreci model önerisi 215
Şekil 5.5 Sultanahmet Camii içerisindeki sismik sensörlerin konumları 219
Şekil 5.6 Yatay: MW 6.8 Ege Denizi depreminin fazı 219
Şekil 5.7 Eski Eser Modülü ekranı (Günel & Dişli, 2015) 223
Şekil 5.8 *Abide* sekmesi içindeki başlıklar.....225
Şekil 5.9 Entegre Vakıf Otomasyon Sistemi'nin kapsadığı bilgi sistemleri ...225
Şekil 5.10 Sultanahmet Camii için yapılan UAVT kod sorgulama sonucu.....226
Şekil 5.11 Getty Enstitüsü Arches Projesi (ARCHES, 2022).....228
Şekil 5.12 Sultanahmet Camii'de bulunan revzen örnekleri (Özcan, 2017) ..230
Şekil 5.13 Yuvarlak dönüşlü tek şerit arasuyu (Birol, 2020) 230
Şekil 5.14 Kubbe geometrisi için örnek kural analizleri.....232
Şekil 5.15 Mimari kurallara göre parametrik modelleme 232
Şekil 5.16 Mimari mirasın ideal dijital ortam standartlarına uygun oluşturulması için gereken temel başlıkların görselleştirilmesi 237

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Endüstri devriminin aşamaları ve anahtar kelimeler.....11

Tablo 2.2 Veri türleri, veri organizasyonu, veri yapıları ve veri modalitesi.....36

Tablo 2.3 Veri depolama, modelleme yaklaşımları ve teknikleri.....39

Tablo 3.1 2003 tarihli UNESCO Dijital Mirası Koruma Sözleşmesi madde özetleri (UNESCO, 2003) 57

Tablo 3.2 2013, 2015 ve 2018 yıllarında gerçekleşen uluslararası dijitalMİRAS kongrelerinde ele alınan başlıklar.....63

Tablo 3.3 2013 ve 2018 uluslararası dijitalMİRAS kongrelerinde tanımlanan dijital miras türleri/temaları ve UNESCO ilişkili çalışmalar 64

Tablo 3.4 2013 dijitalMİRAS Kongresi - dijital miras çalışma alanları 65

Tablo 3.5 2018 dijitalMİRAS Kongresi - dijital miras çalışma alanları 66

Tablo 4.1 Mimari miras için temel bilgilerin gruplandırılması.....70

Tablo 4.2 Algılayıcı özellikleri.....73

Tablo 4.3 Dijital materyallerin özellikleri 76

Tablo 4.4 Üç boyutlu belgeleme teknikleri – gerçeklik yakalama ve uzaktan algılama 82

Tablo 4.5 Nesne ve yapı ölçeğinde kullanılan gerçeklik yakalama teknikleri..83

Tablo 4.6 Üç boyutlu ölçüm ve modelleme projesinin aşamaları.....85

Tablo 4.7 Üç boyutlu ölçüm ve modelleme projesinin tasarım döngüsü 85

Tablo 4.8 Obje büyüklüğüne göre belgeleme tekniği seçimi.....87

Tablo 4.9 İnsan bilgisayar etkileşimi ve insanın duyusal modaliteleri.....113

Tablo 4.10 Yapılara ait veri ve süreç modelleri.....133

Tablo 4.11 Ülkelere göre LoD seviyeleri ve alt seviyeleri 171

Tablo 4.12 Ülkelere göre LoD seviyeleri kapsam karşılaştırması.....172

Tablo 4.13 Seçili örnekler üzerinden nokta bulutların özellikleri 184

Tablo 4.14 Kültürel miras CEN standartları (Böke & İpekoğlu, 2015) 193

Tablo 5.1 Türkiye'de kültürel mirasın korunmasından sorumlu kurumlar, paydaşlar ve mevzuatlar.....209

ÖZET

Dijital Mimari Miras Bağlamında Koruma Olasılıkları

Merve YILDIRIM

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. C. İrem Gençer

Gündelik hayatımızın içine entegre olan temel düzeydeki teknolojiler çevremizi algılamamızda bize yeni farkındalıklar kazandırmaktadır. Dijitalleşme ile iç içe bir yaşam sürsek de kültürel mirası koruma alanında kullanılan teknolojilerin adaptasyon sürecinin görece yeni olarak tanımlamak mümkündür. Kültürel miras unsurları dijital ortamın öznesi olduğunda, dijital ortam uygulamalarının geliştirilmesinde kültürel mirasa ve dijital ortama temas eden uzmanların ortak çalışması gereklidir. Koruma uzmanlarının kültürel varlıkları değerlendirirken teknolojiyi etkin kullanabilmesi için çağdaş teknolojinin kapasitesini ve imkanlarını bilmesi gereklidir. Çünkü her kültür nesnesinin özgün içeriğini değerlendirirken çalışmasını kolaylaştırıp bilgisini zenginleştirecek teknolojileri veri, yazılım, donanım ve bilgisayar bilimcilerini yönlendirerek geliştirebilecek kişi yine koruma uzmanlarıdır. Bu disiplinleri ayrı alan olarak kabul etmek, koruma ilkelerine ve ihtiyaçlarına göre yapılandırılmasını sağlamamak kültürel mirasın dijital ortamda manipüle edilmesine, yanlış yorumlanmasına ve değer atfedilmemiş bilgilerin kaybolmasına sebep olabilir.

Koruma alanında yeni yöntemlerin kullanımı her dönem sorgulanan bir durum olsa da zaman ile sürekli mücadele içinde bulunma durumu koruma uzmanlarını, yenilikleri denemeye yöneltmiştir. Fakat kültürel mirasın fiziksel korunma sorunları konuşulurken kültürel mirasın dijital ortamda korunması ve kalıcılığının sağlanmasına yönelik konular genelde mimari koruma uzmanları için arka planda kalmaktadır. Mimari koruma uzmanları belgelemeyi koruma eyleminin temeli olarak kabul etse de verinin potansiyelini genellikle ortogonal çizimleri ve karar metinlerini zenginleştiren materyaller olarak değerlendirmektedir. Bu tüm ülkeler için geçerli olmasa da Türkiye için böyledir. Oysa ki verinin niteliği, özellikleri ve potansiyeli bilindiği takdirde boyutlar arası etkileşim gerçekleşebilir. Günümüz teknolojisiyle bütünleşik olmayan ve veriyi gündemine almayan koruma eylemleri veri ve bilginin sürdürülebilirliğini de sekteye uğrattığı söylenebilir.

Dijital veri ile uğraşan arşivleme uzmanları dijital korumaya yönelik hızlı bir ilerleme kaydetse de Türkiye'de mimari koruma uzmanlarının konuyu doğrudan hedef alan ve bütüncül bir bakış sunan çalışmaları bulunmamaktadır. Bu alandaki akademik katkıyı artırmak için dijital mirasın çalışma alanı olan mimari mirasın bir ön adım olarak betimlenmesi gerektiği düşünülmüştür. Özellikle UNESCO'nun 2003 yılında yayımlandığı 'Dijital Mirasın Korunması Sözleşmesi'nden yola çıkarak sözleşmeyi zenginleştiren kongre, kongre yayınları, kongre öncesi ve sonrası genel akademik yayınlardaki ilerlemeler derlenmiştir. Tez kapsamında öncelikle teknolojiyle ortaya çıkan kavramlar ve ilişkiler sunulmuş ardından sırasıyla dijital mirasın mevzuatına, farklı disiplinlerin odak noktası olarak mimari mirasın dijital ortama aktarılma ve değerlendirilme adımlarına değinilmiştir. Amaç mimari koruma projeleri için geliştirilen sonuç odaklı yaklaşımların dijital miras bağlamında çerçevesini veri edinim aşamasından kullanıcının erişimine sunacak şekilde genişletmek, temas halinde olunan güncel disiplinleri ve aktörleri tanımlamak, disiplinler arası iletişim için temel düzeyde prosedürler ve standartlara dayalı bir altlık sunmak ve karmaşık mimari koruma projesi süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik adımlar önermektir.

Anahtar Kelimeler: mimari miras, yapılı miras, dijital miras, dijital mimari miras, dijital yapılı miras, HBIM.

ABSTRACT

Possibilities of Preservation in the Context of Digital Built Heritage

Merve YILDIRIM

Department Of Architecture

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. C. İrem Gençer

The basic level technologies integrated into our daily life gives us new awareness to perceive our environment. in our perception of our environment. Although we live a life intertwined with digitalization, it is possible to define the adaptation process of the technologies used in the field of cultural heritage protection as partially new. When cultural heritage assets are the subject of the digital environment, the joint work of experts who have contact with the cultural heritage and the digital environment is necessary in the development of digital media applications. The capacity and possibilities of modern technology should be known for conservation specialists to use technology effectively when evaluating cultural assets. Because the person who can develop technologies that will facilitate the study and enrich the knowledge of data, software, hardware, and computer scientists by directing them while evaluating the original content of each cultural object is also conservation specialists. Accepting these scientific as fields discrete field and not ensuring that they are structured according to the principles and needs of conservation may cause cultural heritage to be manipulated, misinterpreted in the digital environment and the loss of unvalued information.

Although the use of new methods in the field of conservation is questioned every period, the situation of constantly struggling with time has led conservation experts to try innovations. However, while the problems of physical protection of cultural heritage are discussed, the issues related to the protection and permanence of cultural heritage in the digital environment usually remain in the background for architectural conservation experts. Although architectural conservation experts accept documentation as the basis of conservation action, they generally evaluate the potential of data as materials that enrich orthogonal drawings and written decisions. Although this is not true for all countries, it is the case for Turkey. However, if the nature, properties, and potential of the data are known, interdimensional interaction can take place. It can be said that protection actions that are not integrated with today's technology and do not take data into their agenda also disrupt the sustainability of data and information.

Although archiving specialists dealing with digital data are making rapid progress towards digital preservation, there are no studies by architectural preservation specialists in Turkey that directly target the subject and offer a holistic view. In order to increase the academic contribution in this field, it was thought that architectural heritage, which is the field of study of digital heritage, should be described as a preliminary step. In particular, based on the ‘Charter on the Preservation of the Digital Heritage' published by UNESCO in 2003, the congress, congress publications, general academic publications before and after the congress, which enrich the convention, were compiled. Within the scope of the thesis, first, the concepts and relationships arising with technology are presented, then, respectively, the legislation of digital heritage, the steps of transferring architectural heritage to the digital environment and evaluating it as the focus of different disciplines are discussed. The aim is to expand the framework of result-oriented approaches developed for architectural conservation projects in the context of digital heritage in a way that makes them accessible to the user from the stage of data acquisition, to identify the current disciplines and actors with whom we are in contact, to provide a basic level of procedures and standards-

based framework for interdisciplinary communication and to propose steps for improving complex architectural conservation project processes.

Keywords: architectural heritage, built heritage, digital heritage, digital built heritage, digital architectural heritage, HBIM

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Türkiye'de yapılan kaynak araştırmasında dijital mimari miras konusunu bütüncül olarak ele alan bir araştırma bulunmamaktadır. Dijital miras Türkçe kaynaklarda genellikle dijital sanat eseri, bilgi ve belge yönetimi ve hukuk alanında karşılığını bulmaya başlamış; bu alanlara yönelik genel çerçeveler çizilmiştir. Konunun mimari miras ayağı He ve ark. (2017) tarafından "*Digital Heritage: Theory And Innovative Practice"* yazılan makalenin UNESCO öncülüğünde düzenlenen 2013 ve 2015 tarihli dijitalMİRAS kongrelerine referans vermesi ile irdelenmeye başlanmıştır. Ne yazık ki birbirinden ayrık tasarlanan kongre sayfalarının bazıları tamamen erişime kapalı bazıları da sürekli erişime imkân vermemektedir. IEEE[1]'nin (*The Institute of Electrical and Electronics Engineers)* kongre yayıncısı olduğunun tespiti ile araştırma süreci başlayabilmiştir. Kongre yayıncısının sitesinden erişilen 2013, 2015 ve 2018 dijitalMİRAS Uluslarası Kongre yayınlarından sistematik olarak tarama yapılmıştır. UNESCO'nun resmî sitesinde 2013'ten sonraki kongre tanıtımlarına erişilememesi ve UNESCO Türkiye Komitesi'nin dijital mirasa dair bir bilgi yayımlamaması araştırma kapsamındaki en büyük zorluklardandır. Araştırma yapılırken en çok zorlanılan konulardan biri de akademik yayınlarda anahtar kelime tercihlerinin ortak kullanılan kelimelere referans vermemesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin Bölüm 4'te bulunan Yapı Bilgi Modellemesi ile ilgili başlıkta HBIM kısaltmasının bile çok fazla açılımının olduğu ve tam olarak aynı kısaltmayı sağlamayan fakat eş anlamlı (BIM for *built heritage, BIM for architectural heritage, historical building information modelling* vb) kullanılan sözcükler özellikle belirtilmiştir. Bu tezde içeriği genişletilen *dijital* yerine *sayısal* kelimesinin kullanımı da benzer sonuca götürmektedir. Türkçeye

[1] https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp

kazandırılan bazı terimlerin, konunun doğrudan uzmanı olmayan kişiler tarafından üretildiği için çeviri esnasında anlam kaybının oluştuğu düşünülmektedir. Bu durumdan kaçınmak için bu tez kapsamında terminoloji özgün dilindeki haliyle de parantez içinde paylaşılmaya çalışılmış; Türkçe karşılıkları için ilgili disiplinlerin resmi sözlükleri taranmıştır. Türkçe karşılığı bulunmayan terimler özgün dilinde bırakılmıştır.

Araştırma İngilizce yayımlanan dijitalMİRAS kongre metinleri ve metinlerin anahtar kelimeleri üzerinden araştırma; uluslararası mevzuatlar, tanımlar ve standartlar; yan ve çapraz disiplinlerle ilgili terim ve konu taramaları üzerinden genişlemiştir. Türkçe literatüre baktığımızda ise Diğdem Özbağ (2010) ve tez danışmanı Yaşar Tonta dijital mirasın korunması dair sözleşmeyi literatüre kazandırmış ve konuyu arşivleme üzerinden açıklamıştır. Dijitalleştirmenin temel adımlarından biri olan yapay zekâ ile ilgili Kamer (2009) yapay zekanın mantığı tarihsel gelişimi üzerinden aktarmış, Öztürk (2021) yapay zekada arşiv kullanımı üzerine tezlerini sunmuştur. Tigin Töre (2018), mimari mirası sayısal nesne ile ilişkilendirmiş, dijital mirası sayısal miras tamlamasıyla dijital arşiv üzerinden ele almıştır. Mimari miras öznelinde bakıldığında ağırlıklı olarak görselleştirme, sunum (AR, VR vb.) ve tarihi yapı bilgi modelleme (HBIM) yöntemlerine yönelindiği fark edilmiştir. Ağırlıklı olarak mimari tasarım ve mimari tasarımda bilişim programlarında Dijital Teos[2] (Varinlioğlu, 2020) gibi ciddi oyun geliştirme (*serious games*), sanal ortamlar yaratma[3] ve kodlama (Taş, 2019) ile şekil gramerlerin çözümlenmesine yönelik kültürel miras için büyük bir ilgi vardır. HBIM üzerine Tuğba Sarıcaoğlu (2021) restorasyon programında yayımlanan doktora tezinde antik bir kentin yapı bilgi modelini ve mimari tasarımda bilişim programında hazırladığı yüksek lisans tezinde Sümeyye Sena Bastem (2021) literatür taraması sunulmuştur. Restorasyon lisansüstü program eğitimleri ağırlıklı olarak belgeme teknikleri ve restorasyon uygulama teknolojileri üzerine yoğunlaştığından tarihi yapı süreç modelini merkezine alan akademik yayınlar

[2] https://digitalteos.ieu.edu.tr
[3] https://parion.biz/proje/tubitak-projesi/

ağırlıklı olarak mimari tasarım ve mimari tasarımda bilişim alanlarında görselleştirme üzerine verilmektedir. Oysaki Birleşik Krallık, İtalya ve Yunanistan gibi ülkelerin mimari koruma eğitim programları çeşitli iş birlikleriyle yapı öznelinde proje, model ve kodlama dili geliştirdiklerine dair yayınlar sunmaktadır. Uluslararası yayınlarda dijital mimari miras konusu doğrudan veri yapısı, model özellikleri, kodlama dili kısaltmaları, program uzantıları ve onların kısaltmaları üzerinden konuya giriş yapıldığı için yayın takibinde en çok zorlanılan konu kısaltmaların (sFs, MVS, KM vb.) ve kelimelerin (yapılandırmak, *domain* vb.) gerçek anlamını çözmek olmuştur.

Dijital dönüşüm kültürel mirasa veri ve bilgisayar biliminden yansıyan bir konu olduğu için konunun özünü anlamak üzere Microsoft, IBM, MathLab, ArcGIS, imagineIT, W3C, Autodesk gibi şema, program ve yazılım geliştirme firmalarının eğitim amaçlı kurdukları bloglardan; GartnerIT, IEEE gibi teknoloji araştırma kuruluşlarının sözlüklerinden; MIT, Middlesex University gibi üniversitelerin çevrimiçi eğitim videolarından oldukça faydalanılmıştır. Türkiye'den Sakıp Sabancı Müzesi ve Sabancı Üniversitesi Bilgi Merkezi iş birliğiyle kurulan *digitalSSM*[4] projesinin *Digilogue* ile gerçekleştirdiği, "Teknolojik Sanat Eserlerin Korunması" ile ilgili seminer dizisi ve *Digilogue*'un *Summit22* ve *Sónar+D talks* programları ufuk açıcı olmuştur. Paul (2008) ve Avcı Tuğal'ın (2018) eserleri ile Koç Üniversitesi Yayınları'ndan yayımlanan Madžoski (2013), Ayaokur (2014), Groys (2016) ve Lee (2018)'nin eserleri tez içeriğinin oluşturulmasında önemli katkılar sağlamıştır.

Türkiye'de kültürel mirasın dijital ortama aktarılma sürecinde sorumlu aktör, mevzuat ve uygulamalara yönelik literatür taramaları yapılmıştır. Aktör ve mevzuatlarla ilgili bilgiler Coşkun (2012) ve Kambek (2021) tezlerinden; VGM'nin dijitalleştirme sistemlerine bilgilere Dişli ve Günel (2015)'in makalesinden ulaşılmıştır. Hem ulusal hem de uluslararası gerçekleşen bu çalışma ve araştırmaların sahaya yansımasını sorgulamak üzere 2017'den bu yana şantiye ve teknik ofis süreci deneyimlenen Sultanahmet Camii restorasyonunun ana

[4] https://digitalssm.org/

yüklenici şantiye şefi mimar Ömer Faruk Kara, VGM kontrolörü mimar Esin Demirel, mimari proje müellifi mimar Feyhan İnkaya, aydınlatma proje müellifi mimar Hulusi Şahbaz ve 2021 yılına kadar sanat tarihçisi olarak görev alan Melek Ordu Güner ile görüşmeler yapılmıştır. Caminin deprem dinamik tepkisiyle ilgili bilgiler Dönmez (2016)'in tezinden alınmıştır. BIM ve dijital ikiz konularında BIM uzmanı mimar Rabia Yıldırım, endüstriyel terimlerle ilgili makine mühendisi Cem Göğerçin ve dijital ortam işleyişiyle ilgili elektrik-elektronik mühendisi Habib Furkan Arcan'dan yönlendirici bilgiler alınmıştır. Fakat belirtmek gerekir ki terminolojinin çok geniş olması, uygulama sahası ile akademinin örtüşmediği tanımlamalardan ötürü bulanıklıklarının giderilmesi epey vakit almıştır. Konuyu zenginleştirmek üzere İBB, VGM gibi kurumların arşiv ve belgelendirme üzerine çalışan isimleriyle de kişisel olarak görüşülmüş fakat araştırma karşılığını bulmadığı veya kimlik paylaşılması uygun olmadığı için bu bölümde isimlerine yer verilmemiştir.

1.2 Tezin Amacı

Mimari miras fiziksel özelliklerin ötesinde heterojen ve çok katmanlı bilgiler barındırmaktadır. Bu nedenle çeşitli bilgi türlerinin entegre edildiği zengin bir dijital temsile ihtiyaç duyar. Literatürde ağırlıklı olarak yapı bilgi modellemesi üzerinden metodolojiler geliştirilmiştir. Oysa ki koruma eylemlerinin planlanması için metodolojiden öte ontolojinin oluşturulması gereklidir. Ontolojinin oluşturulabilmesi için veri edinim ve bilgiye dönüşüm sürecinin anlaşılmasına ihtiyaç vardır. Geometrik çözümlemeler nokta bulut (imaj ve imaj tabanlı olmayan vb. belgeleme), açık kaynak kodlu yazılım (F/OSS), bilgi modelleme (BIM, GIS vb.) gibi metotların kullanımıyla elde edilebilir. Bu modellerin zenginleştirilmesi için erişim sınırlılığının tanımlanması, heterojen bilgilerin (rapor, fotoğraf, video vb.) modele bağlanması, modellerin gerektiğinde başka modele uyum sağlayacak şekilde dönüştürülmesi veya makine/web dilinde okunabilmesi sağlanabilir. Fakat bu süreç sıralandığı kadar kolay olmayabilir. Dijitalleştirilen belgelerin uyumsuz veri yapısı sunması, aynı varlığı ifade etmek için farklı sözcüklerin kullanılması,

farklı veri modelleme şemalarının tercih edilmesi gibi konular entegrasyonu engelleyen başlıca sorunlardır. Mimari mirasın biricikliği ve ona ilişkilendirilecek bilgilerin çeşitliliği düşünüldüğünde standart bir ontoloji tanımlanamaz ancak mimari mirasa özgü ontolojiler geliştirilebilir.

Kültürel miras için bilginin sürekliliği ve katmanlaşarak zenginleşmesi karar destek mekanizmalarını beslemek için önemlidir. Bu nedenle dijital dönüşümün sağladığı imkanlardan olabildiğince faydalanmak, proje ve kaynaklarını doğru ve etkin bir şekilde yönetmek gereklidir. Örneğin Türkiye gibi kaynakları sınırlı fakat zengin kültürel değerlere sahip ülkeler için kaynak yönetimi büyük önem taşımaktadır. Eş zamanlı proje ve dokümantasyon yönetimi konusunda Türkiye için olumlu bir çerçeve çizilememektedir. Göz önünde olan ve belirli dönem aralıklarla restorasyonu gerçekleşen büyük ölçekli yapıların bile veri kaybından dolayı sıfırdan projelendirme, sıfırdan araştırma yapılması kümülatif ve ilişkili bilgilerin kaybı demektir. Öte yandan mimari mirasın çağdaş tekniklerle projelendirme süreci bilinçli bir kurguyla yapılmadığı sürece teknolojiden tam anlamıyla faydalanıldığı da söylenemez. Girdi ve çıktı nitelikleri bilinmeden yapılan projelendirme süreçleri süreci kolaylaştırmak yerine ciddi zaman ve bütçe kaybına neden olacaktır. Koruma projeleri döngüsel ve dinamik yapısı için doğru ve güncel bilgilere daha sık, planlı ve erişilebilir veri yönetimi kurgusuna ihtiyaç duyar.

Her geçen gün dijital kaynak sayısı artmaktadır, fakat dijital ortamın ömrü fiziksel ortamlara göre kadar daha kısadır. Belirli bir amaç veya süre için oluşturulan dijital materyaller, sergilenme süresini tamamlandığında erişimi kaldırılabilmekte ve teknoloji eskimesine yenik düşmektedir. Dijital ortamda üretiminin gün geçtikçe artması kültürel bellek kurumlarının da zaman içerisinde değişmesine ve çeşitlenmesine; dijital ortam paydaşlarının dijital koruma için politika üretmeleri için farkındalık oluşturmuştur. Fakat bu farkındalığın doğrudan kültürel miras üzerine çalışan her disiplin için tam anlamıyla oluştuğundan bahsedemeyiz. Mimari miras özelinde değerlendirdiğimizde belgeleme koruma eyleminin vazgeçilmez bir girdisini oluştursa da bu girdi genelde ortogonal çizimleri, raporları ve karar mekanizmalarını besleyen materyal olarak karşımıza

çıkmaktadır. Bu farkındalıkların belli alanlarda çeşitlenmesi ve gelişmesi aslında kültürel mirasın dijitalleşme ayaklarının tam anlamıyla oluşmadığının ve disiplinler arası veri iletişimsizliğin de göstergesidir.

Bu tezin temel amacı bilgisayarın, internetin ve webin hayatımıza girmesiyle birlikte ortaya çıkan yeni bakışların 2000'li yıllardan itibaren bir çerçeveye alınma ve tanımlama güdüsüyle ortaya çıkan yaklaşımların bir kesitini sunmak, gündemi yakalamak ve bunların mimari mirası korumak için katkılarını ortaya koymaya çalışmaktır. Mimari mirasın korunmasında dijital mirasın yerini açıklığa kavuşturmak için daha önce bütüncül olarak ele alınmamış adımların ve tanımlanmamış terimlerin Türkçe'ye kazandırılmasını da hedeflemiştir. Mimari miras için üretilen her verinin bilinçli bir şekilde oluşturulması, sürekliliğinin ve güvenirliğinin sağlanması ancak fiziksel varlıklarla birlikte dijital varlıkların ömrünün birlikte düşünülmesiyle gerçekleşebilecektir. Bu bağlamda kültürel varlıkları odağına alan her disiplinin dijitalleşmeye yönelik temel adımları bilmesi ve birlikte süreci yürütmesi gereklidir.

1.3 Hipotez

Gerçek ortamda var olan somut bir miras öğesini dijital ortama aktarmak, günümüz koruma eylemleri arasında yerini almaktadır. 2003 tarihli UNESCO Dijital Mirasın Korunması Sözleşmesi'nde dijital miras; kaynağı ve oluşma biçimine göre, dijital doğan/doğuştan dijital miras ve dijitalleştirilen miras olarak iki grup altında derlenmiştir. Bu miras tanımı, farklı dijital araçlar ile mirasın dijitalleştirilmesi, dijital miras verilerinin işlenmesi ve bu çalışmaların korunması için gerekli donanım/yazılım gibi araçları da kapsamaktadır. 2013 yılında UNESCO tarafından düzenlenen Uluslararası dijitalMİRAS Kongresi'nde mimari miras dijital miras temalarından[5] biri olarak tanıtılmış; dijital teknolojilerin mirasa getirdiği zorlukları/fırsatları kapsayan çalışma alanları belirtilmiştir. Devamında

[5] **3. Dijital Miras** bölümünde açıklanmıştır.

gerçekleşen dijitalMİRAS kongrelerinde de bu üst başlıkları zenginleştirecek ve ilişkilendirecek temalar üzerinde durulmuştur.

Araştırma temelini UNESCO öncülüğünde gerçekleşen kongre yayınlarından alsa da dijital mirasın sözleşme ile tanımlanmasından itibaren mimari miras bağlamında önemli kabul edilen görüş, çalışma ve politikaların hem kongre yayınlarına hem de Türkiye'deki literatüre bütüncül olarak yansımadığı görülmüştür. Bu nedenle tezin kapsamı kongre yayınlarına yansımayan konuları içerecek şekilde genişletilmiştir ve mimari miras bağlamında özelleştirilmiştir.

Tez kapsamında dijital kelimesinin oluşma mantığından yola çıkılarak dijital miras, dijital miras temaları ve dijital miras çalışma alanlarının mimari miras ile ilişkilendirildiği noktalar ön planda tutularak dijital miras bütüncül olarak ele alınmaktadır. Türkiye'de mimari mirasın tanımlanmasına dair süreçleri aktarılmakta ve dijitalleştirilmeye yönelik temel adımlar sunulmaktadır.

1.4 Yöntem

Ortak dijital mirasa mimari koruma ve diğer disiplinlerden bakışı sentezlemek üzere araştırmada ağırlıklı olarak betimleme yöntemi kullanılmıştır. İlk aşamada kültürel varlığın teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeniden ele alınması ve dijital ortamlara göre tanımlanmasından yola çıkarak koruma uzmanları haricinde sisteme dahil olan diğer uzmanların kültür varlığına nasıl baktığı, dönüştürdüğü ve formüle ettiği sorusu üzerinden yapılan temel araştırmaları içermektedir. Günümüz teknolojilerinin belgeleme gibi olumlu yönleri bilinmektedir. Ayrıca gerçek ortamdan dijital ortama aktarılan kültürel varlığın büyük veride yakalanabilir olması üzerine dijital ortamda nasıl meydana gelmesi gerektiği ile ilgili metodoloji sistematize edilmeye çalışılmıştır. Çağın teknolojik uygulamaları, koruma ilkelerine ve korunacak varlığı algılama biçimlerine göre yapılandırılmadığı takdirde kültür mirasını içerik ve form olarak manipüle edilebilir. Bu nedenle gerçek ortamdan dijital ortama geçişlerde, varlık algısının gelişim süreci irdelenerek temas halinde olunan disiplinlerin alanlarına yönelik kaynak araştırması yapılmıştır. Bu aşamanın temel amacı diğer disiplinlerin bakış

açısını, terminolojisini çözmek ve dijital mirasa yönelik okumaları takip edebilecek altyapıyı oluşturmaktır.

İkinci aşamada, kültürel mirasın dijital ortamda sunum öznesi olması ve dijital miras olarak nitelendirilmesine yönelik yasal süreç derlenmiştir. Yasal süreçler için öncelikle uluslararası platformların yayınlarına ve yaklaşımlarına bakılmış, ardından Türkiye'deki bu yaklaşımların hangisinin değerlendirildiğine ve nasıl ele alındığına dair mimari koruma alanında yapılmış yüksek lisans ve doktora tezlerine bakılmıştır. Bu değerlendirme, konunun restorasyon alanında ne kadar gündemde olduğunu belirlemeye yöneliktir.

Üçüncü aşamada mimari miras, dijital miras alt çalışma alanlarının başlıklarını derinleştirmek üzere mimari mirası koruma ve diğer veri ile ilişkili bilimlerin ortak çalışmalarıyla ilgili yapılan literatür taramasının çıktıları sunulmuştur. Elde edilen bilgilerden örnekleyici ve açıklayıcı olanlar seçilmeye çalışılmış, bu sayede kapsamlı dijital mimari miras tanımı yapılmaya çalışılmıştır.

Son aşamada ise, bu bölüme referans soru üretebilmek için 2012'den beri şantiyesi devam eden ve teknik ofis tecrübesi edinilen Sultanahmet Cami'sinin ana yüklenici şantiye şefi, ana yüklenici sanat tarihçisi, mimari proje müellifi, aydınlatma proje müellifi ve VGM kontrolü ile kişisel yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de kültürel mirasın korunmasından sorumlu kurumlarla ilgili hem yasal hem de dijitalleştirme süreçlerine ilişkin de araştırma yapılmıştır. Yapılan kişisel görüşmelerde görüşülen kişilere bir önceki bölümlerde yer alan dijital mimari miras adımları, Türkiye'deki aktörler ve dijitalleşme süreçleri üzerinden sorular yöneltilmiştir. Bu bölümde ayrıca tez yazarının mevzuat, arşiv, restorasyon ve BIM teknolojisi ile ilgili mesleki tecrübelerine dayalı gözlemleri paylaşılmıştır. Araştırma, görüşme ve gözleme dayalı yöntemlerle oluşturulan bu bölümde elde edilen bilgilerden Türkiye'nin mevcut mimari koruma proje süreçleri ve paydaş ilişkileri tanımlanmış; mimari mirasın dijital ortamda korunması için koruma olasılıkları üzerine temel adımlar sıralanmıştır.

2
TEKNOLOJİ İLE ORTAYA ÇIKAN TEMEL KAVRAMLAR

2.1 İnsan ve Teknoloji Etkileşimi

İnsan yaşadığı süre boyunca akıl yoluyla geliştirdiği birtakım düşünce ve uygulamalar ile sanat ve bilimi doğurmuştur. Sanat ve bilim getirdiği olanaklarla birlikte insanın düşünme biçimini, eylemlerini ve edinimlerini etkilemiştir. Sanat, Antik Yunan'da teknolojik bir kurgulanma ve "*technê*" bir eylem olarak kabul görmüştür. (Avcı Tuğal, 2018) Stanford Felsefe Ansiklopedisi'nde kelime olarak *Technê*, zanaat veya sanat olarak çevrilmiş, felsefi anlamda *yapmak* (*making, doing*) eylemine referans gösterilmiştir. Teknoloji ile ilgili ilk temalardan biri, teknolojinin doğadan öğrendiği veya onu taklit ettiği tezidir. İkinci bir tema, doğal şeyler ve yapay nesneler arasında temel bir ontolojik ayrım olduğu tezidir. Aristoteles'in dört neden (maddesel, etken, biçimsel ve ereksel) doktrini, teknoloji felsefesine üçüncü bir erken katkı olarak kabul edilebilir. Dördüncü bir nokta, Platon ve Aristoteles tarafından teknolojik görüntülerin kapsamlı bir şekilde kullanılmasıdır. (Stanford Üniversitesi Felsefe Ansiklopedisi, 2020)

Tekniğin gelişimi ise alet tekniği, makine tekniği ve otomasyon olarak gruplandırılabilir. Alet tekniğinde toplum, tüm çalışma sürecinin ana bileşenidir. Makine tekniğinde ise bir önceki aşamadan insan eliyle yapılan bazı çalışmalar, makineye aktarılır ve makine insanın yerine geçer, insan makineyi kullanan kişi konumunda olur. Otomasyon sürecinde ise insan otomasyon sistemi üreten ve yöneten kısmına geçmiştir. Tüm eylemlerin sonucunda ortaya çıkan otonom cihazlar ile insanın kurgulayıcı, üretici ve denetleyici konumu iletişimini internet üzerinde yapabilen ve karar verme yetkisine sahip yapay zekâlara devredilmektedir. Endüstrileşmedeki dönüşüm, insanın sosyal yaşamdaki konumunu da etkilemiştir. İlk üç endüstri devrimi üretime buhar, elektrik ve

bilgisayar teknolojisinin katılmasıyla gerçekleşmiştir. Dördüncü aşama ise dijital teknolojiler ile sanayinin bütünleşme stratejisi olarak tanımlanmaktadır.

Joseph Marie Jacquard tarafından geliştirilen örme tezgâhı, üretimde otomatikleşme ve endüstrileşmeye doğru atılan ilk önemli adımlardandır (Avcı Tuğal, 2018) Endüstri 1.0 (18. yy-19. yy) olarak kabul edilen aşama devrimi James Watt'ın buhar gücü keşfetmesiyle 1750-1760 yıllarında İngiltere başlamış; etkisi 19. yüzyıl ortalarına kadar sürmüştür. Endüstri 2.0 (19.yy-20.yy) aşaması ise telgrafın bulunması, elektriğin fabrika üretimlerinde kullanılması, kömür yerine petrolün tercih edilmesi, demir ve çelik kullanılması, seri üretim ve montaj hatları vb. insan hayatına ve üretimine girmesidir. Henry Ford'un yarattığı seri üretim hattı, insanın hareketliliği minimalize ederek zamandan kazanç sağlamış ve hızlı üretimi sağlamıştır. Michael Faraday tarafından kurulan elektromekanik sistemler devreye girerek üretime hız kazandırmıştır. İnsan fiziksel olarak bir makine sisteminin parçası haline gelmiştir. Endüstri 3.0 (20.yy-halen) dönemi, 1950 bilgisayar sistemlerinin oluşum aşamalarının başladığı tarih olarak kabul edilmektedir. Elektronikleşme ve dijitalleşme dönemini kapsar. İnsanın özel yaşam alanın da makineleşmesi olarak ele alınabilir. Yaşanan endüstrileşme ile ortaya çıkan karmaşık organizasyonlu yapıların kontrolü, yaşanan savaşlar elektronik ve haberleşme sistemlerinin gelişimini sağlamıştır. Endüstri 4.0 (21.yy-halen) kavramı, ilk defa 2011 yılında Almanya'daki Hannover Endüstri Fuarı'nda kullanılmıştır. Kavram makinelerin insan gücüne ve müdahalesine ihtiyaç duymadan üretim yapabilme yeteneğini, kapasite kontrolü için gerekli yapılanmayı, robotik ve sibernetik oluşumları kapsamaktadır. Bu kapsamda yapılan stratejik planlar, dünya üzerindeki bütün cihazların şeylerin/nesnelerin interneti (IoT) üzerinden gerçekleşecek iletişim ve etkileşim üzerinedir. Donanımsal ve yazılımsal sorunlar, ilk zamanlar insanlar tarafından çözümlense de sonrasında teknolojinin kendi kendini onarması öngörülmektedir. (Pfeiffer, 2017) (Bauer, Bender, Braun, Rally, & Scholtz, 2016) (Türkel & Yeşilkuş, 2020)

Tablo 2.1 Endüstri devriminin aşamaları ve anahtar kelimeler (Pfeiffer, 2017)

Endüstri 1.0	**Endüstri 2.0**	**Endüstri 3.0**	**Endüstri 4.0**
18.yy-19.yy	19.yy-20.yy	20. yy-halen	21. yy-halen
Mekanik üretim	Elektrik ve iş bölümüne dayalı seri üretim	Üretim süreçlerinin otomasyonu	İnternet, otonom makineler ve sanal ortam
Mekanikleşme	Elektrifikasyon	Otomasyon Elektronik ve haberleşme	Dijitalleşme Siber fiziksel sistem

2.1.1 Yaratıcının Konumu ve Süreçteki Yer Değişimi

21. yüzyılda oluşturulan tüm yapılanma, 20. yüzyılın öncü teknolojisi olan elektronik teknolojisi aracılığıyla geliştirilen sistemlerin oluşturduğu ortam üzerinde meydana gelmektedir. Bilgisayar sistemleri de elektronik teknolojisi içinde doğmuş ve 20. yüzyıl ikinci yarısında itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu sistem ve teknolojiler insan-teknoloji ilişkisinde yeni bağlantılar kurarak insan zekâsı, algısı ve hafızasının dijitalleşmesi konularını ön plana çıkarmıştır. (Avcı Tuğal, 2018) Tarih boyunca insanlar tarafından sorgulanan ve araştırılan her konu geliştirilen her makine, matematiksel bir dil ve düşünce yoluyla sistemleştirilmeye çalışılmıştır. Bu sistemsel gelişimi anlamak için bir hesaplama makinesi olan bilgisayarın doğuşu ve temel kavramlarından bahsetmek mantıklı olacaktır.

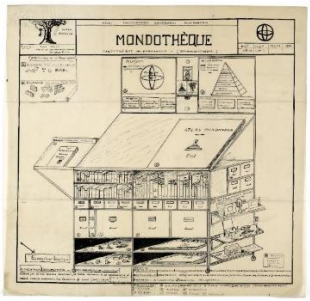
1801 yılında Joseph Marie Jacquard dokuma tezgahında elle yapılan işlemi makine diline dökerek, karmaşık desenlerin dokuma şeklini basitleştirmiştir. Mekanizma, birbirine bağlanmış binlerce delikli kartın sistemli kullanımını içermektedir. Bu delikli kartlardaki her bir delik sırası, bir tekstil deseninin bir sırasına karşılık gelmektedir. Geleneksel Çin/Türk dokuma tezgahlarında çözgü tellerini kaldırmak ve aralarından iplikleri geçirmek için tezgâhın etrafında çeşitli yardımcılar bulunması gerekmekteydi. Jacquard dokuma tezgahlarında, bu süreç

mekanikleştirilmiştir. Bu değişiklik, dokumacının yardımsız, neredeyse sınırsız boyut ve karmaşıklıkta desenlere sahip kumaşlar üretmesine izin vererek sadece dokuma sürecine daha fazla verimlilik getirmekle kalmamış; aynı zamanda bilgisayar teknolojisinin gelecekteki gelişimini de etkilemiştir. (Koleksiyon: Jacquard loom)



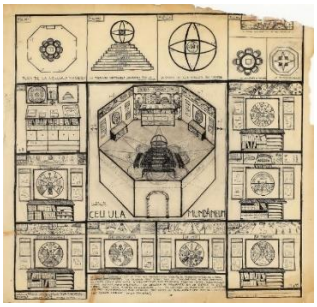
Şekil 2.1 Jacquard dokuma tezgahı, delikli desen kartları, çalışma mantığı (Koleksiyon: Jacquard loom)

1822 yılında programlanma fikrini ortaya atan Charles Babbage, bir proto-bilgisayar bilimcisi olarak mekanik olarak çalışan bir hesap makinesi geliştirmiştir. Tasarladığı hesap makinesi insan hatalarını en aza indirmeyi amaçlamıştır. Paul Otlet 1930'lu yıllarda, araştırmacıların hareketli bir masa etrafında veri tabanına kolaylıkla ulaşabilecekleri, belgeler arası kolaylıkla erişim sağlayabilecekleri ve Evrensel Kitap - Evrensel Bilgi'ye ulaşabileceklerini öngörmüştür. Günümüzde kullandığımız internet ağı, Otlet'in tasarlamaya çalıştığı ağ şeklinde bağlantıyla kurgulanmış çok ortamlı çalışma masasına (*multimedia desk*) oldukça benzer şekilde tasarlanmıştır. (Van Acker, 2012) (Giriş: Mondotheque)

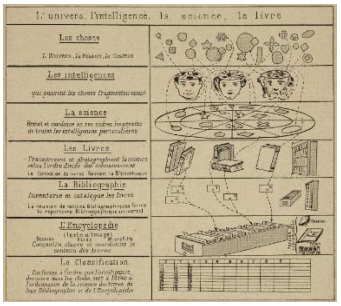


Multimedia Desk (1934)

(Giriş: Mondotheque)



Cellula Mundaneum (1936)
(Giriş: Mondotheque)



L'univers, l'intelligence, la science, le livre (1934)

(L'univers, l'intelligence, la science, le livre)

Şekil 2.2 Multimedia desk (1934), cellula mundaneum (1936) l'univers, l'intelligence, la science, le livre (1934)

Modern belgeleme ve indeksleme tekniklerinin babası Paul Otlet (1868-1944) ile Henri La Fontaine (1854-1943) isimli iki Belçikalı hukukçu tarafından tasarlanan *Mundaneum*, ağ tabanlı bilimin öncüsü olarak kabul edilmektedir. *Mundaneum*, dünyadaki tüm bilgileri bir araya getirmeyi ve Evrensel Ondalık Sınıflandırma (*Universal Decimal Classification, UDC*) adı verilen bir sisteme göre sınıflandırmayı amaçlayan bir kurumdur. (Mundaneum, 2022)

II. Dünya Savaşı (1939-1945) sırasında Alman Hükümeti'nin kırılamaz denilen Enigma şifreleri Britanyalı Alan Turing'in geliştirdiği Bombe adlı makine ile kırılmıştır. Makine temel olarak şifreli metinden bir parça almakta ve Enigma'nın çark ve dağıtım tablosunun kombinasyonlarından geçirerek ayrıntılı çeşitli çelişkiler üretmekte ve daha az olası kombinasyonları kendi kendine elemekteydi. (Boyle, 2014) Böylece günümüzde adını sıkça duyduğumuz yapay zekâ teknolojisi, ilk kez Alan Turing tarafından makine zekâsı kavramı ile gündeme gelmiştir. Turing, 1950 yılında makinelerin insana eşdeğer düşünme ve davranış sergileme durumunu ölçmek amacıyla Turing Testi'ni yaratmıştır. (Ersöz, 2020) (Campbell-Kelly, 1997)

Vannear Bush, 1945 yılında hayata geçirilmesini umduğu aritmetik hesaplama ve yazma işlemi yapabilen Memex (*Memory Extender*) adlı teorik cihazın planlarını ana hatlarıyla *"As We May Think"* adlı makalesinde *Life* dergisinde yayımlanmıştır. Memex cihazı, kullanıcılarının, günümüz Web'inin üstün köprü (*hyperlink)*

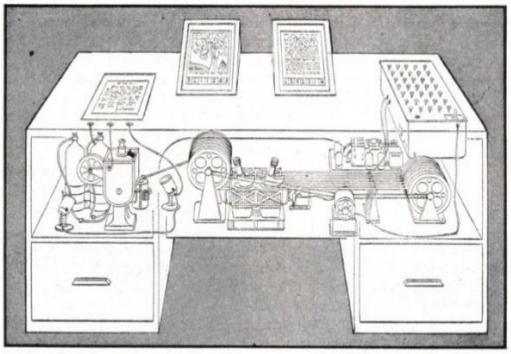
yapısını öngören bir bağlantılar ve birleştirici yollar ağı aracılığıyla birbirine bağlanan, mikrofilm üzerinde depolanan çok sayıda belgeyi taramasını sağlayan üstün metin (*hypertext*) benzeri bir cihazdır. (Georgetown Üniversitesi Blog, 2015)

1946 yılında askeri amaçlı hesaplar yapmak için ENIAC (*Electronic Numerial Integrator and Computer*) adını verdikleri ana bilgisayar icat edilmiştir. 1950'lilerde ana bilgisayarlar (*mainframe computer*) programlanmış kurallara göre birleştirilmiş işaretleri metin olarak gösterebilmiştir. ARPANET, 1969-1990 yılları arasında ABD genelinde kabul gören ilk geniş alan ağıdır. (Kutup, 2010)

1960'lı yıllarda ekran üzerinde görsel işaretler grafik konfigürasyonlar çizimler oluşturmaya başlanmıştır. Bir hesaplama sonucu ortaya çıkan görüntüler, plotter aracılığıyla basılmıştır. Xanadu[6] Projesi, Theodor (Ted) Nelson, yazma/okuma metinlerini, görüntülerini, sesleri elektronik ağ yapısı üzerinden paylaşıma açmanın mümkün olduğu *hypertext* yapılarına dönüştürmüştür. Douglas Engelbart, Otlet'in düşünmüş olduğu fikri geliştirerek 1967 yılında fare (*mouse*) ve klavye tanıtımı yapılmıştır. Böylece ekran üzerinde ilk kontrollü temas gerçekleşmiştir. 1975-1976 yıllarında Utah Çaydanlığı (*Utah teapot*) ile ilk kez üç boyutlu nesne tasarımı yapılmıştır. Bu çalışma mühendislik süreçlerinin modellenmesinde ön ayak olmuştur. 1980'lerde CAD (*computer aided design*) ve kişisel bilgisayarlar gündeme gelmiştir. Bilgisayar üzerinde yaratılan görüntü yapıları, bilgisayar grafiği olarak adlandırılır. 1980'li yıllarda dijitalleşme başlamış; 1990'lı yıllarda ise gerçek anlamda bir dönüm noktası olmuş *World Wide Web* ortaya çıkmıştır. Avrupa Nükleer Araştırmalar Örgütü'nde (CERN) internete yönelik ilk çalışmalar yürütülmüştür. CERN'ün ilk bilgisayar bilimcisi olan Tim Berners-Lee, 1989 yılında özel bir metin işaretleme dili olan HTML (*Hyper Text Markup Language*) etiket dilini geliştirerek ilk web sayfasını tasarlamıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde CERN'de yapılan ilk çalışmalar sonucu dünya genelinde bir standartlaşmaya gidilmiş ve TCP/IP protokolleri sayesinde bilgisayarlar arası iletişimin sağlanması sağlanmıştır. Ted Nelson, *Xanadu* projesi ile 1960 yıllarda

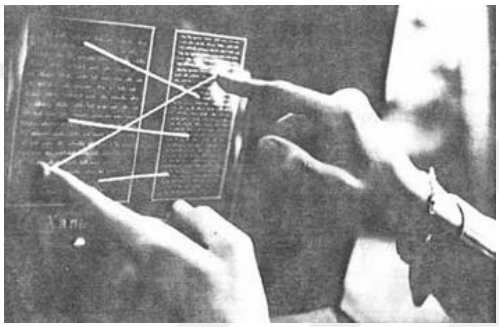
[6] https://xanadu.com/index.html

yazılım dilini geliştirmeye başlasa da gelişimini tamamlayamamış, web HTML (*Hyper Text Markup Language)* kodları üzerinden genişlemiştir. (Avcı Tuğal, 2018) (Campbell-Kelly, 1997). Fakat günümüzde web, birebir aynısı olmasa da Xanadu Projesi'nde ön görülen bütüncül vizyona ve derin sisteme (bağlantılı veri, doküman birleştirme, telif hakkı vb) dönüşmektedir. (Xanadu Projesi, 2007) (Xanadu Projesi, 2014)



Memex, Life Dergisi, 1945

(Monoskop, 2022)

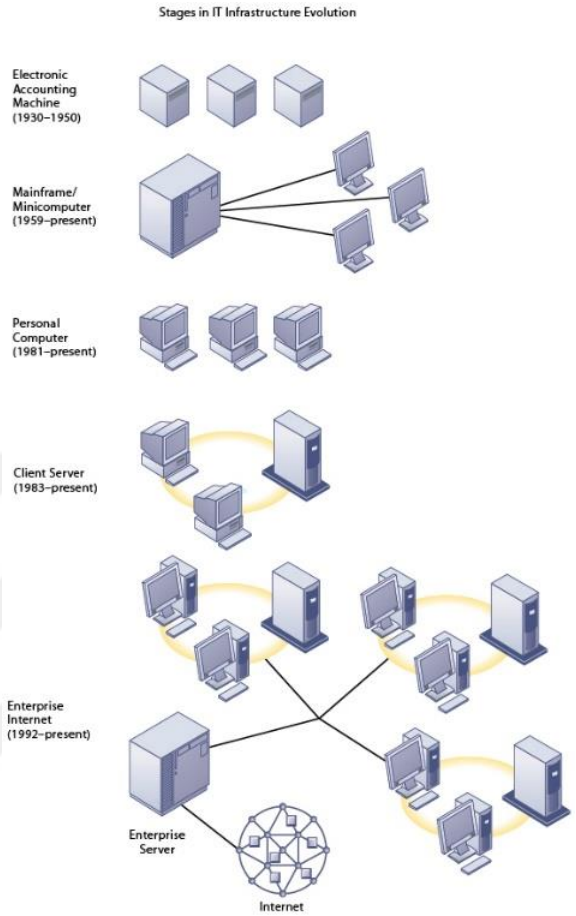


Xanadu Projesi'nde öngörülen düzen 1972

(Xanadu Projesi, 2014)



Tim Berner-Lee'nin HTML ile hazırladığı ilk web sayfası. CERN, 1989 (CERN, 2022)



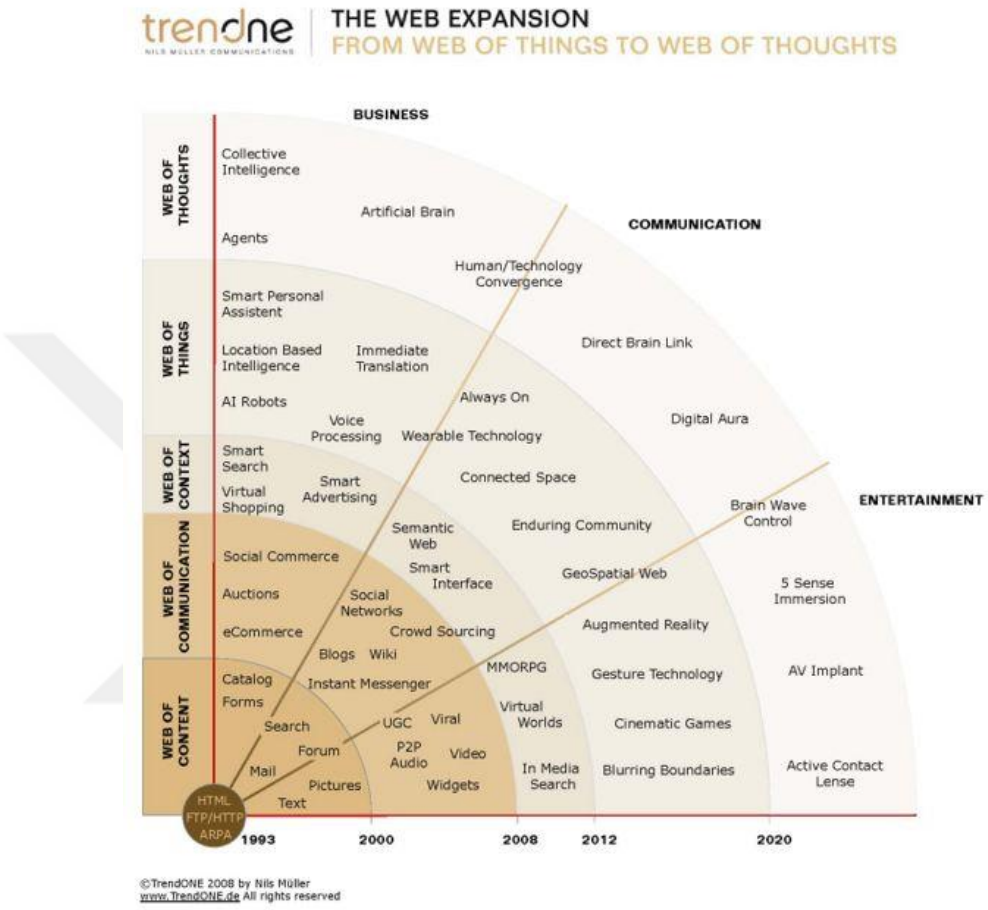
Bilişim Sistemlerinin Gelişimi

(Paginas Websitesi, 2022)

Şekil 2.3 MemEx, Life Dergisi (1945), Xanadu Projesi'nde öngörülen düzen (1972), Tim Berner-Lee'nin HTML ile hazırladığı ilk web sayfası, CERN (1989) ve bilişim sistemlerinin gelişimi (2022)

2.1.2 Web'in İnşası, Genişlemesi ve Anlamlandırılması

Üretim alanına etki eden internet[7] kavramı da günümüzde kapsam, gelişim ve etkileşim seviyelerine göre farklı başlıklarda gruplandırılmaktadır: **web 1.0, web 2.0, web 3.0, web 4.0 ve Web 5.0.**



Şekil 2.4 Web'in gelişimi (Müller, 2008)

Belgeler ağı (*web of documents*) veya içerik ağı (*web of content*) olarak adlandırılan Web 1.0, internetin yalnızca durağan içerikten HTML (*Hyper Text Markup Language*) sayfalarının köprüler aracılığıyla bağlandığı internetin ilk aşamasını ifade etmektedir. Bu aşamada kullanıcılar pasiftir ve internette bulunan içeriklerle etkileşimde bulunamamaktadır. Web, web sitesini yayınlayan ve bilgileri

[7] İnternet dünyadaki tüm cihazları, yönlendiricileri ve sunucuları birbirine bağlayan teknolojik iletişim altyapısıdır. Web de bu altyapı üzerinde çalışan bir sistemdir. İnternet hizmeti, ülkeler arası hem karasal hem de okyanus altından çeşitli fiziksel kablolar aracılığıyla gerçekleşir. (Sualtı Kablo Haritası, tarih yok)

okuyandan ibarettir. Durağan ağ/statik web (*static web)* olarak da adlandırılmaktadır.

Web 2.0, etkileşim ve iletişim ağıdır (*web of communication*). İnsanların interneti (*Internet of Humans*, IoH) olarak adlandırılan bu ikinci aşama 2000-2010 yılları arasında ortaya çıkmış; bilgisayar endüstrisi daha fazla kullanıcıyı, ağın sunduğu alanları kullanarak etkileşimli hale getirmiştir. (Melcherts, 2017) Kullanıcı pasif durumdan çıkarak merkezde konumlanmış ve etkileşimli web siteleri sayesinde kullanıcılar arasında geri bildirim sağlanmıştır. Bu nedenle yüksek etkileşimli okuma-yazma ağı olarak da bilinmektedir. XML (*EXtensible Markup Language*) etiket dili[8] kullanılarak web veri tabanlarından alınan izinlerle bilgi akışı gerçekleşmektedir.

Web 3.0 veri ağı (*web of data*), bağlam/içerik ağı (*web of context/content*) ya da anlamsal ağ/semantik ağ/semantik ağ (*semantic web*) olarak da adladırılan bu aşama, 2010 yılından başlayıp günümüze kadar olan süreyi kapsamaktadır. Web 3.0, kullanıcıların içeriği arama yöntemi ve görüntüleme şeklini düzenlemeyi amaçlamaktadır. Entegrasyon ağı olarak da adlandırılan bu gelişmiş teknolojide, veri (*data*) ve üst verilerin (*meta data*) anlamlı ve ontolojik kurguyla ilişkilendirilmesi hedeflemiştir. Web 3.0 için geliştirilen ve semantik ağın temeli olan OWL (*Web Ontology Language*) dili, veriler arası ilişki kurulumu için bir yenilik sağlamıştır. Veri ağını büyük miktardaki veri, semantik web teknolojileriyle (*RDF, OWL, SKOS, SPARQL*, vb) erişilebilmesini ve yönetilebilmesini sağlamaktadır. Sadece veri kümeleri değil veriler arası ilişkiler de kullanılabilir hale gelmelidir. Web ortamında birbiriyle ilişkili veri kümeleri bağlantılı veriler olarak adlandırılmaktadır. (Hogan, 2020)

Web 4.0, gelişmekte olan bir internet aşaması olduğu için tanımı henüz net olarak yapılamamaktadır. Fakat genel olarak nesnelerin interneti olarak anılmaktadır. Web 3.0 aşamasındaki ilerlemeler, Web 4.0'ın web içeriğini okurken akıllı

[8] Web 1.0'de sözü edilen HTML veriyi/içeriği görüntülemek, Web 2.0'da bahsedilen XML veriyi/içeriğin yapısını tanımlamak, saklamak ve transfer etmek içindir denilebilir. Web 3.0 dili için üretilen OWL, belgeden öte veriler arasındaki ontolojik ilişki kuran bir dildir.

davranacağı ve mantıklı ara yüz önerileriyle karar vermeyi kolaylaştıracağı öngörülmektedir. Bu aşamada makineler ile insanların karşılıklı yararlanacağı ve etkileşimde olacağı bir internet yapısından bahsedilmektedir. Web 4.0 büyük veri, makineler arası iletişim (*machine 2 machine*, M2M[9]), yapay zekâ (*artificial intelligence, AI*), bulut bilişim (*Cloud Computing*), artırılmış gerçeklik (*augumented reality, AR*), akıllı ajanlar (*Intelligent Agents*), Nesnelerin İnterneti/Şeylerin İnterneti (*Internet of Things, IoT)* teknolojilerinin entegrasyonunun yanı sıra tüm web nesillerinin bir araya gelebileceği bir teknolojiyi ifade etmektedir. İlk kez 2011 yılında Almanya'da tanımlanan Endüstri 4.0 teknolojisi Web 4.0 ile ilişkilendirilmiş; akıllı fabrikalardaki etkileşimin Nesnelerin İnterneti ile gerçekleştirileceği düşünülmüştür. Sistemler yapay zekâya sahip özelleştirilmiş ajanlar ile makine-makine ve makine-insan etkileşimindeki bulut teknolojileri sayesinde yönetilebilecektir. Akıllı web ortamlarının kurulması ve yapay zekâ teknolojisinin kullanılmasıyla büyük veri analizleri, web madenciliği ve medya arkeolojisi de kolaylaşacaktır. (Ersöz, 2020)

Web 5.0 (*web of thoughts*) teknolojisi kendinden önceki teknolojileri güncellemesi ve insanlara özgü özellikleri (duygusal düşünme vb.) gerçekleştirmeyi başaran makinelerin var olacağı öngörülmektedir. Bu insan-makine etkileşiminden ortaya çıkacak insan replikalarının (*android, gynoid, humanoid robot, femoid, cyborg* vb.) yapay zekâ teknolojileri ile nasıl kendilerini geliştirilip kaynaştırabilecekleri konusunda perspektifler sunmaktadır.

Nesnelerin İnterneti kavramı kültürel miras alanında akıllı nesne, sensör, uygulama, veri modelleme gibi çeşitli teknolojileri statik mekanlarda birleştiren **Kültürel Nesnelerin İnterneti** (*Internet of Cultural Things, IoCT*) ismiyle anılan yeni bir kavramdır. Dünya çapında gelişmekte olan bir disiplindir amaç kültürel miras alanlarını **Akıllı Kültürel Miras Ortamları**na (*smart cultural environment*) dönüştürmektir. (Chianese, Piccialli, & Jung, 2016) Nesnelerin ve düşüncelerin interneti, semantik web aşamasında şekillenmeye başladığı için

[9] Machine 2 Machine (M2M): Makineden Makineye

semantik web teknolojileri hakkında bir sonraki başlıkta daha detaylı bilgiler verilecektir.

2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci

Kültürel miras alanının dijitalleşme mantığını anlamak için temelde bilgi teorisini ve bilgi piramidini anlamak gerekmektedir. Piramidin ilk girdisi olan veri, tarama ve yakalama (scanning ve capturing) yöntemleriyle elde edilir. Yalnız başına anlam ifade etmeyen veri, ilişkili olan diğer veriler (sayı, sembol, sinyal, kelime vb.) ile bir araya gerek bir anlam kazanmakta ve bilgiye (enformasyona) dönüşmektedir. Anlam kazanan bilgi, kişi tarafından özümsendiğinde kazanılmış bilgi olur ve bilgi dağarcığında kullanılabilir hale gelir. Yeterince öğrenilmiş ve tecrübe edilmiş bilgi, problemleri çözmek üzere hayata geçirildiğinde bilgelik aşamasına gelmiştir. Kurumların sahip olduğu analog veriyi bilgisayarların algılayabileceği dijital veriye dönüştürmesi dijitalleştirmenin temelini oluşturmaktadır. Verilerin bilgiye dönüştürülmesi bilgisayar teknolojileri ile sağlanabilir fakat bilginin kazanılmış bilgi ve bilgelik seviyesi erişmesi için insan/uzman etkileşimi gereklidir. Teknoloji henüz karar verebilecek düzeyde muhakeme yeteneğine sahiptir.

Kültürel miras ile ilgili materyallerin ve bilginin dijitalleşmesi ile ilgili mevcut uygulamalar genişlemekte, miras bilgisi edinmek ve paylaşmakla ilgilenen kişi ve kuruluşların sayısında artış yaşanmaktadır. Ancak dijitalleşme sürecinde örtük bilginin kazanılmış açık bilgiye dönüştürülmesi bilgi sağlayıcıları ve kullanıcıları arasındaki etkileşim ile gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle bilgi kullanıcılarının başlangıç düzeyinde verinin elde edilmesi, ilişkilendirilmesi, dönüştürülmesi gibi konularda bilgi sahibi olması gereklidir. Böylece karar destek mekanizmalarını teknolojik imkanların kapasitesiyle besleyen bir proje yönetimi kurgulanabilir. Bu kurgu kazanılmış bilgiye dayalı (*knowledge-based*) model/ontolojileri temel almalı, makine/bilgisayar dilinde okunabilmeli, bağlantılı veri (*linked data*) ile zenginleştirilmeli ve birlikte çalışabilir olmalıdır.

Bu bölümde dijital kelimesinden yola çıkarak dijital ortamda bilginin formüle edilmesi ve dijital mimari mirasın oluşturulmasına temel oluşturan kavramlara yer verilmiştir. Mimari mirasın dijitalleştirilmesiyle ilgili konu **Bölüm 4**'te ele alınmıştır.

2.2.1 Dijit, Dijital, Dijitalleşme, Dijitalleştirme ve Dijital Dönüşüm

Arkeolojik buluntular yazıdan önce sayı sayma işleminin başladığını ve bunun yalnızca bir topluluk özelinde gelişmediğini göstermektedir. Fakat dilin ve yazının gelişimi, soyut matematiksel düşüncenin doğuşunu etkilemiştir. Her topluluk sayıları göstermek için harflerden ve işaretlerden yararlanmıştır. Sayı saymak genelde parmak hesabı ile yapıldığında bilinen çoğu sistemleri on tabanına dayanmaktadır. Konumsal sayı sistemleri rakamların bulunduğu basamağa göre değer alması anlamına gelmektedir. Örneğin 111 sayısındaki 1 rakamı yer aldığı konuma göre 1, 10, 100 sayı değerlerini almaktadır. Konumsal olmayan sayı sistemine örnek olarak Roman rakamları gösterilebilir. İslami matematikçiler tarafından "*hesâb-ı Hindî*" veya "*hesâb-ı gubâr*" adı verilen on tabanlı konumsal sayı sistemi kullanılmıştır. Bu hesaplama yöntemiyle ilgili yazılmış ilk eser Harezmi'nin (ö. 232/847'den sonra) "*Kitâbü'l-Ḥisâbi'l-Hindî*" isimli kitabıdır. Bu eserle birlikte İslam dünyasına sıfırla beraber Hint rakamları ve onlu konumsal sayı sistemi aktarılmıştır. (Gökdoğan, 2009) Leonardo Fibonacci tarafından 13. yüzyılda kaleme alınan "Liber Abaci" isimli kitap, Hint-Arap on tabanlı konumsal numaralandırma sistemleri (*Modus Indorum*) üzerinden hesaplama yapmayı anlatarak, Arap matematikçi Harezmi (Muhammed ibn Mūsā al-Khwārizmī)'nin tanıtılmasına ön ayak olmuştur. (Petrocchi, 2019) Avrupalı matematikçiler, Roma döneminden bu yana kullandıkları hesap sistemi yerine bu eserden öğrendikleri sistemi kullanmaya başlamışlardır. Algoritma terimi de Arap matematikçi Harezmi (Al-Khwārizmī)'nin yazıları Latince'ye çevrildiğinde ortaya çıkmıştır. Bugün mevcut olan tek kaynak Arapça değil, Latincedir ve genellikle "Algorismi dedi" anlamına gelen *Dixit Algorismi* ifadesiyle başlar ve Harezmi (Al-Khwārizmī)'ye atıfta bulunur. Uzun bir süre için *algorizm*, Hindu-Arap rakamlarının onun belirli

konumsal sisteminde sayıların eklenmesi, silinmesi ve kaydırılması gibi işlemleri kullanarak temel aritmetiği gerçekleştirmenin adım adım yöntemi anlamına geliyordu. Devrim niteliğindeki bu mantık, bilgisayar işlemcilerinde kaydırılan, eklenen, silinen ve taşınan ikili (0 veya 1) sayı sistemin temelini oluşturmaktadır. (Miyazaki, 2012) İkili (*binary*) sayı sistemi iki tabanlıdır ve bu sistemdeki her '0' veya '1' rakamı BIT (*BInary digiT*) olarak adlandırılır. Hint-Arap sayı sistemini referans alan onlu (*decimal*) sayı sistemi ise tam sayı olanları ve olmayanları belirtmek için kullanılan on tabanlı sistemdir. İkili sayı sistemlerinin gelişimi, 17. yüzyılda Wilhelm Leibniz'in tüm insan bilgisinin formülize edebileceği *characteristica universalis* (evrensel karakter) olarak tanımladığı mantık diline dayandırılmaktadır. Bu dildeki simgeler bir fikri göstermeden fikrin yerine geçmektedir. (Morar, 2015) (Doğrucan & Hazar, 2020) (Merkit, 2021)

TDK Büyük Türkçe Sözlüğü'nde *dijital* kelimesiyle ilgili araştırma yapıldığında *sayısal* kelimesinin yanı sıra "verileri bir ekran üzerinde elektronik olarak gösteren" tanımlamasına da yer verilmiştir. Sayısal kelimesi ise "sayı ile ilgili olan, sayıya dayanan, numerik, dijital" kelimeleriyle açıklanmıştır. (TDK, tarih yok) Nişanyan Sözlük'te ise dijital sözcüğünün, Latince *digitus* "parmak, özellikle işaret parmağı" sözcüğünden alıntılandığı ve Hint Avrupa dil ailesinde yazılı örneği olmayan **deiḱ-* "işaret etmek, belirtmek, göstermek" kökünden türetildiği belirtilmiştir. TSE tarafından 2006 yılında yayımlanan Bilişim Terimleri sözlüğünde -dijital- kelimesi doğrudan -sayısal- kelimesiyle eş tutulmuş açıklama olarak da "sayı basamaklarından ibaret olan bir veriye ve bunun yanında işlem yapmaya ve bu verileri kullanan işlevsel birimlere ait olan" açıklanmıştır. (TSE Bilgi Teknolojileri ve İletişim İhtisas Grubu, 2006)

Britannica Ansiklopedisi'nde dijital (*digital*) kelimesi, "0 ve 10 sayıları şeklinde saklanan bilgilerle ilgili" veya "bilgisayar teknolojisi tarafından kullanılan, karakterize edilen" olan tanımlanmıştır. (The Britannica Dictionary, 2022) Kelimenin tezatı (*compare*) olarak işaret edilen kelime *analog*'tur. Bu kelime de "Verilerin sürekli değişen fiziksel niceliklerle temsil edildiği bir cihaz veya süreçle ilgili veya bunlarla ilgili" olarak tariflenmiştir. (The Britannica Dictionary, 2022)

Dijital kelimesi, Büyük Türkçe Sözlük'te çok kapsayıcı bir anlama sahip olan sayısal kelimesiyle eşleştirilmektedir. Bu çok kapsayıcı anlam, dijital (*digital*) kelimesi üzerinden türetilen kelimelere Türkçe karşılık üretilmesini zorlaştırmaktadır. *Oxford Learner's Dictionary,* dijitize *(digitize)* ve dijitalize *(digitalize)* kelimelerini eş anlamlı olarak tanımlamış; Britanicca Ansiklopedisi'nde ise sadece *digitize/digitise* kelimesine yer verilmiştir. (The Britannica Dictionary, 2022) Teknoloji araştırma ve danışmanlık firması olan *Gartner Information Technology* yayımlandığı sözlükte *digitization* ve *digitalization* iki ayrı kelime olarak tanımlanmıştır. (Gartner IT)

Digitization (dijitizasyon) dijital etkinleştirme olarak da bilinen kelime, disiplinler arası bilim adamları tarafından analog olanın dijital bitlere dönüştürmenin teknik süreci olarak tanımlamaktadır. Bu süreç hem sembolik hem de maddi boyutlara sahiptir. Sembolik boyutu analog olanın ayrık ve süreksiz değerlere, 1 ve 0 olarak temsil edilen bitlere dönüşmesidir. Dijital bilgi de maddi sistemlerde bit olarak depolanmakta ve iletilmektedir. Bu kapsamda dijitalleştirme aracılığıyla üretilen ilginin maddi olmayan (*immaterial*) kalitesi ve depolandığı maddi sistemleri maddi boyutları olarak kabul edilir. (Culture Digitally, 2014)

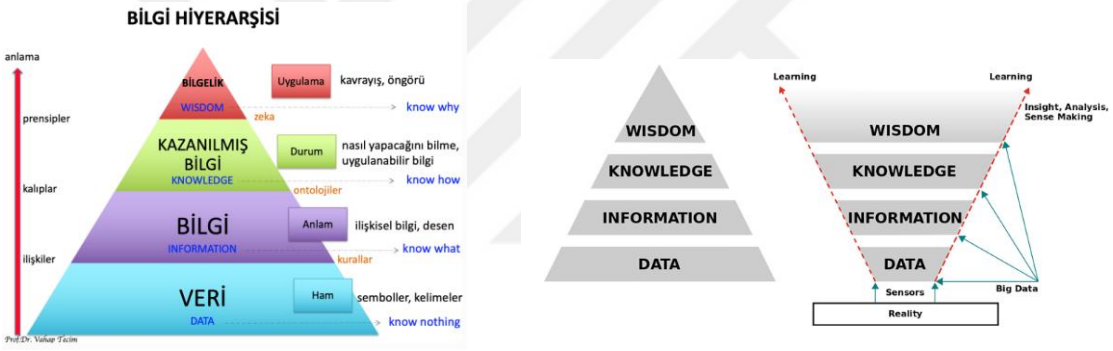
Digitalization (dijitalizasyon veya dijitalleştirme) bir iş alanını değiştirmek ve yeni olanaklar sağlamak amacıyla dijital teknolojiler kullanılarak dijital bir işletmeye geçme sürecidir. Örneğin taranmış bir dokümanın bir bulut ortamında her zaman ulaşılabilir olması örnek verilebilir. (Gartner IT)

Merriam-Webster Sözlüğü'ne göre dijitalleşme (*digitalize*) sözcüğünün tespit edilen ilk kullanımı 1955 yılına dayanmaktadır. (Merriam Webster Sözlüğü, n.d.) Fakat dijitalleşme terimi ilk olarak bilgisayarlaşma tanımıyla birlikte 1971 yılında *North American Review*'da yayımlanan Robert Wachal makalesinde yer almıştır. Bazı bilim insanları, dijitalleşmenin tüm ortamı taklit eden, simüle eden veya birleştiren ortam üretme yeteneğini, çeşitli veri biçimlerini birleştiren genelleştirilmiş bir ortam anlamına geldiğini iddia etmişlerdir. Dijital ortam

kavramı, bir *ortam*ın[10] ne olduğunun yeniden gözden geçirilmesini gerektirmiştir. (Culture Digitally, 2014)

Digital Transformation (dijital dönüşüm) dijital ve bilgi teknolojilerinin olanaklarından tam olarak faydalanmak, zaman ve hızdan tasarruf etmek için faaliyetlerin, yetkinliklerin ve modellerin dijital ortamda derin dönüşümüdür. Verilerden yararlanmak, akıllı karar almak ve sorunlara gerçek zamanlı yanıt vermek için yapay zeka, makine öğrenimi, otomasyon, bulut, hibrit bulut ve diğer dijital teknolojiler kullanılmaktadır. (IBM, 2022)

Tüm adımların sağlıklı ve bilinçli bir şekilde gerçekleşmesi, sürekliliğinin sağlanması ve geliştirilmesi için piramidin her aşamasında bulunan kullanıcının gereğince eğitilmesi, süreçlerin kontrollü bir şekilde işletilmesi ve gerekli teknik altyapının kurulması bütüncül vizyon yani **kurumsal akıl** ile sağlanabilir.



Şekil 2.5 Bilgi hiyerarşisi (veri-bilgi-kazanılmış bilgi-bilgelik) (Tecim, 2022) (Guerra de Oliveira, Biancardo, & Tibaut, 2022)

Sayısal kelimesi Türkçe'de bilgisayar, yazılım, bilişim, matematik, mühendislik gibi bilim dallarında kullanılan *"digital, numerical, quantitative, computational"* ve benzer kelimelerin tamamını kapsayan bir kelime olarak tanımlansa da özgün dillerinde kelimelerin türetilme mantığını ve kavramsal açılımını karşılamakta yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Konunun içine girildikçe *digital model* ile *numerical model* ya da *quantative data* ile *computational data* gibi terimlerin aynı şeyi ifade etmediği açıkça görülmüştür. Bu tezde, UNESCO Türkiye Komitesi'nin

[10] Medya (*media*), Latince *medium*'un çoğuludur ve bağlamına göre -ortamlar, mecralar, araçlar, aracılar, gereçler- olarak çevrilebilmektedir. (Özdurdu, 2011)
Medium is the message (ING): Ortam mesajdır (TR). (McLuhan, 1964)

digital (ING) kelimesi konusunda net bir tanımlamaya gitmemesi ve *dijital* (TR) kelimesinin TDK Büyük Türkçe Sözlük'te yer bulması nedeniyle sayısal kelimesi (*digital ING* anlamında kullanılan) yerine dijital kelimesi tercih edilecektir.

2.2.2 Ontoloji ve Semantik Spektrum

Miras verilerinin (kamu, özel, kişisel arşiv ve diğer) dağınıklığı, miras bilgisi edinmek ve paylaşmakla ilgilenen kişi ve kuruluşların sayısındaki artış, dijitalleştirilmiş/yapılandırılmış belge eksikliği veya dijital yakınsama ve uyumluluk güdülmeden yapılan çalışmalar günümüz yaklaşımlarına uyum sağlamadığı sürece bilgiye erişmek ve bilgiyi kullanmak adına ileri bir adım atamaz. Veriden bilgiye dönüşümün temel basamakları, nitelikli ve bilinçli bir şekilde oluşturulmadığı sürece yapay zekayı değil üretilmiş fakat ulaşılamayan verinin tekrar tekrar üretilmesi üzerine çalışmalar geliştirmeye devam ederiz. Bu kayıp ve erişilemeyen bilgiler, belgeler vb. restorasyon süreci içinde olan en ufak bir hata yapmaktan bile sakındığımız mimari mirasın eksik hatta hatalı yorumlanmasına yol açabileceğinin farkında olmalıyız. Bu nedenle gerek saha gerek masa başında üretilecek veya araştırılacak bir konunun ilerleyen günlerde bilgiye dayalı bir sistemine dahil olabilecek veya eşleşebilecek şekilde temsil oluşturması (*ontology based knowledge representation*) ve ifade edilmesi (*semantics*) çok önemlidir.

Dijital ortamda kümülatif olarak ilerleyen bir bilgi ortamı oluşturmak için miras verisinin bulunduğu dijital ortamın standartlarına uyum sağlaması yani onun dilinde konuşması gereklidir. Mirasın biricikliği onun dijital ortamda oluşturacağı temsil ve ifadenin de biricik olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle herhangi bir yapı (yeni veya mevcut) için geliştirilen bilgi sistemlerine, veri modellerine, kodlama sistemine direkt uyamaz. Her tarihi yapı için yeni bir ontoloji kurmak veya referans alınarak ilerlemek gerekmektedir.

Ontoloji belirli bir alandaki bilgilerin paylaşılmasına ve yeniden kullanılmasına olanak tanıyan kavramlaştırmaların biçimsel ve açık tanımıdır. Kavramsallaştırma, hedeflenen alanla ilgili tüm bilgileri/anlamları, özellikleri, ilişkileri ve sıradüzeni

tanımlayan soyut bir model oluşturma anlamına gelir. (Türkyılmaz & Yaşar, 2008) Bu sınıflara ve alt sınıflara yapay zekâ çıkarsama motorlarında araştırmaya imkân tanıyan mantıksal kurallar tanımlanabilmektedir. Ontoloji kullanımının amacı çalışılan alandaki kavramları yakalamak, ortak sözlük oluşturmak, varlık ilişkisi kurmak, veri yakalamak, doğrulamak, farklı ontolojileri birleştirmek, bölümlendirmek veya ayırmaktır. (Gayathri & Uma, 2018)

Felsefe ve dil biliminde varlık sorunu temel alan ontoloji kuramı artık bilgi yönetimi ve organizasyonu, bilgi gösterimi, bilgi alımı ve çıkarımı, veri tabanı tasarımı, bilgi mühendisliği, yazılım mühendisliği ve web'in kurgusunun gelişimde de adını sıkça çalışma alanı haline gelmiştir. Dijital ortamda varlık, dijital olarak temsil edilen her şeydir. Medya (imaj, video, audio), web sayfaları, veri (yapılandırılmış veya yapılandırılmamış olması fark etmeksizin), yazılım bunlara örnek verilebilir. (McGuinness, 2002) Doğru sözcük kullanımı bilgi temsillerinin temelini oluşturacağı için hem insan hem de yapay zekâ (bilgisayar ajanları) tarafından okunabilir bir dil geliştirmelidir. Bu kapsamda gerçek dünyada bazı terimleri belirlemek, ortaklaştırmak, eşleştirmek, yakın, zıt ve eşsesli anlamlarını oluşturmak gereklidir. Hem veri biliminin hem de kültürel miras terminolojisi ortak paydada buluşması gereken bazı sözlük grupları[11] vardır.

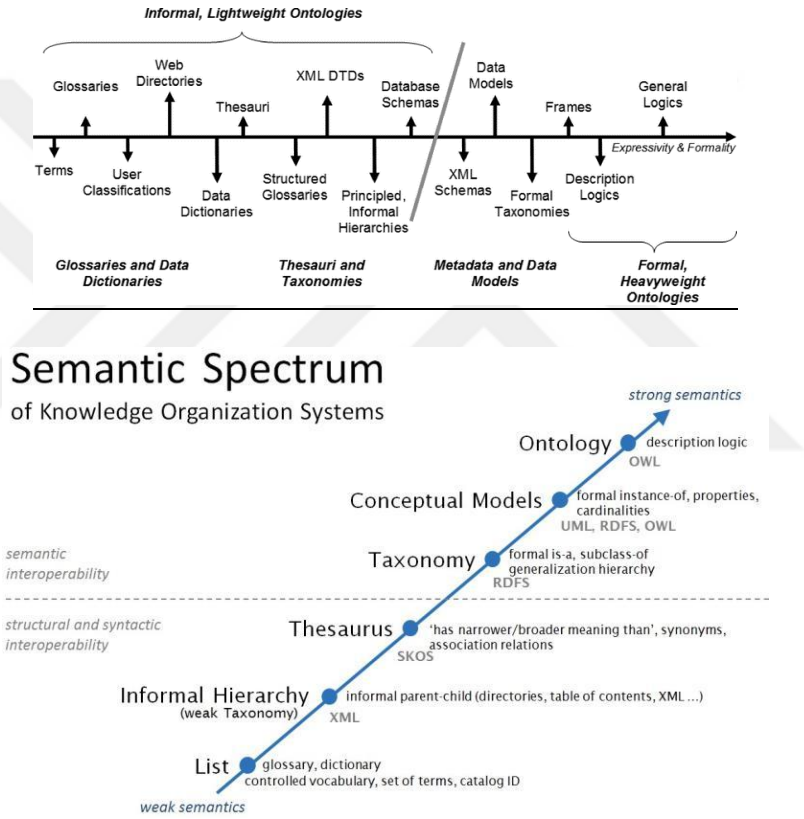
Ontolojiler farklı uygulama alanı ve bilgi türlerinin temsil etme düzeylerine göre **formalite** (dil kullanımı: doğal dil, resmi dil, semantik ifade vb.), **kavramsallaştırma** (uzmanlık alanı *domain* vb.) ve **ilkel türler** (statik, dinamik, yönelimsel ve sosyal) olarak değerlendirilebilir; bağlantı kurma becerilerine göre hafif ve ağır olarak tanımlanabilmektedir. Hafif ontolojiler bir dizi kavram, özellik ve kavram taksonomisini içerirken; ağır ontolojiler ek olarak aksiyom[12], sınır, kısıtlama ve kuralları da içerir. (Kharbat & El-Ghalayini, 2008)

---

[11] **Terimler sözlüğü/açıklayıcı sözlük** (*glossary*, bir uzmanlık alanındaki kullanılan sözcüklerin tanımlarını içeren sözlük) **veri sözlüğü** (*data dictionary*, biçimi, ilişkileri, anlamı, kaynağı ve kullanımına ilişkin ayrıntılı açıklama içeren bir veri tabanı veya veri modelindeki veri öğelerinin bir envanteri), **Veri kataloğu (***data catalog*, veri uzmanlarının veriyi hızlıca bulabilmeleri için tasarlanmış ayrıntılı envanter), **Tezarus** (eş *synonym*, zıt *antonym* ve eşseslileri *homonyms* anlamların bulunduğu sözlük).
4.4 Politikalar ve Standartlar bölümünde örnek sözlüklerden bahsedilmiştir.

[12] Benimsenmiş gerçek, belit.

Ontoloji spektrumu, ontoloji olarak adlandırılan türleri açıklığa kavuşturmayı amaçlayan gösterimdir. Spektrum daha sonra anlamsal gücü ve birlikte çalışabilirliği de göstermek, basit listelerden tam ontolojilere kadar uzanan, zayıf ve güçlü semantik yapılar arasında ayrım yapmak üzere semantik spektrum (akıllı veri sürekliliği veya semantik kesinlik) olarak genişlemiştir. (Semantik Spectrum, 2022) (Uschold, Gruninger, & Michael, 2004) Semantik spektrum, özellikle makine kullanımı için bilgi temsillerindeki veri öğeleri için giderek daha kesin olarak ifade edilen bir dizi tanımdır.



Şekil 2.6 Lineer ontoloji spektrumu ve semantik spektrum (Media/Semantic Spectrum, tarih yok) (Uschold, Gruninger, & Michael, 2004)

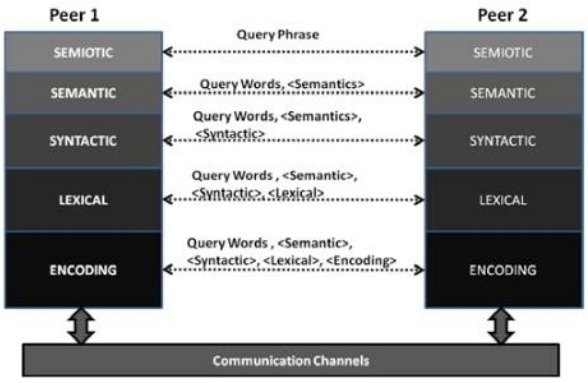
Semantik spektrumda katmanlar arası birlikte çalışabilirlik üzerine tanımlara başlamadan önce semantik sözcüğünün biraz daha fazla irdelenmesi gereklidir. Tez kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda *semantik* sözcüğünün kültürel mirasın dijitalleştirilmesine yönelik **dil (ifade), geometri (nesne/yapı elemanları)** ve **web (ortam)** olarak tanımlandığı fark edilmiştir.

İfade olarak ele aldığımızda dil sentaktik, semantik ve pragmatik olarak incelenmektedir. Sentaktik (*syntactic*, sözdizim) ifadenin gramerine yani yapısal özellik ve ilişkilerini, (örneğin *kültür* kelimesinin 6 karakterden oluşması veya *kültürel* kelimesinin anlamını bilmeden *kültür* kelimesiyle ilişkili olmasının anlaşılması), semantik (*semantics*, anlambilim) ifadenin anlam özelliği (formal *biçimsel*, Sözcüksel *lexical,* kavramsal *conceptual*) ve ilişkilerini (*kubbe*nin bir *yapı elemanı ve üst örtü* olarak anlaşılması veya *kırmızı* ve *al* sözcüklerinin denk şeyleri ifade etmesi) ve pragmatik ifadelerin kullanım özelliği ve ilişkilerini (*kubbede kırmızı renk var* tümcesindeki sözcüklerinin dizilimden yola çıkarak *kırmızı* sözcüğünün nitelik belirttiğinin anlaşılması vb) tanımlar. (Taşdelen, 2009) Programlama dillinde sözdizim, (örneğin XML) uyulması gereken kuralları, semantik ise bir programlama dili sözdiziminde yer alan geçerli dizelere hesaplamalı anlam atamaktadır. (Computer Hope, tarih yok)

Geometri için tarihi yapıların bilgi modellemesi (HBIM) üzerine çalışan INCEPTION projesi tarafından tanımlanmış iki kavram vardır: **geometride anlambilim** (*semantics in geometry*) ve **anlamsal geometri** (*semantic geometry*). **Geometride anlambilim** terimi, geometrinin tanımlanma biçimindeki anlambilimi olarak açıklanmıştır. Geometrik olarak aynı görüntüyü elde etsek de anlambilim olarak farklı seviyelerde olduğu anlamına gelmektedir. Belirli bir geometri yüksek bir anlam bir seviyesindeyse semantik bilgi üç aşamalı olarak incelenecektir: saf semantik bilgi geometrisinden bağımsız, saf semantik bilgi ile geometrinin nasıl sunulacağı arasındaki haritalama ve saf geometrik parçalar. **Anlamsal geometri**, geometrinin kendisini tanımlamaz, ancak geometriden bağımsız anlamsal bilgilerin parametrik geometrik temsiller üzerine nasıl eşlendiğini eşlemeyi tanımlar. (INCEPTION, 2018)

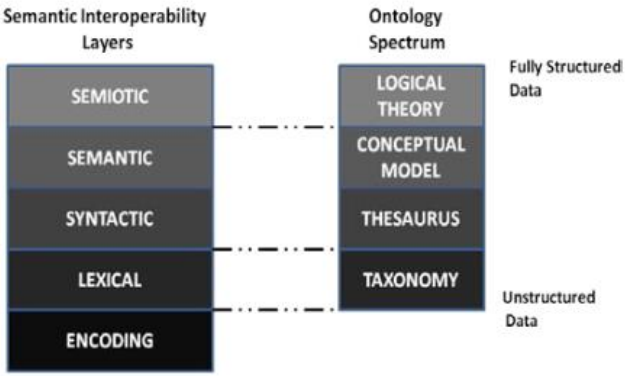
Web ortamında ise **2.1.2 Web'in İnşası, Genişlemesi ve Anlamlandırılması** başlığında geçen Veri Ağı'na kaynak oluşturan semantik kaynaklar semantik web araçları **(RDF, OWL, SPARQL vb)** ve bağlantılı linklerdir. (EK-A)

Semantik birlikte çalışılabilirlik diğer adıyla **semantik spektrum** kısaca diğer dillerden (kodlama, yazım dili vb.) aktarılan bilgiyi yorumlamak veya doğru model kümesine atfetmektir denilebilir. Semantik birlikte çalışabilirlik herhangi bir sistemin, farklı bir bilgi gösterimi kullanan başka bir sistemden gelen ifadeyi anlamasına yardımcı olan beş katmana (kodlama katmanı, sözcüksel katman, sözdizimsel katman, anlamsal katman ve göstergebilimsel katman) ayrılmaktadır. Anlamsal güç, üst kategorilere geçtikçe artar. (El-Sherif, Far, & Eberlein, 2010) (Zhuhadar, Nasraoui, & Wyatt, 2009)



Şekil 2.7 Semantik birlikte çalışabilirlik katmanlarına[13] dayalı iki ajan arasındaki iletişim

(El-Sherif, Far, & Eberlein, 2010)



Şekil 2.8 Semantik birlikte çalışabilirlik katmanları ile ontoloji spektrum katmanları arasındaki bitişik ilişkiler

(El-Sherif, Far, & Eberlein, 2010)

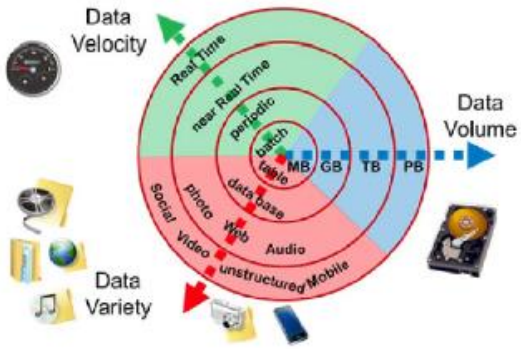
2.2.3 Model, Modelleme ve Metodoloji

Dijital miras girdisini tanımlamak, dijital mirasın korunmasıyla ilgili yapılması gereken başat eylemdir. Bu eylem yapılmadan veri okunamaz, değerlendirilemez ve bilgiye dönüştürülemez. Tez kapsamında dijital mirasa doğru yapılacak açılımlardan önce sistem kurgusu için veri, veri yapısı, veri yapılandırma, etiket (*tag, label, markup* vb.), model, şema, tablo gibi kavramlar veri ve bilgisayar

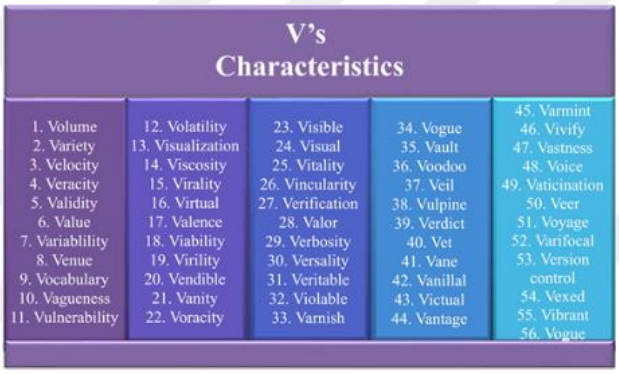
[13] Katmanlar yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla: Semiyotik (göstergebilimsel, *semiotic*), semantik (anlambilim, *semantik*), sentaktik (sözdizimsel, *syntactic*), sözcüksel (*lexical*), kodlama (*encoding*).

bilimindeki ortak kullanımları bu bölümde kısa metin ve tablolar halinde sunulmuş, detaylı açıklamalarına EK-A, EK-B ve EK-C'de yer verilmiştir.

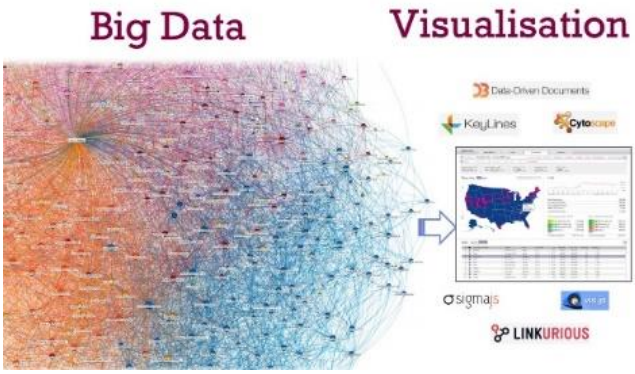
Bir veri, birçok form, şekil ve boyuta ulaşabilir. Geçirdiği bu dönüşümler verinin konumlandırılması, işlenmesi, yönetilmesi ve arşivlenmesi için önem arz etmektedir. Dijitalleşme sürecinden bahsederken veriyle ilişkili bazı kavramlara aşina olunması gerekmektedir. Teknoloji ve bilimdeki son gelişmeler ile ortaya çıkan çeşitli verileri üretmek, toplamak ve yönetmek için mevcut sistemlerin yetersiz kalması büyük veri (*big data*) çağına neden olmuştur. Veriler artık hacim olarak büyük, dinamik (değişken, güncellenebilen vb.), heterojen (dijitalleştirilmiş metin, ses, video, web günlükleri, işlemler, zaman serileri vb. gösterim biçimleri) ve karmaşıktır (birden fazla kaynak, kalitesi ve ayrıntı düzeyi bilgi, belirsiz, eksik ve yapılandırılmamış veri vb.). Web ortamın imkanlarıyla da katlanarak artış gösteren veri ve veri kümeleri insan eliyle yürütülemeyecek hale gelmiştir. Büyük veri, geleneksel veri yönetim sistemleri ve yazılım tekniklerinin işleme kapasitesini aşan verileri ifade etmektedir. Bu nedenle büyük verinin yönetimi ve analizi için kullanılan yapay zeka (EK-B) kültürel bellek kurumlarına da önemli katkılar sağlamaktadır. Veriyi yönetebilmek için veri karakterleri öncelikle 3V (hacim, hız, çeşitlilik) üzerinden analiz edilmiş, günümüzde veri karakteri 56V'ye kadar ulaşmıştır. (Oracle, 2022) (Abou El Ela, 2020) (Farooqi, ve diğerleri, 2019)



Şekil 2.9 Verilerin tek bir kaynaktan büyük verilere (big data) doğru büyümesi ve büyümeyle ilişkili hacim, çeşitlilik ve hız (3V) karakterleri (Wikimedia, 2016)



Şekil 2.10 Günümüz veri karakterleri (56V) (Abou El Ela, 2020)

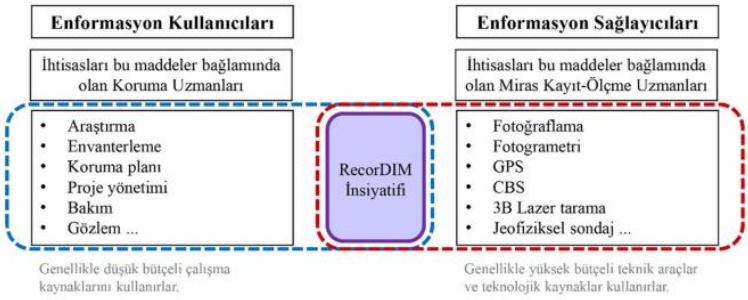


Şekil 2.11 Büyük veri görselleştirmesi: herhangi bir tür grafik türü (çubuk grafikler, ısı haritaları vb) veya görsel temsil yoluyla büyük veri kümelerinin ifade edilmesi (Jolly, 2017)

Verinin yönetimiyle ilgili temel zorluklar: **veri zorluğu** (verilerin sahip olduğu özelliklere ilişkin zorluklar, 56V vb), **süreç zorluğu** (verilerin nasıl elde edileceği, yakalanacağı, birleştirileceği, değiştirileceği, doğru modelin nasıl seçileceği, doğru sonuçların nasıl sağlanacağı vb) ve **yönetim zorluğu**. (Gizlilik, güvenlik, yönetişim ve etik). Tipik veri yaşam döngüsü şunlardan oluşur: **oluşturma/elde etme, işleme, analiz etme, depolama, yayınlama ve verileri yeniden kullanma.** Bu temel yaşam döngüsü adımlarında 56 V'nin zorluklarıyla başa çıkabilmek için başlıca birkaç teknolojiden faydalanmak gerekir: **veri kaynağı teknolojisi, veri şifreleme ve erişim kontrol teknolojisi, veri madenciliği teknolojisi ve blok zinciri[14] teknolojisi.** (Abou El Ela, 2020)

Veri bilimi konu olarak yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerden bilgi elde etmek ve öngörü oluşturabilmek için istatistik (EK-B), makine öğrenimi (EK-B), veri madenciliği (EK-B) gibi sistemleri kullanarak verilerin nasıl elde edilip yönetileceği üzerine çalışan bilim dalıdır. 1960'lı yıllarda istatistik sözcüğüne alternatif olarak kullanılırken 1990'lı yıllardan sonra büyük veri kavramıyla birlikte alanı genişlemiştir. Veri bilimi, verinin yaşam döngüsü boyunca depolanması, işlenmesi ve verilerle iletişim kurabilmesi için gerekli ilke ve yöntemleri belirlemektedir. Bu adımların bazıları veri yönetimi, (meta) veri açıklaması, yorumlama, dağıtım, koruma ve düzeltme yöntemleri şeklindedir. Veri toplama süreci veri biliminin tam olarak bir parçası olarak görülmese de ölçüm ve veri oluşturma süreciyle ilgi meta verilerin yakalanması ve analizi veri biliminin konusudur. (Hoehndorf, Queralt-Rosinach, & diğerleri, 2017)

[14] Bloklardan oluşan zincir yapıdaki bu teknoloji, şifrelenmiş işlem takibini sağlayan dağınık ve merkeziyetçi olmayan veri tabanı sistemidir. Sisteme tüm bilgisayarlardan erişilebilir; varlık bilgisi, işlem bilgisi ve işlemi yapan kullanıcı bilgileri görülebilir. Kullanıcı kimliği tüm ağın kabul ettiği (kişisel bilgilerin bulunmadığı) numaralandırma üzerinden yapılır. Verilerde güncelleme yapmak için diğer bloklardan izin alınması gereklidir. (İş Bankası Blog, tarih yok)



Şekil 2.12 Enformasyon kullanıcıları ve enformasyon sağlayıcıları arasında RecorDIM'in kuramsal pozisyonu (Sarıcaoğlu, 2021)

Veri ölçüm, sayım, deney, gözlem vb. yollarla elde edilen değerleri (Tablo 2.2) rakamlar, sayılar, aralık, karakter, vb) taşıyan işlenmemiş bilgi parçacıklardır. **Veri ve veri yapıları,** yapay zekâ teknolojisinde sıkça adını duyduğumuz algoritmalar ile ilişkili bir kavramdır. Veri yapısı, verinin sahip olduğu tür/tiplerin (değer) bilgisayar ortamında saklama, düzenlenme ve yönetim biçimidir (formatıdır). İlkel yapılı, basit yapılı, birleşik yapılı ve karmaşık yapılı olarak gruplandırılabilmektedir. (Tablo 2.2)

Büyük veride çeşitlilik (*variety*) kapsamında bahsedilen ve dijital miras kapsamında sık sık dile getirilen diğer bir konu da **verinin heterojenliğidir.** Çeşitlilik verinin farklı kaynak, şema ve format (biçim)lardan geldiğini ifade etmektedir. Örneğin homojen veri veya veri kümeleri, verilerin birbirine benzeyen karakteristiğe (büyük veri V'leri) ve özelliğe (öznitelik, nitelik, *feature*) sahip olmasını ifade eder. (Huang, 2020) Heterojen veri ise bu konularda benzerlik olmadığı anlamına gelir. Veri yapılarında homojenlik, saklanılan veri türü ile ilgilidir. Homojen veri yapılarında, yalnızca tek tür değeri (Tablo 2.2: tamsayı, karakter vb.) içlerinde saklanabilirken heterojen veri yapılarında aynı anda birden fazla türdeki değeri saklanabilmektedir. (Tutorials: R Data Structures, tarih yok)

Büyük verinin heterojenliği ve erişebilirliği ile ilgili diğer kavram verilerin yapılandırılmış olmasıyla ilgilidir: **yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış, kısmen yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler.** Veri yapılandırma genelde tabloyla ilişkilendirilebilen veri olarak açıklanmıştır. Fakat bu tanım aslında yapılandırmanın bir yansımasını ifade etmektedir. Veri yapılandırmasını

analiz etmek (EK-C: ham veriyi işleme, semantik katmanlara ayırma vb), makine-insan dilinde okunabilir hale getirmek (EK-C: gömülü metin yerleştirme, şema etiketleme) ve ortamda kararlı hale gelmek (EK-C: web, veri tabanı vb. ortamlara uygun şema eşleştirmesi) için kullanılabilir. Bu nedenle yapılandırılmış veriyi doğrudan tablo verisi olarak tanımlamak doğru olmayabilir.

Tablo 2.2 Veri türleri, veri organizasyonu, veri yapıları ve veri modalitesi

<table>
<tr><th colspan="3">Veri Türleri/Tipleri
Data Types</th><th>Veri Organizasyonu
Data Organization</th><th>Veri Yapılılığı/Modalitesi (EK-C)
Data Structure/Modality</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Nümerik
(Nicel Veriler)

Numerical
(Quantitative Data)

*Sayılardan oluşur.</td><td colspan="2">Ayrık (sürekliliği olmayan)
Discrete (discontinous)
Sayılabilir değer
Sonlu seçenekler (finite)</td><td rowspan="2">Çok değişkenli Multivariate
Küme Basket/Set
Ağırlıklı Olanlar Bag</td><td>Yapılı Structured
Çok değişkenli veriler multivariate data
nümerik ve sembolik özelliklerin karışımı
SQL ilişkisel veri tabanı
Sütun ve satır tablo (tabular, tables vb)</td></tr>
<tr><td>Sürekli
Continuous
Aralık ve orandan gelen sayısal değerler
Sonlu olmayan (infinite)</td><td>Aralık (Tamsayı)
Interval (integer)

Oran (ondalık)
Ration (decimal)</td><td>Yarı Yapısal Semi Structured
JSON[15]vb.
XML/RDF
Non-SQL ilişkisel veritabanları
Web sayfaları, Sensör Veri, Akıllı telefon ile çekilen fotoğraf vb.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kategorik
(Nitel Veriler)

Categorical
(Qualitative Data)

*Sözcük ve karakterlerden oluşur.</td><td colspan="2">Sıralı olmayan Nominal
Verinin belirli bir hiyerarşisi yoktur.
Sayısal olarak ölçülebilir değildir.</td><td>İlkel yapılı Primitive Structure
Basit Yapılı Simple Structure
Birleşik Yapılı Compound Structure
Karmaşık Yapılı Complex Structure</td><td>Neredeyse Yapılandırılmış
Quasi Structured</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sıralı Ordinal
Sıralı, belirli bir sıra ile.
Verinin belirli bir hiyerarşisi var
Sayısal olarak ölçülebilir değildir
Size, income bucket, relevance</td><td>Veri Yapılandırılması – Veri türü ve Ortama göre (EK-C)
Data Structuring

Ham Veri İşleme (raw data)
Veri Etiketleme (tag veya label)
Şema İşaretleme (markup schema)</td><td>Yapısal Olmayan Unstructured
Karakter verileri
İkili sayı ile kodlanmış veriler (metinsel olmayan)
encodding binary (non-text)[16]
Metin, e-posta, text, e-mails, dizi (sıralı liste vb.), seri (zaman vb), imaj, video, audio vb.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Veri Yapıları (EK-C)
Data Structure</td></tr>
</table>

[15] JSON; yapılandırılmış veri değişimini kolaylaştıran bir metin biçimidir.

[16] Hem ikili hem de metin dosyaları bir dizi bit (1'ler ve 0'ların ikili değerleri) olarak depolanan verileri içerirken, metin dosyalarındaki bitler karakterleri temsil ederken ikili dosyalardaki bitler özel verileri temsil eder. Metin dosyaları yalnızca metinsel verileri içerirken, ikili dosyalar hem metinsel hem de özel ikili verileri içerebilir.

Tablo 2.2 verilerle ilgili bir kapsamlı bir özet sunmaktadır. Bu tablo dijital miras veri türleri (Tablo 4.3, Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3), kültürel miras çok modlu veri türleri (Şekil 4.28), semantik dil ve ontoloji oluşturma (Şekil 2,6, Şekil 2.9 ve Şekil 2.10), BIM seviyeleri (Şekil 4.64 ve Şekil 4.65) ve HBIM (Şekil 3.1 ve Şekil 4.71) ile ilgili görselleri ve mantığı anlamak için önemlidir.

Veri modelleme veri noktaları ve veri yapıları arasındaki bağlantıları tanımlamak için ilgili sistemi bütüncül veya kısmi olarak bir görsel temsilini oluşturma sürecidir. Veri modellemenin amacı sistemde depolanan ve kullanılan veri türleri, veri türleri arasındaki ilişkileri ve veri niteliklerininin nasıl düzenlendiğini göstermektir.

Veri modeli herhangi bir tasarım sürecinde olduğu gibi veri tabanı, bilgi sistemi vb. tasarımı da yüksek düzeyde bir soyutlama ile başlar; giderek daha somut ve özgün hale gelir. Veri modelleri genellikle soyutlama derecelerine üç temel aşamada toparlanmaktadır. Veri modeli tasarım süreci kavramsal bir modelle (*conceptual data model)* başlayacak, mantıksal bir modele ilerleyecek (*logical data model*) ve fiziksel bir modelle (*physical data model*) sonuçlanacaktır. Tablo 2.3 veri modeli, modelleme metodolojisi ve teknikleriyle ilgili özet bir tablo sunmaktadır. EK-C'de konuyla ilgili daha kapsamlı bilgiye yer verilmiştir.

Model, şema ve tablo kelimeleri birbiri yerine kullanılabilen sözcüklerdir. Bu nedenle özet bir tanımlama yapmaya ihtiyaç vardır. Veri modeli veri öğelerini, ilişkilerini, niteliklerini, öznitelikleri ve kısıtlamalarını açıklamak için oluşturulan soyut bir gösterimdir. Veri tabanı şeması, bir veri tabanı sistemindeki verilerin nasıl düzenlendiğini anlatmak için verilerin özelliklerini ve talimatların listesini içeren organizasyon haritasıdır. Veri modellemesinin son adımı olan fiziksel veri modeli, bir veri tabanı yönetim sisteminde uygulanan veya uygulanması amaçlanan bir temsil yaratmaktadır. Muhtemelen bu durum model ve şema sözcüklerinin birbiri yerine kullanılmasına neden olmaktadır. Tablo ise verilerin bir dizi dikey sütun ve yatay satır halinde düzenlendiği bir veri kümesidir. Temel bir veri organizasyonudur denilebilir. Her veri tabanı tablo verisinden (*tabular data*) oluşmadığı için bir veri tabanına kaydedilebilen her verinin tabloya

dönüştürüldüğünü söyleyemeyiz. *NoSQL* veri tabanı, grafik veri tabanı bu veri tabanlarına örnek olarak gösterilebilir. EK-C'de şema işaretleme ve veri etiketleme ile ilgili konu özelinde çalışacak kişilerin bilmesi gereken bilgiler geniş kapsamda aktarılmıştır.

Veri modellerinin veri protokollerinden soyutlanmasıyla oluşan modellere bilgi modelleri denmektedir. (EK-C) Her bilgi modelinin veritabanı ve şeması vardır. Fakat kültürel miras için bir bilgi modeli oluşturulması gerekiyorsa her yapıya özgü bilgi modelinin oluşturulması gerekmektedir. UNESCO'nun 2018 yılında düzenlediği dijitalMİRAS Uluslararası Kongre'de üç geniş dijital teknoloji[17] grubundan biri olarak tanımladığı **gerçeklik hesaplama**da veri tabanları, depolama sistemleri, dijital yazarlık gibi konuların üzerinde durmuştur. Mevcut BIM kütüphaneleri mimari miras için kullanılamayacağından varlık-ilişkisi tanımlama, sözlük oluşturma gibi veri modellemeye dair tüm kurgu üç boyutlu bilgi modelini oluşturacak kişi tarafından yapılmaktadır. (EK-C) (Tablo 2.3)

[17] Gerçeklik yakalama, gerçeklik hesaplama, gerçeklik yaratma.
3. Dijital Miras bölümüne bakınız.

Tablo 2.3 Veri depolama, modelleme yaklaşımları ve teknikleri

Veri Depolama Alanları	Depolanan Veri Tipi	Veri İşlem Seviyesi	Depolama Hacmi	Amaç	Şema / Süreç Durumu	Kullanıcılar
Veri tabanı ***Database***	Genellikle yapılı veri fakat varlık olarak diğer veri türleri bulunabilir	İşlenmiş ve etkin	Değişken ve veri ambarıyla ile ilişkili Depolama hacmi veri ambarı ve veri gölüne göre azdır	Güncelleme, erişim, verileri geri alma, veri yakalama	Veritabanı tipine bağlı olarak rijit veya esnetilebilen şema *schema on write*	Uygulama geliştiricileri ve son kullanıcılar
Veri ambarı ***Data ware house - Data Mart***	Tüm veri yapıları bulunabilir ayrıca veritabanlarından işlenen veriler de bulunur.	Ön işlemş, işlenmiş, refine	Depolama hacmi veri tabanına göre yüksek ve veri gölüne göre azdır	Analitik, raporlama veri görselleştirme toplu raporlama, veri analizi, makine öğrenimi	*schema on write*	İş analistleri, uygulama geliştiricileri, veri bilimcileri vb.
Veri Gölü ***Data lake***	Tüm veri yapıları Heterojen veri (aurdio, video, log, web, sensor)	Ham veri, işlenmeiş veri, az işlenmiş veri veya tanımsız	İşlenmemiş verileri de barındırdığı için büyük hacimli depo	Gerçek zamanlı veri analizi, makine öğrenimi, gerçek zamanlı analiz, Sensör verileri, log	*schema on write*[18] *schema-on-read*[19]	Veri bilimcisi, veri analizcileri, iş analistleri vb.

Veri Model /Şeması	Veri Modelleme Metodları	Veri Modelleme Teknikleri	Veritabanı Bileşenleri	Veri Modelleme Yaklaşımları / Tekniklerinin Tipleri
Kavramsal Model / Şema (varlık-nitelik-ilişki) Mantıksal Model / Şema (varlık-öznitelik-ilişki) Fiziksel Model /Şema (verilerin fiziksel depolanması için şema veya çerçeve)	Tümdengelim/ Aşağıdan yukarıya *(Bottom Up)* Tümevarım/ Yukarıdan Aşağıya *(Top Down)*	Varlık-İlişki Diyagramları (*Entity-Relationship,* E-R Diyagramları) UML (*Unified Modelling Language,* Birleşik Modelleme Dili) Veri Sözlüğü *(Data Dictionary)*	Donanım, Yazılım, Veri, Veritabanı Erişim Dili, Prosedürler Kullanıcılar	Düz dosya (Flat-file) veri tabanı Hiyerarşik veri tabanı Ağ (*Network*) veri tabanı *Navigational* veritabanı (hiyerarşik ve ağ veritabanı) Varlık İlişkisel/İlişkisel veritabanı (SQL veritabanı, Ontoloji veritabanı) Nesne merkezli veritabanı *(Object-oriented databases, OODMS)* Nesne ilişkisel veritabanı *(Object-relational database, ORDBMS)* Boyutsal veritabanı *(dimensional database)* Grafik veri tabanı *(graph database)* Yıldız veritabanı (boyutsal modelin temeli), NoSQL (grafik veri, belge modeli, geniş sütun, anahtar değer), NewSQL (hem sabit hem de bağımsız şemaya sahip)

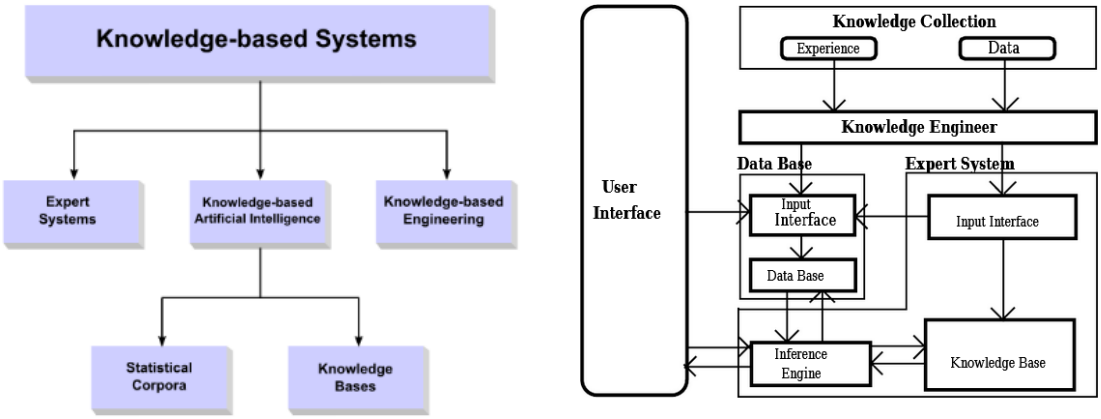
[18] EK-C'ye bakınız.
[19] EK-C'ye bakınız.

2.2.4 Alan Ontolojisi Tabanlı Bilgi Sistemi Oluşturma

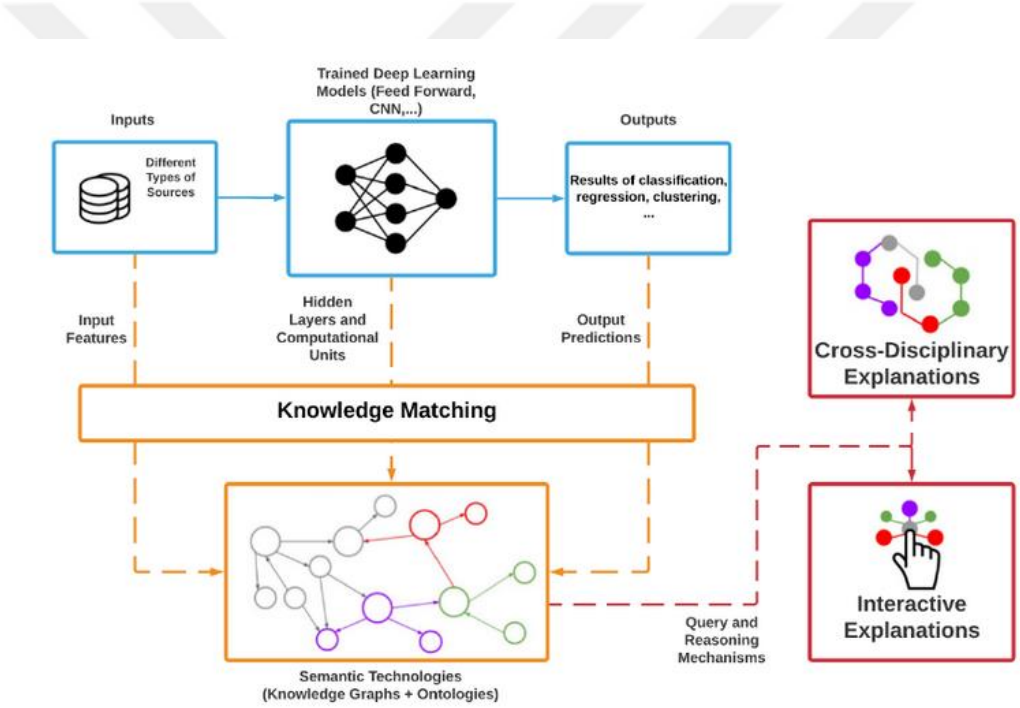
Bilgiye dayalı sistem (*knowledge based system*), yeni bir bilgi üretmek için bilgi, veri ve kaynaklardan gelen başka bilgileri analiz eden, sentezleyen ve karar vermeye yardımcı olan bir tür bilgisayar sistemidir. İnsanların öğrenmesi ve karar vermesine yardımcı olmak için yapay zekayı kullanmaktadır. Sistem gözden geçirdiği ve işlediği verilerin bağlamını anlamalarına ve depoladıkları bilgilere dayalı olarak bilinçli kararlar vermelerine olanak tanıyan sorun çözme yeteneklerine sahiptir. Bilgi tabanlı sistemler tipik olarak bilgi tabanı (*knowledge base*, sistemin karar vermek için kullandığı bilgi ve kaynak deposu), çıkarım motoru (*inference engine*, verileri sisteme işleme ve istenilen bilgileri bulma) ve arayüzü (*interface*) bileşenlerine sahiptir. (Indeed Editör Ekibi, 2022) Sistem bilgi modeli ve akıl yürütme yazılımlarını (tümevarım, tümdengelim gibi mantıksal teknikler) içerir. (Bergman, 2014) Bilgi tabanları ve bilgi gösterimleri (*knowledge presentation*) alan uzmanları tarafından oluşturulur ve veri bilimcisi tarafından (ilgili mühendis, veri tasarımcısı, veri yöneticisi vb) makine öğrenimi uygun şekilde sistem modellenir. (Ezema, Abdullah, Jaafar, & Umar, 2016)

Bilgi tabanlı sistemleriyle (knowledge based system) ilgili üç grup tanımlaması vardır. Uzman sistemler, bilgi tabanlı yapay zeka (*knowledge base AI, KBAI*) ve bilgi tabanlı mühendislik (*knowledge based engineering, KBE*). Uzman sistemler sınırları belli bilgi tabanından veri okuyan sistemlerdir. Sistem kurulurken bilgi tabanı kurulmuştur, sistem cevabı kendi bilgi tabanında arar. Bilgi tabanlı yapay zeka, makine tabanlı öğrenme algoritmaları için özellik seçimini bilgilendirmek ve eğitmek üzere istatistiksel veya bilgi tabanlarının kullanılmasıdır. Böylece yöntemlerin doğruluğunu, geri çağrılmasını ve kesinliğini artırır. (Bergman, 2014)

Bilgi tabanlı mühendislik yapay zekâ, bilgisayar destekli tasarım ve nesne yönelimli modelleme entegrasyonunun oluşturur. Yapılandırılmış veri bağlamıyla birlikte saklandığı çıkarım motorları bağlam üzerinden de ilişki kurabilir. (Johansson, 2008)



Şekil 2.13 Bilgi tabanlı sistemler (Bergman, 2014)
Sistem kurgusu (Grasic & Podgorelec, 2011)

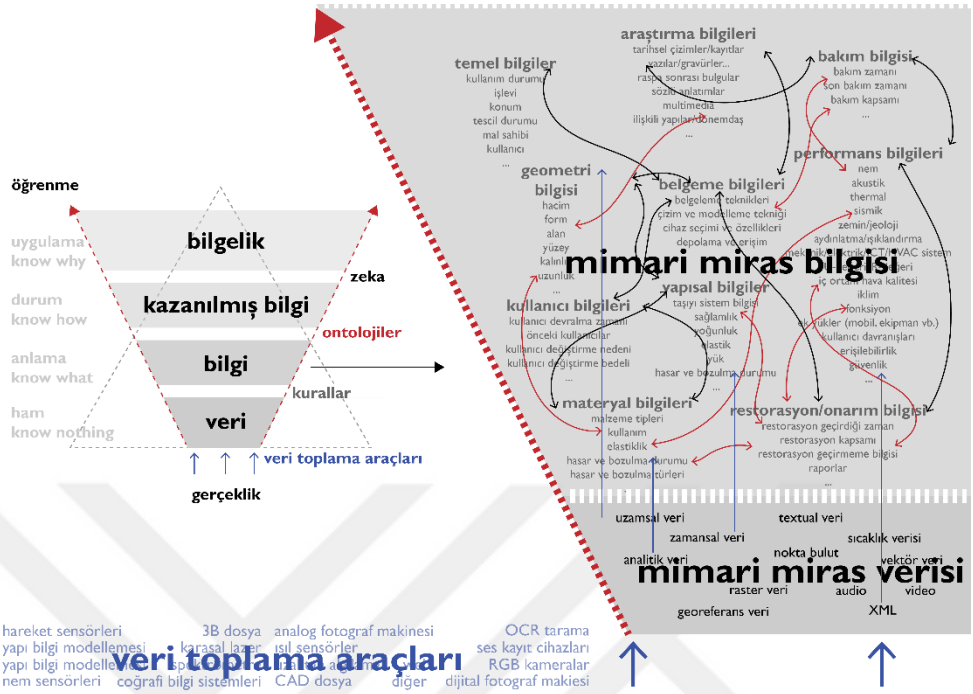


Şekil 2.14 Semantik teknolojiler ve derin öğrenme (Futia & Vetrò, 2020)

Sistem doğru kurulduğu takdirde nöro-sembolik yapay zekâ semantik bilgi teknolojileri sayesinde bilgi grafikleri ve ontolojilerdeki grafik yapıyı okuyabilir; gizli katmanlardaki algoritma işleyişlerini şeffaf hale getirebilir. Böylece sorgu ve akıl yürütme mekanizmalarının gerçekleştirdiği disiplinler arası ve etkileşimli eşleştirmelerin kaynağı katmanların okunabilirliği sayesinde anlaşılabilir.

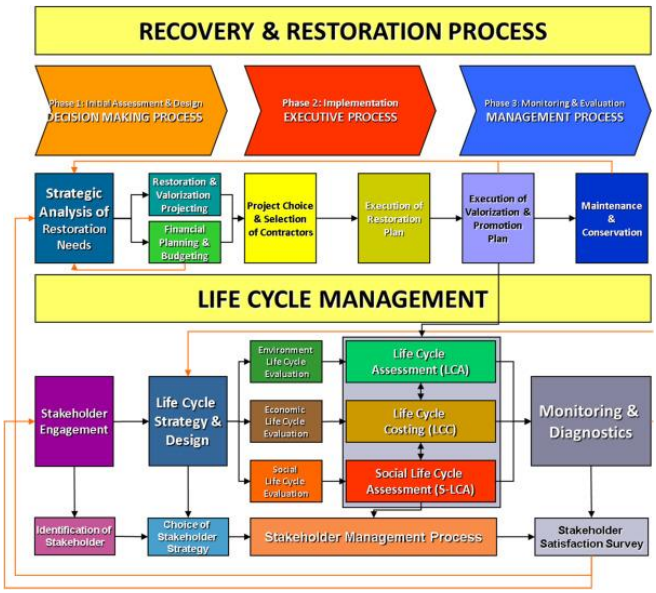
Makinelerde bilginin temsil edilme (*knowledge presentation*) şeklindeki çeşitlilik ve serbestlik veri eşleştirmeden kullanılan sistemlerde uyumluluk sorunlarına neden olabilmektedir. Bu serbestlik makinelerin okuyabileceği yapılandırılmış verilerin oluşturulması sırasında aynı kavramların farklı biçimlerde, farklı kavramların aynı biçimde, aynı kavramların farklı detaylarla temsil edilmesine neden olabilmektedir. Bu da kavramlar arası anlam karmaşışına, bilgi edinme, eşleme, saklama vb. kullanımlarda da çelişkilere yol açabilir. Bilgisayar bilimi ve enformasyon yönetim sistemlerinde bilgi temsilinde ortaklık sağlayan araçlar ontoloji olarak adlandırılmaktadır. Bir alanın bilgisini temsil eden ontolojilere de alan ontolojileri (*domain ontologies*) denmektedir. Alan ontolojilerine örnek oluşturan, bir alanın bilgisine başvurmak ve bilgi tabanında sorgulamak amacıyla standartlaştırılmış ontolojiler ise uygulama ontolojileridir (*application ontologies*). Uygulama ontolojilerine yeni bir kavram eklemek, ilişki tanımlamak veya farklı bir uygulama ontolojisiyle birlikte kullanmak gerektiğinde fazlaca özelleştikleri için kurguda değişiklik yapmak zorlayıcı olabilir. Bir alan için fazlaca özelleşmiş bir uygulama ontolojisi yerine temel kavramları barındıran çekirdek ontolojiler (*core ontologies)* veya bir alana dair genel ve güncel çerçevenin çizildiği referans ontolojiler (*reference ontologies*) altyapı olarak kullanmak alan ontolojileri oluşturmak için değerlendirilebilir diğer seçeneklerdir. (Yargan, Formel Ontolojiler ve Betimleyici Mantıklar, 2019) Her ontoloji değerli bir görüş ve kavram haritası sunduğu için yeni bir alan ontolojisi üretilirken mevcut ontolojilerin göz ardı edilmemesi önemlidir. Kültürel mirasa ilişkin kurulacak ontolojiler, konusuna özgün olacağı için uluslararası platformlarda kabul görmüş çekirdek (CCO, Dublin Core, FOAF vb) veya referans ontolojiler (CIDOC CRM-ISO 21127) üzerinden bir kurgu gerçekleştirmek mantıklı olacaktır. Böylece farklı

ontolojilerle ilişki kurması gerektiğinde semantik web teknolojileri kullanılarak mevcut ontolojilere doğrudan bağlanabilir.



Şekil 2.15 Bilginin formüle edilmesi

Mimari miras ontolojisi oluşturmak için içeriğin tanımlanması, içeriği temsil edecek çerçevelerin belirlenmesi ve altyapı oluşturabilecek ontolojilerin seçilmesi gereklidir. Eserin tanımını restorasyon projesindeki aşamalarıyla birlikte ele almak gerekirse mimari eser (fonksiyon, yapı grubu, mahal, yapı eleman vb.) mimari eseri incelenme süreci (araçlar, araştırma kaynakları vb) yaşam döngüsü ve aktörlerin (mimar, restoratör, mühendis vb) temel ontolojileriyle irdelenmelidir. Bu konuda karşılan anahtar kelimeler ve etiketler: *ontologies for built heritage, ontologies for heritage buildings, ontologies for architectural heritage.*



Şekil 2.16 Mimari miras yaşam döngüsü (Blundo, ve diğerleri, 2014)

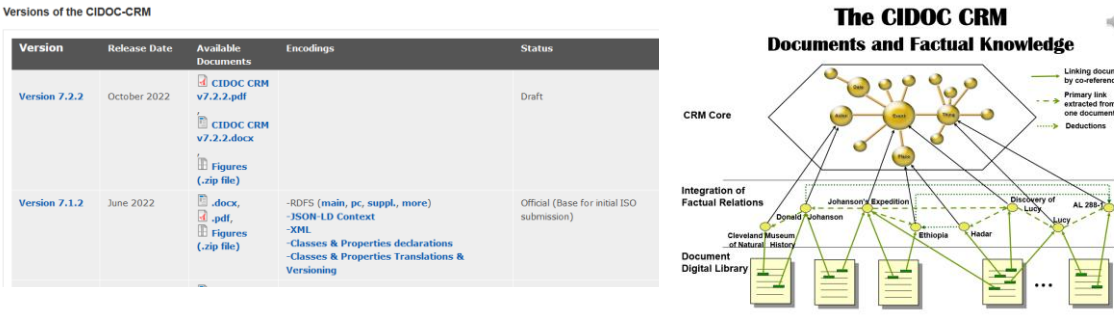
Kültürel miras bilgisi sınırları net bir şekilde çizilemeyen etkileşimli bir çalışma alandır: koleksiyon açıklamaları (resim, arkeoloji vb. üst verisi), arşiv ve literatür taramaları (kayıtlar, mektuplar, yazılı anlaşmalar vb), bilimsel laboratuvar deneylerin uygulamaları (kimyasal bileşenlerin bilinmesi ve yorumlanması vb) materyalin konservasyonu, sunumu ve yönetimi, inşai faaliyetler ve dahası. Her alan kendi içinde bir yönteme, forma ve iletişim diline sahiptir. Bu çeşitlilikte veri kümeleri bir şemada sabitlenemez fakat örtüştürülebilir. (Stead, 2008)

Müzeler, kütüphaneler, arşivler ve diğer kültürel kurumlar arasında kültürel miras belgelenmesinde semantik birlikte çalışabilirliği sağlamak için kullanılan resmi ontoloji CIDOC CRM - ISO 21127'dir. Kültürel mirasın belgelenmesi için açık ile örtülü kavramları ve kavramlar arası ilişkileri resmi bir dilde haritalar. Haritalama için sınıf ve özellikleri programlama dillerine uygun olarak sembolleştirir; mantığını programlar. (Stead, 2008) (Tzitzikas, Mountantonakis, Fafalios, & Marketakis, 2022)

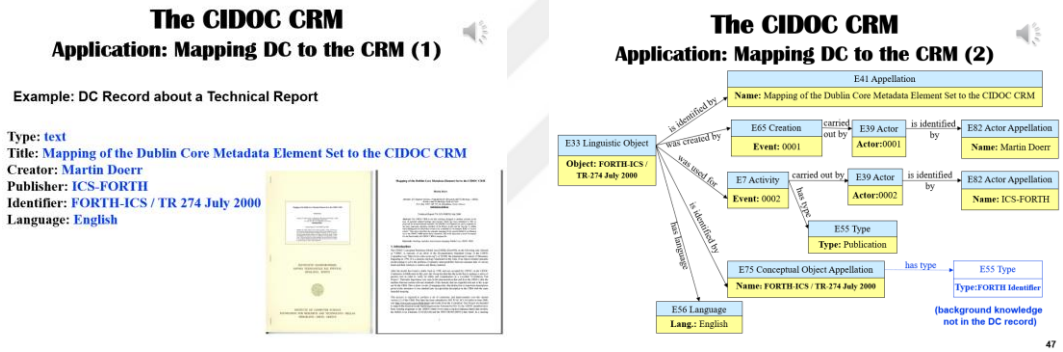
Kültürel miras için oluşturulan ontolojilerden bir diğeri NFDI4Culture[20] ontolojisidir. NFDICO (*NFDI Core Ontology*) çekirdek ontolojisi, NFDI4Culture'ın

[20] NFDI4Culture – Nationale Forschungs Daten Infrastruktur (NFDI). NFDI4Culture bu çalışmanın NFDI4Health, NFDI4Agri gibi bir konsorsiyumudur. *Consortium for Research Data on Material and*

veri alanındaki tüm kaynakları (veri kümeleri, veri sağlayıcıları, kişiler, projeler ve diğer varlıklar)[21] tanımlamaktadır. NFDICulture bilgi grafiğinin temelini oluşturur, çok sayıda dış sözlüğe ve ontolojiye eşleme sağlar.



Şekil 2.17 CIDOC-CRM 2000 yılından günümüze yayımlanmış versiyonların bulunduğu web sayfası (Versions of the CIDOC CRM, 2022) ve dijitalleştirilmiş belgelerden elde edilen bilginin CIDOC CRM ontolojisine göre ilişkilendirilmesi (CIDOC CRM Tutorial, 2019)



Şekil 2.18 DublinCore standardına göre tanımlanmış bir teknik raporun üstverileri ve Dublin Core'daki üst verilerin CRM'de sınıf ve özelliklere göre haritalanması[22] (CIDOC CRM Tutorial, 2019)

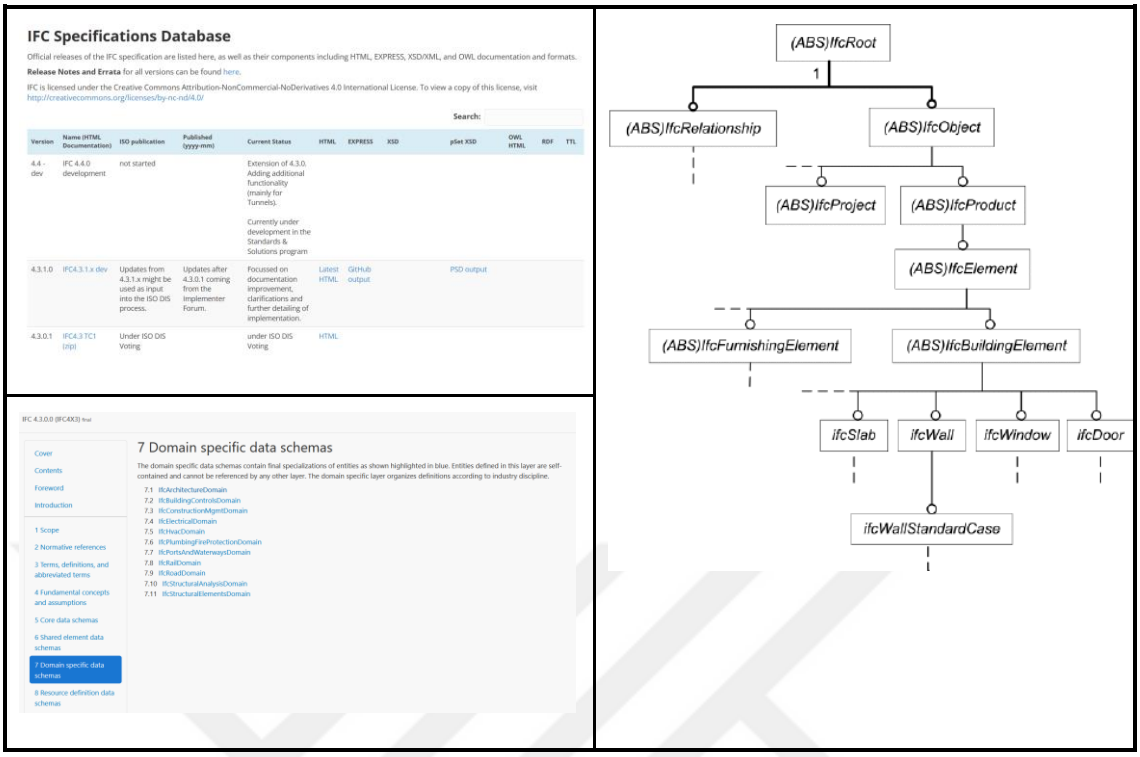
Immaterial Cultural Heritage (Maddi ve Maddi Olmayan Kültürel Miras Araştırma Verileri Konsorsiyumu) https://nfdi4culture.de/

[21] https://nfdi4culture.de/resource/about.html

[22] Görselde E33, E56 vb -E- harfiyle başlayan kısaltmalar CIDOC-CRM versiyonlarındaki sınıflardaki varlık (*entity*) kodunu ifade etmektedir (sağda).

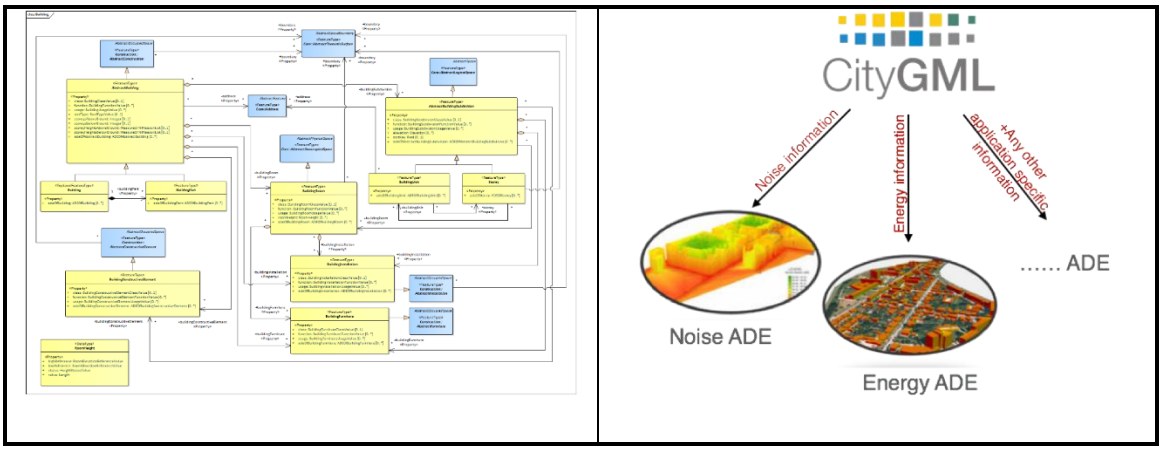
İnşaat (yapı bilgisi) ontolojileri (*ontologies for construction domain, AECO Ontology*) inşaat hedeflerini gerçekleştirmek için proje yönetimi, inşaat yönetimi, mimari tasarım, bilgiye dayalı sistem vb. düşüncelerin üzerinden gelişmektedir. Yapı bilgi modellemesi, mimari (*IfcArchitectureDomain*), yapı kontrol sistemleri (*IfcBuildingControlsDomain*), proje yönetimi (*IfcConstructionMgmtDomain*), elektrik işleri (*IfcElectricalDomain*), havalandırma ve iklimlendirme (*IfcHvacDomain*), genel tesisat ve yangın tesasaitı (*IfcPlumbingFireProtectionDomain*), yapısal analiz (*IfcStructuralAnalysisDomain*) ve yapısal elemanlar (*IfcStructuralElementsDomain*) ile ilgili alanların formülize edilmiş halidir. (IFC4 diagram'dan alınmıştır) (buildingSMART, 2022) (Guerra de Oliveira, Biancardo, & Tibaut, 2022) Yeni yapı modellemeleri için kullanılan sistem aktörlerin (mimar, mühendis, müteahhit vb) yetkilerine göre modelleme yapabildiği, yapı elemanlarının geometrik ve semantik (taşıyıcı, materyal özellikleri, U değeri, yangın dayanımı vb) olarak tanımlandığı, yapay zeka ile disiplinler arası çakışmaları gösterildiği, veri şemasının semantik web teknolojilerine uygun dönüştürülebildiği (IFC[23] EXPRESS'ten[24] ifcOWL'ye dönüşümü), çevre ve malzeme simülasyonuna izin verildiği ve daha birçok özelliğe sahiptir. BIM bu yetileriyle, tarihi yapı bilgi modelleme sürecinin bir parçası olmak için yeterli olduğunu kanıtlamıştır.

[23] (buildingSMART, 2022) (buildingSMART, 2022)
[24] EXPRESS, veri modelleme dilidir. Grafiksel ve yazınsal olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.19 IFC'nin 1999'dan itibaren yayımlanan şemaları listesi, IFC 4.3.1.0 versiyonunda yayımlanan alana yönelik spesifik şemaların listesi ve IFC şemasının kısmi gösterimi (buildingSMART, 2022)

CityGML, GIS uygulamaların en çok kullanılan açık kaynak kodlu veri modelidir. CityGML şehirlerin üç boyutlu model temsili, depolanması ve model değişimi için kavramsal model tanımlamaktadır. Akıllı kent planlanması, dijital ikiz oluşturulması, yaya navigasyonu, enerji, çevre ve trafik simülasyonları için coğrafi veri entegrasyonu sağlamaktadır. CityGML bir geometrik modele ve bir tematik modele sahiptir. CityGML'nin tematik modeli, yapılar, rölyef, ulaşım, arazi kullanımı, tüneller, köprüler, bitki örtüsü, su kütleleri ve şehir mobilyaları gibi sınıfları içermektedir. CityGML'de tanımlanan yapı modül yapıyla alakalı tematik ve uzamsal bilgileri sınıflandırmaktadır. cityGML veri modelinde tanımlı olmayan nesne ve nitelikleri modellenmek istediğinde ADE (application domain extensions) uzantıları sayesinde XML şemasında ad alanı (namespace) oluşturarak istenilen model oluşturulabilmektedir. (Netfliy, 2021)



Şekil 2.20 CityGML Yapı sınıfının (class_building) UML diyagramı

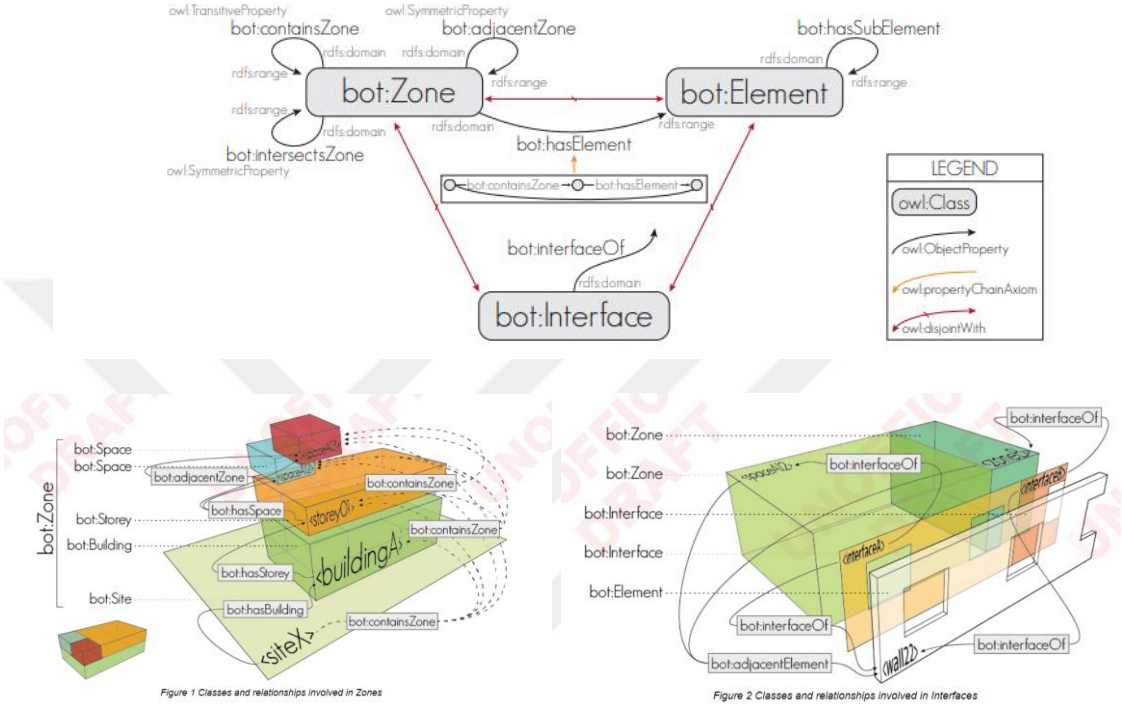
Şekil 2.21 CityGML, ADE ile gürültü, enerji ve diğer modellerin oluşturulması

CIDOC CRM, NFDI4Culture, BIM ve GIS veri şemalarının güncellenme tarihini, şemalarla ilgili kullanım talimatları, diyagramları ve terminolojiyi içeren belgelerini, statüsü (taslak, ISO tarafından onaylanmış vb) ve kodlama bilgisini (şema veya yazılım dili XML, UML, RDF vb) çevrimiçi olarak paylaşmaktadır. Kültürel miras dokümantasyou ile ilgili resmileşmiş model CIDOC-CRM'dir, BIM ve GIS'te metodolojik olarak bu konular çalışılmaya devam etmektedir. Bilgi modellerinin açık kaynak kodlu olması, tarihi yapılara özgü kodlama sistemlerinin geliştirilmesine imkân tanımaktadır. Bu kodlamaya yönelik terminoloji BIM, GIS ve Getty Enstitüsü'nün sözlüklerinden seçiler yapılarak gerçekleşmektedir. (Futia & Vetrò, 2020)

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) metodolojisi, paydaşları tarafından tüm bilgilerin dijital teknolojiler kullanılarak kesintisiz olarak paylaşılmasını savunmaktadır. BIM metodolojinin son evresi olan BIM Olgunluk Seviyesi 3[25], yapıların yaşam döngüsü boyunca paydaşlar arasında web tabanlı birlikte çalışabilir, disiplinler arası bilgi alışverişini öngörmektedir. W3C Bağlantılı Yapı Veri Topluluğu Grubu (W3C LBD-CG, *Linked Building Data Community Group*) modern web tabanlı uygulamalardaki bu vizyonu gerçekleştirmek için Yapı Topolojisi Ontolojisini (BOT) geliştirmiştir. (Rasmussen, Lefrançois, Schneider, & Pauwels, 2021)

[25] **4.4 Standartlar ve Politikalar** başlığına bakınız.

BOT, bir yapının alt bileşenleri arasındaki ilişkileri tanımlamak için oluşturulmuş temel bir OWL DL (Description Logics) ontolojisidir. Temel olarak üç grup geliştirilmiştir: *bot:Zone (zone) , bot:Element (eleman), and bot:Interface (arayüz)*. Yeniden kullanımı teşvik etmek ve şemayı basit halde tutmak için genişletilebilir bir temel olarak önerilmiştir. (W3C LBD CG, 2020)



Şekil 2.22 Üç temel sınıf ve sınıf ilişkilerinin gösterimi[26]
(Rasmussen, Lefrançois, Schneider, & Pauwels, 2021)

[26] Zonelarda (sol alt) ve arayüzlerde yer alan (sağ alt) sınıfların ve ilişkilerin gösterimi. BOT 2021 taslak raporundan alınmıştır.

3
DİJİTAL MİRAS

Tezin bu bölümünde mimari miras ve dijital miras tanımlarından bahsedilecek; dijital miras ile ilişkili uluslararası çalışmalar sunulacaktır.

3.1 Somut ve Somut Olmayan Kültürel Miras

Koruma kavramı temelinde, insanın koruma iç güdüsünün canlının çevresel etkenlere karşı kendisini ve değer verdiği nesnelerin varlığını sürdürmeye çalışması yatmaktadır. Özellikle insanların yaşantısı içinde var ettikleri veya anlam atfettikleri yapılar, nesneler veya ritüeller 19. yüzyıl öncesinde var oldukları biçimde değerlendirilmeye değer görülürken, 19. yüzyılda mimarların ulusal ve uluslararası yapılanma girişimlerinde bulunduğunu ve çeşitli tanımlara gittiğini görebilmekteyiz. 20. yüzyıla gelindiğinde ise korunacak eserlerin mevcut dönem özellikleri ve stillerinin korunması savunulmuş; 21. yüzyılda ise korunacak varlığı var eden somut ve somut olmayan tüm değerler koruma biliminin konusu haline gelmiştir.

2003 yılında UNESCO “Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi” Somut Olmayan miras tanımı şu şekildedir:

> “Toplulukların, grupların ve kimi durumlarda bireylerin, kültürel miraslarının bir parçası olarak tanımladıkları uygulamalar, temsiller, anlatımlar, bilgiler, beceriler ve bunlara ilişkin araçlar, gereçler ve kültürel mekânlar”
>
> “Kuşaktan kuşağa aktarılan bu miras, toplulukların ve grupların çevreleriyle, doğayla ve tarihleriyle etkileşimlerine bağlı olarak, sürekli biçimde yeniden yaratılır ve bu onlara kimlik ve devamlılık duygusu verir; böylece kültürel çeşitliliğe ve insan yaratıcılığına duyulan saygıya katkıda bulunur.”

2011 tarihli Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunması Sözleşmesi kültür mirasını üç sınıfta gruplandırmaktadır:

- Anıtlar: Bu gruba mimari yapılar, heykeller, resimler, arkeolojik eserler, kitabeler, mağaralar ve eleman birleşimleri girmektedir. Bu grupta yer alan eserler tarihi veya sanatsal veya bilimsel olarak evrensel değerlere sahiptirler.
- Yapı toplulukları: Bu gruba giren yapı toplulukları bulundukları konum nedeniyle tarihi veya sanatsal veya bilimsel olarak evrensel değerlere sahiptirler.
- Sitler: Bu gruba giren sit alanları ya insan ürünüdür ya da doğal bir şekilde oluşmuştur. Ya da bu ikisinin kombinasyonudur. Bu gruba giren sit alanları ya estetik, ya etnolojik ya da antropolojik bakımdan evrensel değerlere sahiptirler.

2013 yılında yayımlanan ICOMOS Mimari Miras Koruma Bildirgesi'nde Kültürel Miras ve Mimari Miras kavramları, aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

> "Kültürel Miras: Geçmişten bugüne ulaşmış, insanların sahiplik bağı içinde olmaksızın sürekli değişim halinde olan değerlerinin, inançlarının, bilgilerinin ve geleneklerinin bir yansıması olarak betimlenen somut ve somut olmayan tüm varlıklardır. Kültürel miras, insanlar ve mekânlar arasında zaman içinde meydana gelen etkileşimden kaynaklanan çevrenin tüm özelliklerini içerir."
>
> "Mimari Miras: İnsanlığın ortak malı olan ve günümüze ulaşmış özgün nitelikleriyle geleceğe aktarılması gereken, farklı ölçek ve nitelikte olan ve tüm değerleriyle, bütünleşik koruma ilkelerine göre korunması gereken yapı ve yapı gruplarıdır."

Miras kavramı, uluslararası koruma örgütlerince aşağıdaki başlıklarla ele alınmaktadır:

- Somut Kültürel Miras
    - Taşınır Kültürel Miras (tablo, heykel, sikke, el yazmaları, arkeolojik eserler vs.)
    - Taşınmaz Kültürel Miras (anıtlar, arkeolojik sitler, tarihi kent dokuları vs.)
- Somut Olmayan Kültürel Miras (sözlü gelenekler, gösteri sanatları, ritüeller vs)
- Sualtı Kültürel Mirası (batıklar, sualtı kalıntıları ve kentleri)
- Doğal Miras (kültürel boyutu olan doğal sitler, kültürel peyzajlar gibi, fiziki, biyolojik ve jeolojik formasyonlar vs.)
- Dijital Miras

Ulusal olarak değerlendirildiğinde ise Resmî Gazete'de 1983 yılında yayımlanan 2863 sayılı "Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu" ve 2004 yılında "5226 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu ile Çeşitli Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" kapsamında koruma alanları aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır:

- Kültür Varlıkları
- Tabiat Varlıkları
- Ören Yeri
- Sit

3.2 Dijital Miras

Dijital teknolojilerin kullanımı, kültürel miras ile ilgili çalışmalara öncellikle belgeleme çalışmalarıyla girmiştir. Günümüzde belgelemenin ötesinde mirasın anlaşılması ve korunması için çok önemli bir araçtır. Miras ve teknoloji, birbiriyle doğrudan temas halinde olmayan birçok disiplini bir araya getirmiştir. Tanımı gittikçe zenginleşen miras kavramı, dijital teknolojiler sayesinde araştırma, uygulama, sanat, bilim, tarih ve hükümetler arasında köprü kurmaktadır. 20.

yüzyıl ile teknolojilerin yarattığı alan ve ortam büyüdükçe alanlar arası temas ihtiyacı artmıştır.

Günümüzde dünyada üretilen çeşitli bilgi dijital ortam üretilmekte veya çeşitli dijital formatlara dönüşmektedir. Geleneksel olarak kültürel mirası toplamak ve korumakla görevli kültür kurumları için bu üretim ve formatların gelecek nesillere aktarılmak üzere saklanması gerektiği, seçimin hangi kriterlere göre yapılacağı ve nasıl korunacağı gibi soruları gündeme getirmiştir. Bilgisayar erişiminin kolaylaştığı bu dönemde bilgisayardan erişilmek üzere tasarlanan bu dijital bilgi yumağı, özel teknik ve politikalar geliştirilmediği sürece kaybolmaya müsaittir. Bu bilgilerin korunması beraberinde yeni sorunlar da doğurmaktadır. Materyallerin, özgün biçimiyle gelecek nesillere aktarılabilmesi için teknik ekipman, uyumlu donanım ve yazılım ile ilgili verileri oluşturan dijital dosyalarla muhafaza edilmesi gerekmektedir. Dijital mirasın korunması ancak iş birliği, rehberlik, liderlik ve görev paylaşımı ile sağlanabilir. Bu konuda uluslararası alanda yapılan çalışmalar öncelikle görsel sunum ve anlatının nitelikleri üzerinden tanımlanmış; devamında ise dijitalleştirmenin tüm etki alanı (*birth of new domain)*[27] dikkate alınarak dijital miras (*digital heritage*) tanımıyla bütüncül bir şekilde ele alınmıştır. (UNESCO, 2022)

Avrupa Birliği Konseyi Kültür ve Çoklu Ortam Konulu Taslak ilke kararında[28] (*Draft Resolution on culture and the multimedia,* 1995)[29], Avrupa halkının kültürel ve tarihsel birikimini arttırmak, kültürel mirasını korumak, bu kapsamda üretilebilecek sanatsal ve öğretici eserlerin oluşmasına ön ayak olmak için çoklu ortam ürünlerinden faydalanması gerektiğini konu edinmiştir. ENAME[30] Tüzüğü

[27] 2018 yılında gerçekleşen dijitalMİRAS Uluslararası Kongre yayının ön metininde vurgulanan tamlama
[28] KUMID Türkçe Yayını (Avrupa Birliği Konseyi, 1995)
[29]Taslak ilke kararı özgün yayın (Avrupa Birliği Konseyi, 1995)
[30] https://www.enamecenter.org/
1998'ten beri faaliyette olan Ename Merkezi, (Ename Center) Ename974 Projesinin uluslararası bir uzantısı olarak hizmet vermiştir. Şuan mirasın yorumlanması için uluslararası uzmanlık merkezi olarak faaliyet göstermektedir. Amacı, miras sunumu için yeni teknolojiler ve yeni standartlar geliştirmektir. Merkez, Kültürel Miras Alanlarının Yorumlanması ve Sunulması için ICOMOS Ename Tüzüğünün temelini oluşturmaktadır. (Pletinckx, Callebaut, Killebrew, & Silberman, 2000)

olarak da bilinen ICOMOS Kültürel Miras Alanların Algılanması ve Sunumu Tüzüğü (*ICOMOS Charter on the Interpretation and Presentation of Cultural Heritage Sites, 2008*) sunumların çerçevesini belirlemek, terminolojisi ortaklaştırmak ve yeni standartlar geliştirmek üzere hazırlanmıştır. Töre (2010) yüksek lisans tezinde bu ilke kararı ve tüzük ışığında sanal gerçekliğin mimari koruma alanına sağladığı katkıları irdelemiş; gelecekteki uygulamalarla ilgili öneriler sunmuştur. (Töre, 2010)

Bilgisayar tabanlı görselleştirme teknolojisi ile sistemlerini ilkelere dayandırarak inceleyen ilk mevzuatlar 2009 yılında yayımlanan Londra Tüzüğü[31] (*London Charter,* 2009) ve 2011 yılında yayımlanan Sevil İlkeleri[32] diğer adıyla Uluslararası Sanal Arkeoloji İlkeleri'dir. (*Seville Principles - International Principles of Virtual Archaeology*, 2011) Londra Tüzüğü (2009), miras koruma ve bilişim uzmanları tarafından bilgisayar tabanlı görselleştirmenin kullanımının güvenli ve faydacı olabilmesi için hazırlanmıştır. Sevil İlkeleri (2011), Londra Tüzüğü'nün amaçlarını ve kapsamını genişleterek arkeolojik miras alanında çok sık kullanılmaya başlayan bilgisayar tabanlı görselleştirmenin muhtemel problemlerine dikkat çekmektedir. Sarıcaoğlu (2021) doktora tezinde bu tüzük ve ilkeleri Türkçe literatüre kazandırmıştır. (Sarıcaoğlu, 2021)

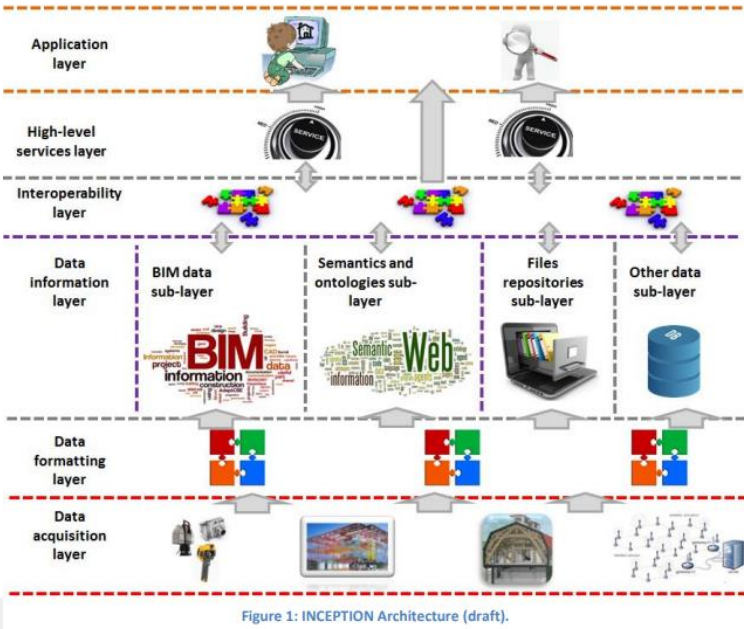
2020 Horizon (H2020) programı kapsamında Avrupa Komisyonu 665220 Hibe Sözleşmesi kapsamında fonlanan INCEPTION[33] (*Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling*) adlı proje kültürel mirasa yönelik oluşturulan üç boyutlu modellerin birlikte çalışabilirliği ve kapsayıcı paylaşımı için yeni erişim biçimleri ve farkındalığına yönelik yeni araçlar geliştirmeyi amaçlamaktadır. Haziran 2015'te başlayan proje, (İtalya) Ferrara Üniversitesi Mimarlık Bölümü başkanlığındaki on Avrupa ülkesinden on dört ortaktan oluşan bir Konsorsiyum tarafından geliştirilmiştir. Avrupa Birliği komisyonun web sayfasından erişilebilen 3B lazer araştırması, veri toplama ve işleme kılavuzları

[31] https://www.londoncharter.org/
[32] http://sevilleprinciples.com/
[33] https://www.inception-project.eu/en

yayımlanmıştır. Projenin odaklandığı hedefler: disiplin ve sektörler arasındaki işbirliğini teşvik edip teknoloji kullanımını kolaylaştırarak Avrupa kültürel kimliği ve çeşitliliği hakkında kapsayıcı bir anlayış oluşturmak; uygun maliyetli prosedürler geliştirmek ve kültürel miras yapıların ve alanlarının yerinde üç boyutlu araştırmak; üç boyutlu ölçüm ve veri yakalamadan kaynaklanan birlikte çalışabilir dijital modellere erişmek, modelleri geliştirmek ve paylaşmak için açık semantik bir web platformu geliştirmek. (INCEPTION, 2018)

2011 yılında Murphy tarafından tariflenen ilk HBIM tanımı, BIM teknolojisinin tarihi yapılarda parametrik ve prosedürel kullanımı üzerinden yapılmıştır. Bu tanımda BIM ve ona eklenebilen eklentiler ile yapıların geometrik çözümlemeleri yapılmakta; malzeme ve eleman kütüphaneleri oluşturulabilmektedir. BIM'deki yapı alan bilgisi doğrudan mimari miras için kullanılmıştır. Sarıcaoğlu (2021) doktora tezinde antik bir kentin HBIM projesini hazırlamış; alan özgü bir metodoloji geliştirmiştir. Konuyla ilgili Bastem (2021) ise yüksek lisans tezinde tarihi yapılarda bilgi modellemesi üzerine bir literatür taraması sunmuştur.

2018 yılında INCEPTION projesi tarafından tanımında ise HBIM, veri edinimden uygulama arayüzüne kadar olan katmanların bütünü olarak tanımlanmış; BIM teknolojisi yapı alan bilgisi ve veri şemalarının diğer ontolojiler ilişki kurma yeteneğine bağlı olarak bilgileri birleştirici katmanda yer almıştır. BIM bilgilerin birbirine bağlanabildiği ve semantik geometrinin üç boyutlu olarak temsil edilebildiği teknolojiye sahip olduğu HBIM'in en önemli katmanıdır. BIM kullanımına yönelik açıklamalara Bölüm 4'te yer verilmiştir. (INCEPTION, 2018)



Şekil 3.1 Avrupa Birliği INCEPTION projesi H-BIM katmanları[34] (INCEPTION, 2018)

Dünya genelinde ulusal veya uluslararası düzeyde çeşitli miras konuları dijitalleştirilmekte veya dijitalleştirilmeye çalışılmaktadır. Akıllı kültürel miras ve/veya kültürel şeylerin interneti (*IoCT, Internet of Cultural Things*) oluşumlarının sağlam temellere oturtulması için kültürel miras nesnelerinin dijital ortama geçiş süreçlerinin nitelikli bir planlamaya tabi olması gereklidir. UNESCO dijital mirasın kaybolmaması ve gerekli acil politikaların oluşturulması için 2003 yılından UNESCO Dijital Mirası Koruma Sözleşmesi'ni yayımlamıştır. Sözleşmede yayımlanan üst ve alt başlıklara aşağıda yer verilmiştir. (Tonta, 2013)

[34] Aşağıdan Yukarıya Doğru Katman Tanımları: Veri Edinimi Katmanı, Veri Biçimlendirme (Dönüştürme) Katmanı, Veri Bilgisi Katman, Birlikte Çalışabilirlik Katmanı, Üst Seviye Hizmet Katmanı, Uygulama Katmanı (Araştırmacı/Son Kullanıcı Arayüzü)

Tablo 3.1 2003 tarihli UNESCO Dijital Mirası Koruma Sözleşmesi madde özetleri (UNESCO, 2003)

Ortak Miras Olarak Dijital Miras:	**Miras Kaybına Karşı Güvenlik:**	**Gerekli Politika Geliştirme:**	**Sorumluluklar:**
Kapsam (madde 1) • Dijital Miras • Dijital Materyal **Dijital Mirasa Erişim (madde 2)** • Kamunun erişimi • Kamu malı olmalı ve kısıtlama olmamalı • Bilgileri ihlaline karşı koruması olmalı • Yasal düzenleme ve uygulama ortamları ile ilgili iş birliği yapılması ve erişebilirliği üst düzeye çıkarılması • Bilgi üreticisi, hak sahipleri ve kullanıcılar arasındaki haklar uluslararası kural ve anlaşmalar ile dengeli bir biçimde tanımlanmalı	**Kaybolma Tehdidi (madde 3)** • Teknoloji eskimesi • Kaynak belirsizlikleri • Bakım, onarım gibi sorumluk ve yöntemlerin yasal tanımlanması olmaması • Bütçe **Eylem Gereksinimi (madde 4)** • Tehditlerin giderilmesine yönelik ulusal ve uluslararası düzeyde yasal, ekonomik, sosyal ve teknik önlemler **Dijital süreklilik (madde 5)** • Dijital bilgi döngüsü • Oluşumdan erişime kadar uzun süreli istikrarlı güvenli sistem ve prosedürler	**Strateji ve Politika Geliştirme (madde 6)** • Öncelik durumu, mevcut şartlar ve araçlar, geleceğe yönelik tahminler **Saklanması Gerekenleri Seçme (madde 7)** • Kültürel, bilimsel ve belgeleme dayalı ve uzun süre önemini yitirmeyeceklerin seçilmesi • Seçimde öncelik dijital doğanlara verilmeli • Değerlendirmeye dayalı ilke, politika, prosedür ve standart **Dijital mirası koruma (madde 8)** • Özgünlüğün korunması ve kasıtlı değişiklere imkân vermeyen uygun yasa ve kuramsal çerçeve • Benimsetme çalışmaları **Kültürel Mirası Saklama (madde 9)**	**Roller ve Sorumluluklar (madde 10)** • Özel sektörün ulusal organizasyonlarla iş birliği yapması • İlgili kurum ve meslek birlikleri ile bilgi ve deneyim paylaşılması, eğitim ve araştırmanın geliştirilmesi • Araştırma verilerinin korunması için üniversite, kamu ve özel araştırma kuruluşlarının teşvik edilmesi **Ortaklıklar ve İş Birliği (madde 11)** • Bu alanda çalışanlar için sürekli çaba gereksinimi • Yaratım, yayılım, erişim, korunum ve sürekli erişim için uluslararası iş birliği ve dayanışması • Kuruluşları bilgi ve teknik paylaşması için teşvik edilmesi • Eğitim ve öğretim teşviği • Kaynak paylaşımı ve uygulama yaygınlaştırma **UNESCO'nun rolü (madde 12)** • İlkelerin tanınması, ulusal ve uluslararası uygulamaya teşvik • Kamu, STK, özel sektör için referans noktası ve forum • Farkındalığı artırmak teşvik ve etik standardı yasal ve teknik yönerge önerimi • Tüzüğü dayandırarak ihtiyaçların belirlenmesi

Bu sözleşme kapsamında dijital miras ve dijital materyal olarak iki konuya dikkat çekilmiştir. **Dijital miras** insan bilgisinin ve ifadelerinin bulunduğu benzersiz kaynaklardan oluşmaktadır. Çeşitli alanlarda (tıp, hukuk, teknik, eğitim, idari, bilimsel vb.) dijital olarak oluşturulan bilgiler ile mevcut analog kaynaklardan dijital ortama aktarılmış bilgilerin bir araya gelmesidir. **Dijital malzeme/materyal (*digital material*)** ise çeşitli dijital ortamlarda üretilen, gelişen ve büyüyen formatlardır (metin, görseller, sesler, grafikler, yazılım, web sayfaları vb). Ömürleri sınırlıdır, ömürlerin uzatılması için üretim, bakım, koruma ve yönetime ihtiyaç duymaktadırlar. Bu kaynakların pek çoğu barındırdığı kalıcı değer ve anlamdan ötürü gelecek kuşaklar için korunmalı ve saklanmalıdır. Sürekli büyüyen bu kaynaklar herhangi bir dilde, dünyanın herhangi bir yerinde, insan bilgi ve ifadelerinin herhangi bir alanında mevcut olabilir. (UNESCO, 2003)

Bu tanımlardan anlaşıldığı üzere dijital miras, dijital doğan/doğuştan dijital miras (*born digital heritage)* ve dijitalleştirilen miras (*digitized/digitalized heritage*) olarak iki grup altında derlenmiştir. UNESCO tarafından yapılan dijital miras tanımında, farklı dijital araçlar ile mirasın dijitalleştirilmesi ve dijital miras verilerinin işlenmesi ile ortaya çıkan miras ile ilgili tüm dijital veri çalışmalarını ve bunların korunması için gerekli olan araç, donanım, yazılım, teknik, teknoloji gibi gereksinimleri de kapsamaktadır.

3.2.1 Dijital Doğan/Doğuştan Dijital Miras Tanımı

İngilizce "*born digital heritage*" olarak kullanılan tamlama, Türkçe kaynaklarda "dijital doğan miras, sayısal doğan miras, doğuştan dijital miras, doğuştan sayısal miras, doğma büyüme dijital vb" sözcüklerle ifade edilmiştir. Tamlama, ilgili kurumlarca (UNESCO Türkiye Komitesi vb.) tanımlanmadığı için genel kullanımda karşımıza çıkan "dijital doğan/doğuştan dijital" miras birlikteliğindeki bir kullanımın daha kapsayıcı olduğu düşünülmektedir.

Dijital olarak doğan her materyalin dijital miras olarak ele alınabileceği düşünülmemelidir. Bir dijital materyalin miras olarak değerlendirilebilmesi için analog olarak doğmaması, kaynakların insan bilgisini ve ifadesini temsil etmesi,

kaynakların şimdiki ve gelecek nesiller için kalıcı bir değere sahip olması gibi önkoşulları sağlamalıdır. Devamında genel özelliklere bakıldığında dijital varlıkların dijital miras olarak ele alınması için özgün içerik dijital olarak üretilmiş ve sunulmuş olması, kolayca çoğaltılabilir/değiştirilebilir/yok edilebilir olması, ağa bağlı veya dağıtılmış depolama imkanına sahip olması, teknik eskime ve fiziksel bozulmaya müsait olması, var olabilmesi için bilgisayarlara ve ilgili araçlara bağlı olarak donanım ve yazılıma ihtiyacı duyması, formatı ve depolama ortamına ihtiyaç duyması ön plana çıkan bazı başlıklardır. (Ruan & McDonough, 2009)

İlgili uluslararası sözleşmede kaynağın doğuşundan yola çıkarak bilişimsel (enformatik) ve maddesel anlamda tanımlara yer verilmiştir. Fakat bir dijital sanat eseri veya yaratıcılığa dayalı meydana gelen eserlerde, korumanın nasıl olması gerektiğine dair unsurlar eseri üreten sanatçı ile belirlenmelidir. Görülen veya görülemeyen tüm fiziksel etmenlerin yanı sıra eserin fikir bütünlüğü olarak yer aldığı kavramsal çerçeve ve deneyim süreçleri bir arada ele alınmalıdır. (Artut, Yılmaz, & Karaman, Teknolojik Sanat Geleceğe Nasıl Taşınır?, 2020) Bir dijital varlık üreticisi, eğer varlığının sürdürülebilir olmasını istiyorsa varlığı oluşturmaya başladığı andan itibaren onu korumaya alacak stratejileri de belirlemelidir.

Bu konuyla ilişkili başlıklar, Bölüm 4'te daha detaylı olarak ele alınacaktır.

3.2.2 Dijitalleştirilen Miras

Dijital varlıkları oluşturmak, kullanmak ve sürdürmek için dijitalleştirme (ortam, yöntem, teknik, araç, teknoloji), erişim ve koruma başlıklarına değinilmelidir. Sırasıyla başlıkları ele almak gerekirse günümüzde dijitalleştirme çeşitli biçimdeki bilgilerin 2B veya 3B tarayıcı, X-ray, dijital kamera gibi elektronik cihazlar, dijital devreler, ekipmanlar ve ağlar yardımıyla işlenebilmesi, saklanabilmesi ve iletilebilmesi için dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır. (Sotirova, Peneva, Ivanov, Doneva, & Dobreva, 2012)

Dijitalleştirme süreci girdi ve çıktıyla ilgili tüm basamakları kapsamaktadır. Bu süreç planlaması ihtiyaç duyulan girdi ve çıktıya göre bütüncül olarak planlanmalı; araç, yöntem, teknik ve teknolojinin bu plana göre seçilmelidir. Bu gereksinimlerin seçimi, dijitalleştirmek istenen öğenin önceliğine (risk durumu), türüne (metin, fotoğraf, ses, video, mimari yapı, arkeolojik alan vb) kapsamına, dijitalde kullanım ihtiyacına (makine okuması), bulunacağı ortam (*medium, multi medium*), büyüklüğüne (dijital ortamda), uyması gereken kriterler gibi konulara bağlı olarak değişebilmektedir. Dijitalleştirme teknolojisi özel donanım, yazılım ve ağlardan oluşur; teknik altyapı, protokolleri, standartları ve prosedürleri (iş akışı, bakım, güvenlik, yükseltmeler vb) içerir. Dijitalleştirmede süreci mevcut bir sisteme veya modele entegre olacak şekilde kurgulanıyorsa heterojen verilerin (farklı veri formatlarının uyumlu çalışması) birlikte çalışabilirliği ve teknolojik yakınsamaya[35] dikkat edilmelidir.

Erişim ise dijital varlığı sadece görünür kılmak değil aynı zamanda verimli ve sezgisel kaynak keşiflerine açık olması anlamına gelmektedir. Geçmişte oluşturulan ve erişiminin sürekliliğini sağlamak için dijital varlıkların korunmasına ihtiyaç vardır. Koruma sadece varlıkların fiziksel olarak sağlam olduğu anlamına gelmez aynı zamanda oluşturulabileceği ve fiilen kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Dijital varlığı var eden kaynak dosya (analog), sistem ve cihazların da korunmaya ihtiyacı olduğu unutulmamalıdır.

Dijitalleştirme sürecinin birçok paydaşı vardır. Kaynağın sahibi, dijitalleştirme ortam veya hizmet sağlayıcısı, finansman gibi paydaşlar bir araya geldiğinde telif hakkı, yazarlık, fikri mülkiyet hakkı, ticari haklar gibi haklar gündeme gelmektedir. Dijitalleşme projesinin başlangıcında projeye dahil olan tüm paydaşlar kaynak sahipliliği, kaynak üzerinden geliştirilen fikirlerin aitliği ve özgünlüğü, depolama, sunum, erişim, paylaşım, dağıtım, ticaret gibi konuları yasal çerçeve içerisinde tanımlamalıdır.

[35] Teknolojik yakınsama (*technological convergence*) veya dijital yakınsama (*digital convergence*), ortaya çıktıklarından birbiriyle ilgisiz olan teknolojilerin geliştikçe birbirine yakınlaşması ve aynı ortamlarda biraraya getirilmesidir. Örneğin bilgisayar, telekomünikasyon ve medyanın evrimleştikçe birbirine yakınlaşması. (Şıklar, Tunalı, & Gülcan, 2015)

Bu bölüm ile ilgili başlıklar, Bölüm 4'te detaylı olarak ele alınacaktır.

3.2.3 Dijital Miras Türleri ve Çalışma Alanları

Çağımızda kültürel mirasa ait bilgiler bütünü, arşivleme kolaylığından ötürü dijital ortamda saklanmaktadır. Bu da veriye dönüşmüş bilginin korunması düşüncesini ortaya atmaktadır. Bu bilginin hangi tüzel kişilikler aracılığıyla korunacağı, kodlama sistemlerinin kime göre ve ne şekilde geliştirileceği Eylül 2012 tarihinde gerçekleşen "Dijital Çağda Dünya Belleği: Dijitalleştirme ve Koruma Konferansı"nda (*The Memory of the World in the Digital Age: Digitization and Preservation*) tartışılmış ve bu konferans Yaşar Tonta aracılığıyla raporlanmıştır. Sempozyumda katılımcıların kaygıları bilginin üretimi, kodlanması, sınıflanması, aktarılması, erişimi, erişim izni, yetkinliği, kopyalanması, değerlendirmesi, kaybolması ve telif haklarının sahipliliği şeklinde sıralanmıştır. Raporlanan çalışmalarda kullanılan çağdaş kayıt yöntemlerinin koruma nesneleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu fakat nesnelerin kopyalarını çıkarmanın aslının korunmasını garanti altına almadığına ve koruma altına alınan orijinal belgelerin önemsiz, bazı durum ve kişilerce vazgeçilebilir hale gelmesi gibi riskler belirtilmiştir. UNESCO Dijital Mirası Koruma Sözleşmesi'nin kapsamının genişlemesi gerektiği ifade edilmiştir. (Tonta, Dijital çağda dünya belleği: dijitalleştirme ve koruma konferansı, 2012)

2013 yılında UNESCO tarafından ilk defa düzenlenen dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi (digitalHERITAGE *International Congress*), yeni etki alanı için çeşitli iş birlikleri için bir çatı oluşturmuştur. Bu kapsamda yüzlerce uzmanın bir araya geldiği kongrede, dijital miras çalışma alanlarıyla ilgili bir çerçeve çizilmiştir. Kongrede dijital miras türleri için beş başlık ve dijital teknolojilerin mirasa getirdiği zorlukları/fırsatları kapsayan altı yol belirlenmiştir. Kongre tartışmaları teorik araştırma, teknolojik yenilik, ekipman geliştirme ve mevcut uygulamalar üzerinden gerçekleşmiştir. (dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi, 2013) 2015 yılında gerçekleşen kongrede ise seminer, sergi ve yarışma gibi birçok etkinliği gerçekleşmiş; çeşitli disiplinler (bilgi bilimi, arşivcilik, araç geliştirici, arkeoloji,

sanat, mimarlık vb. disiplinler arası alanlar) tarafından eserler sunulmuştur. Dijital miras kelimesinin dijitalleşmenin özgün anlamının ötesine geçerek kültürel mirasın tüm yönlerini kapsayacak şekilde genel bir şekilde kullanılmıştır. (dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi, 2015) Dijital miras alanın çeyrek asır içerisinde büyümesi, girişim ve etkinliklerin patlamasıyla birlikte her profesyonelin kendi temel disiplinin ötesini keşfetmeye yöneltmiştir. Bu keşiflerin, disiplinler arası etkileşimi ve üretimi için 2018 kongre teması "*Yeni Gerçekler: Dijital Çağda Özgünlük ve Otomasyon*" olarak belirlenmiş; dört miras alanı (*heritage domain*) ve üç dijital teknolojiye odaklanmıştır. (dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi, 2018) (dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi, 2018)

2013, 2015 ve 2018 yılında gerçekleşen kongrelere ait başlıklar Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 2013, 2015 ve 2018 yıllarında gerçekleşen uluslararası dijitalMİRAS kongrelerinde ele alınan başlıklar

<table>
<tr>
<td>2013

Kongre Sonucunda Tanımlanan Miras Türleri/Temaları:
Yapılı (Arkeolojik/Mimari) Miras
Kültür ve Gelenekler
Müzeler ve Koleksiyonlar
Kütüphaneler ve Arşivler
Sanat ve Yaratıcılık

Kongre Sonucunda Tanımlanan Zorlukları ve Fırsatları Kapsayan Yollar:

Dijitasyon / Dijitalleştirme (Dijital Belgeleme & Girdi)

Görselleştirme ve Etkileşim (Dijital Sunum & Çıktı)

Analiz ve Yorumlama (Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi)

Politikalar ve Standartlar (Dijital Miras Politikası ve Toplumsal Konular)

Dijital Koruma ve Standartlar (Dijital Koruma ve Standartlar)

Dijital Miras Teorisi, Metodolojisi ve Uygulama
(Dijital Miras Çözümleri ve En İyi Uygulamalar)</td>
<td>2015

Kongre Yayın Temaları:
Dijitasyon ve Edinim
Bilgisayar Grafikleri ve Etkileşim
Analiz ve Yorumlama
Teori, Metodoloji, Koruma ve Standartlar
Dijital Miras Projeleri ve Uygulamaları

2018

Kongre Teması:
Yeni Gerçekler: Dijital Çağda Özgünlük ve Otomasyon
Kongrede Odaklanılan Teknolojiler[36]
Gerçeklik Yakalama (Reality Capture)
Gerçeklik Hesaplama (Reality Computing)
Gerçeklik Yaratma (Reality Creation)

Kongre Sonucunda Tanımlanan Zorlukları ve Fırsatları Kapsayan Yollar:
Gerçeklik Yakalama
(Dijital Belgeleme & Girdi)
Görselleştirme ve Etkileşim
(Dijital Sunum & Çıktı)
Analiz ve Yorumlama
(Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi)
Politikalar ve Standartlar
(Dijital Miras Politikası ve Toplumsal Konular)
Dijital Koruma ve Standartlar
(Dijital Koruma ve Standartlar)
Dijital Miras Teorisi, Metodolojisi ve Uygulama
(Dijital Miras Çözümleri ve En İyi Uygulamalar)

Kongrede Odaklanılan Miras Alanları/Temaları
Yapılı ve Arkeolojik Miras
Somut Olmayan Kültürel Miras ve Gelenekler (Diller)
Sanat Eserleri ve Koleksiyonlar
Kütüphaneler ve Arşivler

Kongre Yayın Temaları:
Miras Arşivleri ve Koleksiyonları – Dijital Çözümler
Yorumlama ve Sunum
Miras Verisi: Arkeolojik verileriniz yeterince adil (FAIR[37]) mi?
Somut ve Somut (Vücut Bulmuş) Deneyimler
Dijital Sunum - VR ve görselleştirme
Dijital Sunum - VR / AR Miras Turları ve Hikayeler
Dijital Kültürel Mirasta Duygular: Duygusal açıdan ilgi çekici uygulamaları / araçları nasıl tasarlar ve değerlendiririz?
Dijital Depolar ve Mirasın Korunması
Dijital Arkeoloji: Hepsi ne için? Dijital Olarak Doğmuş Arkeolojik İçgörüler
Uygulamalar: Dijital Mirasta Vaka Çalışmaları
Gerçeği Yakalama – Dijital Dokümantasyon ve Girdi
Analiz ve Yorumlama – dijital Çözümler
Mirasın 3B Belgelenmesi</td>
</tr>
</table>

[36] **Gerçeklik Yakalama:** dijitalleştirme, tarama, uzaktan algılama, vb; **Gerçeklik hesaplama:** depolar, bilgi yönetimi (KM), coğrafi bilgi sistemleri (GIS), bilgisayar destekli tasarım (CAD), üç boyutlu bilgisayar grafikleri (3DCG), yazma (kod/program), arşivler vb; **Gerçeklik Yaratma**: VR, AR, MR, oyunlar, görselleştirme, multimedya, 3B baskı, somutlaştırma, vb.

[37] Dijital koruma ve erişim kapsamında kullanılan (*FAIR: findable, accessible, interoperable, reusable*) kısaltmadır. 4. Politikalar ve Standartlar bölümünde konuyu yer verilmiştir.

Tablo 3.3 2013 ve 2018 uluslararası dijitalMİRAS kongrelerinde tanımlanan dijital miras türleri/temaları ve UNESCO ilişkili çalışmalar

Başlık	**İçerik**	**UNESCO ilgili tüzük ve programlar**	**Yayım lanm**
Yapılı (Arkeolojik/Mimari) Miras (*Built Heritage*) - **2013 dijitalMİRAS** Yapılı ve Arkeolojik Miras (*Built & Archeological Heritage*) **2018 dijitalMİRAS**	Arkeolojik alanlar, sitler ve peyzaj alanları	UNESCO Dünya Mirası Sözleşmesi *UNESCO Heritage Convention*	1972, 1992, 2002
Kültür ve Gelenekler (*Culture & Traditions*) **2013 dijitalMİRAS** Somut Olmayan Kültürel Miras ve Gelenekler (*Intangible Heritage & Traditions*) - ***2018***	Geleneksel halk kültürü gibi somut olmayan kültürel miras (dil, el işçiliği, müzik, dans vb.)	UNESCO Somut Olmayan Miras Sözleşmesi *UNESCO Intangible Heritage Convention*	2003
Müzeler ve Koleksiyonlar (*Museums & Collection* **2013 ve 2018 dijitalMİRAS**	Taşınabilir kültürel kalıntılar ve müzeler	UNESCO Taşınabilir Miras ve Müzeler Programı *UNESCO Movable Heritage & Museums*	2010
Kütüphaneler ve Arşivler (*Libraries & Archieves*) **2013 ve 2018 dijitalMİRAS**	Kitaplardan görsel-işitsel koleksiyonlara belgesel miras	UNESCO Dünya' nın Belleği *UNESCO Memory of the World*	1993
Sanat ve Yaratıcılık (*Art & Creativity*) **2013 ve 2018 dijitalMİRAS**	Internet ve yeni medya ile dijital sanatsal ve yaratıcı içerik	UNESCO Kültürel İfadelerin Çeşitliliği Sözleşmesi ve Yaratıcılık Programları *UNESCO Diversity of Cultural Expressions Convention & Creativity*	2005

Tablo 3.4 2013 dijitalMİRAS Kongresi - dijital miras çalışma alanları (dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi, 2013)

Dijitasyon yolu *Digitization track*	**Görselleştirme ve Etkileşim** yolu *Visualization and Interaction track*	**Analiz ve Yorumlama** yolu *Analysis and Interpretation track*	**Politikalar ve Standartlar** yolu *Policy and standards track*	**Dijital Koruma ve Standartları** yolu *Digital Preservation & Standards*	**Dijital Miras Teorisi, Metodolojisi ve Uygulama** yolu *Theory, methodologies and applications of Digital Heritage track*	**Üst Başlık**
Dijital Belgeleme & Girdi *Digital Documentation & Input*	*Dijital Sunum & Çıktı* *Digital Presentation & Output*	Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi *Digital Content Management & Analysis*	Dijital Miras Politikası ve Toplumsal Konular *Digital Heritage Policy & Societal Issues*	Dijital Koruma ve Standartlar *Digital Preservation & Standards*	Dijital Miras Çözümleri ve En İyi Uygulamalar *Digital Heritage Solutions & Best Practices*	**Alt Başlık**
• Fotogrametri ve görüntü tabanlı modelleme • 3B tarama ve dijitizasyon (lazer, yapılandırılmış ışık, hareket yakalama vb.) • Uzaktan algılama ve hava lidarı • GNSS (GPS, GLONASS, Galileo) • Gelişmiş belge tarama • Düşük maliyetli ve oyun 3B girişi • Ultra yüksek çözünürlük ve HDR fotoğrafçılığı • Terahertz, Kızılötesi, UV ve X-ray görüntüleme • Gelişmiş sensör araştırması	• Sürükleyici ve Aktif/Pasif stereo ekranlar • Gerçek + sanal dünyalar (karma/artırılmış gerçeklik) • Diğer duyuların sanallaştırılması (dokunma, tat, koku, ses) • Haptik ve Multimodal etkileşim • Dağıtılmış VR • Yerel/uzaktan işleme • Yenilikçi etkileşim sistemleri • Miras iletişimlerinin hikaye anlatımı ve tasarımı • Kullanılabilirlik, etkinlik ve ara yüz tasarımı • Malzemelerin görsel simülasyonu • Gelişen görselleştirme teknolojileri	• Tarihi Belge Analizi • Uzaktan Algılama Analizi (havadan görüntü işleme dahil) • Sonlu eleman, yapısal ve diğer analizler • 3B modelleme (CAD tabanlı ve gerçeklik tabanlı) • Yapı bilgi modellemesi (BIM) • Sanal Yeniden Yapılanma Sorunları • Kültürel Mirasta Gerçekçilik ve Yorumlama • 3B, multimedya ve GIS havuzları, platformları ve bilgi sistemleri • Dijital Küratörlük • Sanal GIS ve Haritalama araçları • Gelişen teknolojiler	• Meta Veri İşleme ve Yönetimi • Dijital Haklar • Ortak Miras • Kültürel Analitiz • Risk Altındaki Miras • Miras Konsorsiyumu • E-kütüphaneler • Dijital Beşerî Bilimler • Doğuştan dijital içerik sorunları	• Mirasta Meta Veri İşleme ve Yönetimi • Gereksinimler ve politikalar • Güvenilir dijital depolar / OAIS • Kurumsal Depolar • CH'de Semantik Web • Uzun süreli depolama ve kalıcılık • Koruma için veri biçimleri ve sıkıştırma	• Sanal dokümantasyon • Sanal mirasın korunması • Sanal geri yükleme • Sanal arkeoloji • Sanal müzeler • Sanal Sergiler • Miras için Ciddi Oyunlar • İş birliği ortamları • İnternet teknolojileri ve sosyal medya	**İçerik**

Gerçeklik Yakalama yolu* *Reality Capture* track*	**Görselleştirme ve Etkileşim** yolu *Visualization and Interaction track*	**Analiz ve Yorumlama** yolu *Analysis and Interpretation track*	**Politikalar ve Standartlar** yolu *Policy and standards track*	**Koruma** yolu *Preservation track*	**Dijital Miras Teorisi, Metodolojisi ve Uygulama** yolu *Theory, methodologies and applications of Digital Heritage track*	**Üst Başlık**
Dijital Belgeleme & Girdi *Digital Documentation & Input*	*Dijital Sunum & Çıktı* *Digital Presentation & Output*	Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi *Digital Content Management & Analysis*	Dijital Miras Politikası ve Toplumsal Konular *Digital Heritage Policy & Societal Issues*	Dijital Koruma ve Standartlar *Digital Preservation & Standards*	Dijital Miras Çözümleri ve En İyi Uygulamalar *Digital Heritage Solutions & Best Practices*	**Alt Başlık**
• Fotogrametri, görüntü tabanlı modelleme, SFM • 2B tarama ve belge sayısallaştırma • 3B tarama (lazer, yapılandırılmış ışık, mocap, vb.) • Mobil ve iç mekan tarama ve algılama • uzaktan izleme teknolojileri • GPR ve manyetometri • Uzaktan algılama ve havadan lidar • GNSS (GPS, GLONASS, Galileo) • Düşük maliyetli ve oyun 3D girişi • Gigapiksel, ultra yüksek çözünürlüklü ve HDR fotoğrafçılık • Terahertz, Kızılötesi, UV ve X-ışını görüntüleme • Gelişmiş sensör araştırması	• Sürükleyici ve Aktif / Pasif stereo ekranlar • Gerçek + sanal dünyalar (karma / artırılmış gerçeklik) • Duyuların sanallaştırılması (dokunma, tat, koku, ses) • Dokunsal ve Çok modlu etkileşim • Dağıtılmış VR • Yerel / uzak işleme • Yenilikçi etkileşim sistemleri • Miras iletişiminin hikaye anlatımı ve tasarımı • Kullanılabilirlik, etkinlik ve arayüz tasarımı • Malzemelerin görsel simülasyonu • Gelişen görselleştirme teknolojileri • Hızlı prototipleme, 3d baskı ve reprodüksiyon	• Tarihi Belge Analizi • Uzaktan Algılama Analizi (havadan görüntü işleme dahil) • Sonlu eleman, yapısal ve diğer analizler • 3B modelleme (CAD tabanlı ve gerçeklik tabanlı) • Yapı bilgi modellemesi (BIM) • Sanal Yeniden Yapılanma Sorunları • Kültürel Mirasta Gerçekçilik ve Yorumlama • 3B, multimedya ve GIS havuzları, platformları ve bilgi sistemleri • Dijital Küratörlük • Sanal GIS ve Haritalama araçları • Gelişen teknolojiler	• Meta Veri İşleme ve Yönetimi • Dijital Haklar • Ortak Miras • Kültürel Analiz • Risk Altındaki Miras • Miras Konsorsiyumu • E-kütüphaneler • Dijital Beşerî Bilimler • Doğuştan dijital içerik sorunları	• Mirasta Meta Veri İşleme ve Yönetimi • Gereksinimler ve politikalar • Güvenilir dijital depolar / OAIS • Kurumsal Depolar Ve dijital kütüphaneler • Kültürel mirasta anlamsal ağ ve işleme • Uzun süreli depolama ve kalıcılık kimlik doğrulaması, akreditasyon ve DRM • Veri formatları ve korunması için sıkıştırma • Filigran, yetim eserler, telif hakları ve fikri mülkiyet hakları	• Sanal dokümantasyon • Sanal mirasın korunması • Sanal geri yükleme • Sanal arkeoloji • Sanal müzeler • Sanal Sergiler • Miras için Ciddi Oyunlar • İş birliği ortamları • İnternet teknolojileri ve sosyal medya	**İçerik**

4
DİJİTAL MİMARİ MİRAS ÇALIŞMA ALANLARI

UNESCO dijitalMİRAS kongrelerinin çalışma alanları tüm dijital miras türleri için oluşturulmuş ana başlıklardır. Bu bölüm bu başlıkları üst başlık olarak kabul ederek doğrudan mimari mirasın korunması üzerine odaklandığı için Bölüm 3'ten ayrıştırılmıştır. Bölüm 3'te dijital miras ile ilgili genel bir çerçeve çizilirken bu bölümde yazar tarafından mimari miras ile ilişkilendirilen çalışma alanları açıklanmaktadır. İçerik özetleri aşağıdaki şekildedir:

- Birinci bölümde gerçek ortamda var olan mimari mirasın ve bağlamının algılanması, bilinçli olarak girdilerin oluşturulması ve girdilerin en üst düzeyde potansiyelinin kullanılması için gerçeklik yakalama tekniklerinden bahsedilmiştir.
- İkinci bölüm elde edilen girdilerin bağımsız olarak değil koruma uzmanları tarafından üretilen veri şemalarına (kesişen veri sözlüklerine ve ontolojilerine) bağlanmasını, mimari mirasın düzgün/düzgün olmayan geometrik yüzeylerinin oluşturulmasında kullanılan üç boyutlu bilgisayar grafiklerinin özelliklerinin ihtiyaca göre kullanılmasını ve girdi modlarının etkileşimini açıklamaktadır.
- Üçüncü bölümde mimari mirasın geometrik ve semantik bilgilerinin yönetimi ve analizi için kullanılan tekniklerin tercih edilme sebepleri ve kısıtlılıklarını gidermek birbiriyle gerçekleşen entegrasyonlar ifade edilmeye çalışılmıştır. Bu konu, mimari miras üzerine çalışan mimarların gerçekçi, erişilebilir, entegre ve kümülatif modeller üretmek için her tarihi yapı özelinde denedikleri mimari miras modelleme tekniklerinin bir özetidir.
- Dördüncü bölümde hem iki boyutlu hem de üç boyutlu mimari miras verilerinin erişilebilir kılınması ve sürdürülebilir olması için üretilen politikalar ve standartlar derlenmiştir.

- Beşinci bölümde dijital ortamlarının kararlılık durumlarına bağlı olarak gelişen dijital koruma yaklaşımlarından ve dijital mimari miras için dijital haklardan bahsedilmiştir.

4.1 Dijitalleştirme: Dijital Belgeleme ve Girdi

Vitruvius, insan vücudunun ayakta oluşundan itibaren oluşan etkileşimi, mekân olarak ele almaktadır. (Vitrivius, 2014) Gerçek ortamda bireyler yapı ve nesne arasındaki farkı ölçek, işlev, etkileşim, taşınabilirlik vb. kavramlar üzerinden tanımlayabilmekteyken dijital veya sanal ortamda algı, manipüle edilebilir bir kavram olduğu için yapı, nesne ve nesnelerin bütünlüğü üzerinden ele alınmalıdır.

Dijitalleştirilen mirasın ölçeği ne olursa olsun modelin görüntü elde etmenin ötesinde veri çekilebilir hale getirilmesi önemlidir. Burra Tüzüğü'nde tanımlandığı kültürel mirasın korunma süreci üç aşama olarak ele alınmaktadır: önemini anlamak, politika geliştirmek ve politikaya uygun olarak yönetmek. (Burra Tüzüğü, 2013) Kültür varlığı ile ilgili üretilen projelerde temel ihtiyaç, herhangi bir eylem ve müdahalede bulunmadan önce varlığın fiziksel durumu hakkında veri toplamaktır. Projelendirme süreci haricinde doğal etkiler, vandalizm, şehirlerin gelişimi gibi tehdit altında olan kültür varlıklarının varlığı ve bütünlüğü garanti edilemez. Bu çekinceler ışığında zarar görmeleri ve yok olmaları durumu göz önüne alındığında belgelerinin, gelecek nesillere aktarılabilir olması gerekir.

Belgeleme, koruma sürecinin ilk aşamasında sonlanmaz; aksine arşivlerin güncel tutulması, varlıkların izlenmesi ve daha fazla veri toplanmasıyla beraber devam eder. Dijital teknolojilerin kültürel mirasın korunmasında kullanılmasıyla beraber bilişim ve koruma uzmanları birlikte çalışmaya başlamış; uzmanlar arası bilgi boşlukları çeşitli literatür çalışmalarının yayımlanmasıyla giderilmeye çalışılmıştır. Fakat elektronik cihazların hızla ilerlemesi ve kültürel miras uzmanlarının yardımcı teknolojiler konusundaki bilgi birikiminin yeterli olamamasının süreci karmaşık hale getirdiği çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. İlk girdilerin (*input*) sonraki süreçlerde değerlendirileceği düşünüldüğünde

uzmanların ortak teknik bir dil ve terminoloji yaratarak iletişim kurmaları, proje ihtiyaçlarının önceliklendirmesi ve çıktıların (*output*) iyileştirmelerilmesini sağlayacaktır. (Hassani, Moser, Rampold, & Wu, 2015) Süreç içerisinde bulunacak tüm profesyoneller, algoritma, donanım ve yazılım uygulamaları için kendi taleplerini oluşturmaktadır. (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas, & Chamzas, 2007)

Tablo 4.1 Mimari miras için temel bilgilerin gruplandırılması

Temel Bilgiler	• Kimlik bilgileri (günümüzdeki adı, tarihsel dönemlerdeki diğer adları vb) • Tescil Durumu (Ulusal mevzuata göre tescil durumu, uluslararası kuruluşlarda nitelikli yapı olarak değerlendirilmesi vb) • Yapım yılı, yapan kişi/kuruluş gibi tescil fişi bilgileri	• Konum ve tapu kaydı (enlem-boylam, adresi, ulusal adres veri tabanı kaydı vb.) • Kullanım Durumu ve Süreç (1990'dan beri harabe, 2000'lerden günümüze aktif vb) • İşlevi (günümüz ve diğer dönemler) • Mevzuattaki tanımlar ve eksiklikler (emsal gösterimi)
Kullanıcı Bilgileri	• Güncel mal sahibi (özel, kamu vb) • Önceki mal sahipleri veya kullanıcılar • Kullanım süreleri ve sıkıntıları	• Mal sahibi kiraya verme/devretme nedeni • Kullanıcı değişim nedeni vb.
Araştırma Verileri ve Kaynaklarının Bilgileri	• Tarihsel çizimler/yazılar/kayıtlar (gravür, el yazması, çizim, analog fotoğraf vb.) • Sözlü anlatımlar (kitap tasviri, ses kaydı, video kaydı çözümlemeleri veya özgün çalışma) • Kaynak güvenirlik derecelerinin sınıflandırılması	• Arkeolojik veya restorasyon bulguları (raspa sonrası vb.) • İlişkili/Dönemdaş yapılar ve nesneler ilgili bilgi, analoji, tipoloji ve uygulama karşılaştırmaları • Genel arşiv araştırmaları ve girdi sınıflandırma vb.
Belgeleme Teknikleri ve Bilgileri	• Belgeleme ve Tarama Teknikleri • Çizim ve Modelleme Teknikleri	• Teknoloji/cihaz seçimi ve özellikleri • Veri değer zinciri
Uzamsal, Geometrik ve Form olarak Üslup Bilgisi	• Coğrafi referans bilgileri • Hacim, alan, uzunluk, yüzey, kalınlık, form, oran vb.	• Form olarak üslup (özgün, nitelikli ve niteliksiz ekler)
Zamansal Bilgi	• Dönem, olay, etkinlik bilgisi	• Dönem olarak üslup
Yapısal Bilgi	• Taşıyıcı sistem bilgisi (ahşap karkas, kâgir, kompozit, demir döküm vb.) • Malzeme temin yeri (malzeme almanağı, taşın çıkarıldığı ocak konumu ve işletim bilgisi, gerekli enkesitte kestane ağacı bulunması vb.) • Ana ve yardımcı yapısal eleman sağlamlık, yoğunluk, elastik durumu vb.	• Yapısal hasar ve bozulma türleri (yapısal çatlak, yardımcı elemandan kaynaklı bozulma vb.) • Yük (sabit, hareketli ve çevresel yükler; işleve bağlı ekipman yükleri: klimalar, kablolama, niteliksiz ek vb.) • Statik, kinematik vb. rapor verileri
Malzeme ve Süsleme Bilgisi	• Esas malzeme ve birleştiriciler (ahşap, sedef, tavşan tutkalı vb.) • Malzeme üretim ve kullanım bilgisi (fil avlamak yasaklandığı için fildişi yerine kemik kullanımı vb.)	• Süsleme olarak üslup (süsleme programı, kalem işi, özgün, nitelikli, niteliksiz vb.) • Malzeme işleme teknikleri (tekniği uygulayacak uzman ve alet bilgisi vb.)
Bakım Bilgisi	• Periyodik bakım takvimi ve kapsamı (eleman veya malzeme göre bakım sıklığı, öncelik sıralaması vb.)	• Bakımı yapan kişi, denetleyicisi vb. • Bakım süresince belgeleme ve raporlama
Restorasyon/Onarım Bilgisi	• Restorasyon/Onarım takvimi ve kapsamı • Süreç aktörleri, paydaşları, onarım kararları ve uygulama/uygulamama gerekçeleri	• Restorasyon geçirmemiş ise geçirmeme nedenleri vb.
Yapı Performans ve Çevresel Ölçüm Verileri	• Nem, termal, yoğuşma, akustik (hacim ve yapı), iç ortam hava kalitesi, enerji tüketimi (verimliliği) gün ışığı, yapay aydınlatma yeterlilik ölçümleri ve değerlendirmeleri • Sismik hareket, zemin kalitesi, afet ve iklimsel veri (yağmur asiditesi, rüzgâr aşındırmaları vb) çevresel verilerin takibi ve değerlendirmeleri	• Teknik ekipman sorunları ve iyileştirmeleri (mekanik, havalandırma, tesisat kurulumu, bilişim teknolojileri, kamera takip sistemleri vb.) • Hareketli ve sabit mobilya sorunları ve iyileştirmeleri • Kullanıcı trafiği ve davranışlarının etkileri • Erişilebilirlik, güvenlik
Analitik Bilgiler	• Yapıya özgü analitik bilgiler	
Tematik Bilgiler	• Yapıya özgü tematik bilgiler	

4.1.1 Algılayıcıların ve Girdilerin Sınıflandırılması

Mimari miras yapılarının çözümlenmesi için hem dokümanlardan hem de sensörlerden elde edilen veriler kullanılabilmektedir. İhtiyaç duyulan miras bilgisi girdilerinin sınıflandırılması alan ontolojisine dayalı bilgi sistemlerinin oluşturulmasına zemin oluşturmaktadır. Girdilerin elde edilme yöntemlerinin bilinmesi, verinin kullanılabilir ve sürdürülebilir formatlara getirilmesi bilgiyi örtük, düzlemsel ve basılı olmaktan çıkarıp yardımcı teknolojiler sayesinden açık, çok boyutlu ve etkileşimli bir hale dönüştürmektedir. Mimari miras projelendirme süreci için istenilen bilgiler bir kâğıda dökülmüş halde de elde edilebilir veya zenginleştirilmiş ve kendini sürekli yenilebilecek bir model kurgusunda veri olarak girdi oluşturabilir, böylece ihtiyaç duyulduğu halde bütüncül veri kümelerinden döküm alınabilir. Bu dökümlerin yapılabilmesi için öncelikle hasara, bozulmaya neden olabilecek kullanıcı ve çevresel faktörleri ölçebilecek veya simülasyon ve analiz girdisi oluşturabilecek algılayıcıların seçilmesi, stratejik olarak yerlerinin konumlanması, ölçüm sıklığının belirlenmesi ve kritik eşiklerle uyarıcı ilgili yapay zekâ teknolojilerinin yapı projelendirme sürecine entegre edilmesi gereklidir. (Sehrawat & Gill, 2019)

Gerçek dünyada değerlerle ilgili ölçüm yapmak için aktif ve pasif algılayıcılar, yani sensörler kullanılmaktadır. Sinyallerini kendileri üretip bu sinyalin dış ortamla etkileşimlerini ölçen kızıl ötesi sensörleri, mesafe sensörleri gibi sensörlere aktif sensörler denmektedir. Sadece çevreden aldıkları sinyalleri ölçenler ise pasif sensörlerdir. Işık, sıcaklık, gaz, basınç, nem dengesi, hareket, sismik hareket, rüzgâr hızı ve şiddeti, iklim verisi bu gruba örnek olarak gösterilebilir. Aktif sensörler çıktı büyüklüklerine göre analog ve dijital olarak incelenirler. Analog sensörler algıladıkları büyüklüğe göre değişen bir akım veya gerilim çıktısı verebilirler. Sürekliliği olan dalgalar şeklinde temsil edilirler. Dijital sensörler ise bilgisayar okumasına 1 ve 0 şeklinde çıktı oluşturmaktadırlar. Analog veriler, dönüştürücüler ile dijital veriye dönüştürülebilmektedir. (Singh, 2022) Sensör verileri bazen bir sistem girdisi oluşturabilir. Bu nedenle sensör sistemlerinin mantığını anlamak sensör seçimlerinin yapılmasını kolaylaştıracaktır. Sensör tercihleri malzeme cinsine göre (yarı iletken, fiber optik vb.), giriş büyüklüğü

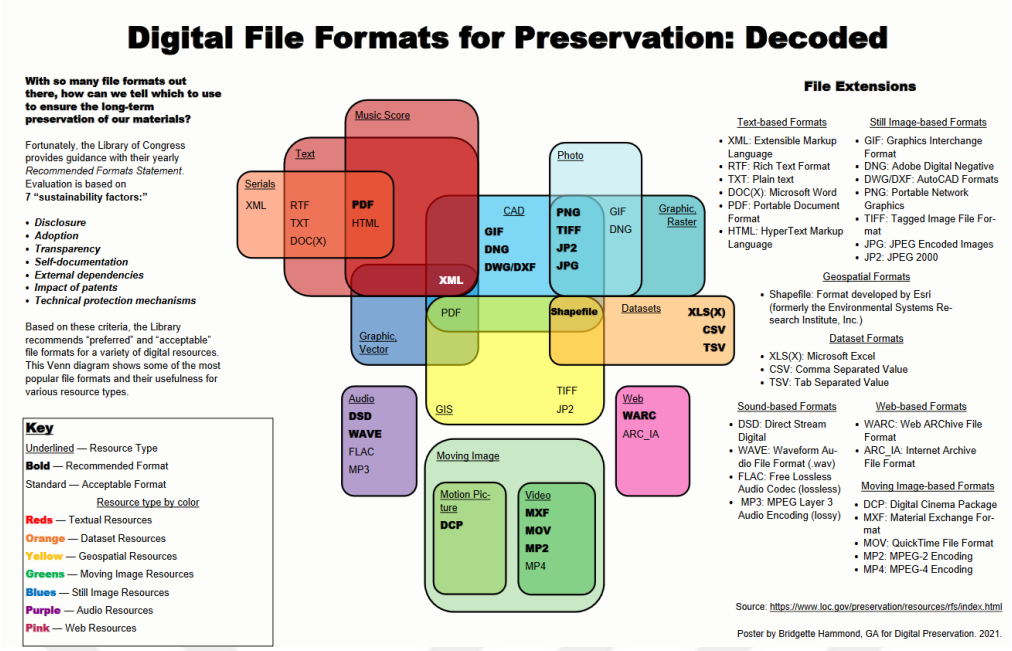
(mekanik, termal, elektriksel, manyetik, ışıma, kimyasal) çıkış sinyali (analog, dijital veri yollu vb) besleme gerilimi (aktif ve pasif), çalışma prensibine göre (fiziksel ve kimyasal), uygulama alanı (yapı, çevre vb), gelişim dönemi ve algılama şekli (temaslı ve temassız) sınıflandırılabilir. (Kahraman, ve diğerleri, 2020)

Tablo 4.2 Algılayıcı özellikleri

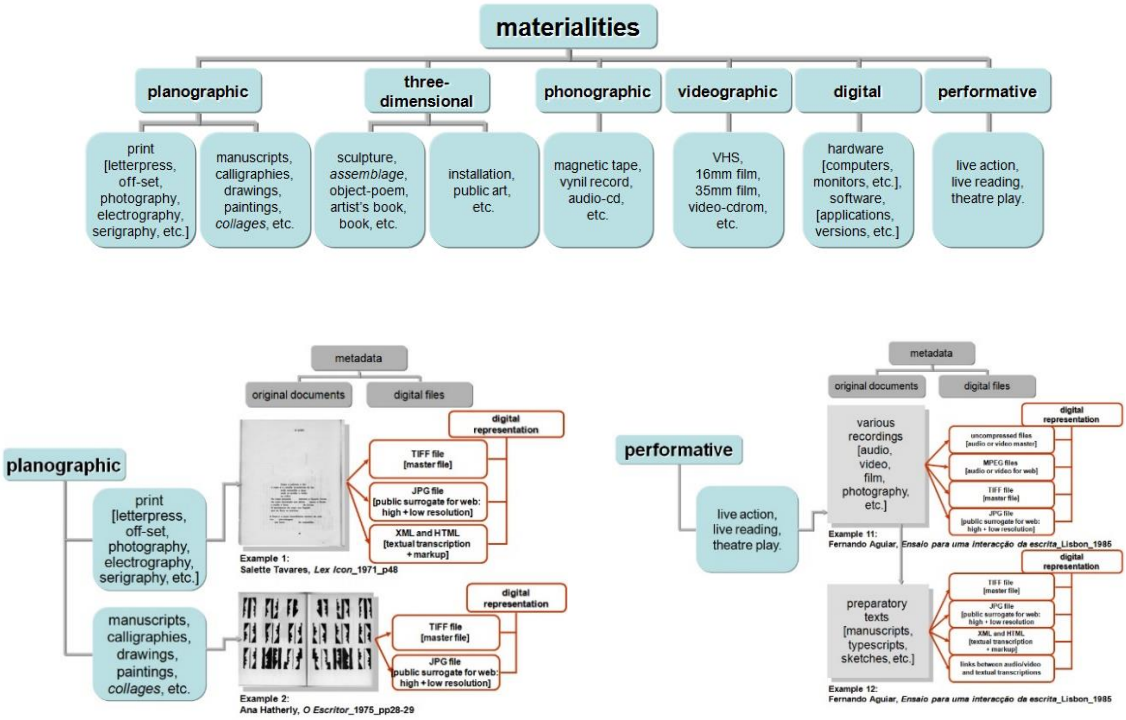
(Sehrawat & Gill, 2019) (Kahraman, ve diğerleri, 2020) (Liu, ve diğerleri, 2019)

Algılama Sinyali	**Algılama Büyüklüğü Türü**	**Ölçüm**	**Algılayıcı Tipleri**	**Kullanım Alanı (Yapılı ve Doğal Çevreye Göre)**
Mekanik	Geometrik nicelikler	Yer değiştirme (pozisyon), açı, seviye, eğim, uzunluk, alan, miktar, mesafe	Yakınlık Sensörü (*proximity sensor*) Konum Sensörü (*position sensor*) Varlık Sensörü (*occuoancy sensor*) Uzaktan Algılama Sensörü (*remote sensing*) Hareket Sensörü (*motion sensor*) Hız Sensörü (*velocity sensor*) Yer Değiştirme Sensörü (*displacement sensor*) Kimyasal ve Gaz Sensörleri Akustik ve Ses Sensörleri Kuvvet/Yük/Basınç Sensörü (*force/load, presure*) Eğim/Tilt/Cayroskop Sensörleri İvme ve Titreşim Seviyesi Nem/Rutubet/Su Sensörü Su Kalitesi Sensörü Aydınlık/Işık/Optik/Makine Okuma Sensörü (Düzey ve Hareket Okuma) Kamera Sensörleri Kızılötesi Radyasyon Sensörleri Manyetik Alan Sensörleri	Akıllı Şehirler Akıllı Doğal ve Yapılı Çevre Akıllı Yapılar (Yeni, Mevcut ve Tarihi Yapılar) Akıllı Ulaşım Sistemleri Akıllı Güvenlik Sistemleri
	Kinematik	Hız, ivme, salınım, akış		
	Gerilme	Kuvvet, basınç, moment		
	Malzeme	Kütle, yoğunluk, viskozite, hacim, kalınlık		
	Akustik	Ses hızı, ses basıncı, ses frekansı, ses şiddeti		
Termal	Sıcaklık	Sıcaklık, ısı akısı, ısı kapasitesi, ısı iletkenliği		
Elektriksel	Elektriksel direnç	Direnç, endüktans, kapasitans		
	Elektriksel parametre	Gerilim, akım, elektriksel güç, frekans, elektrik yükü, elektrik katsayısı, elektrik polarizasyonu, elektrik alanı, puls süresi		
Manyetik	Alan değişkeni	Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik		
Işıma (radiant)	Optik Nicelik	Yoğunluk, dalga boyu, (kızılötesi, X, görünür) polarizasyon, faz, yansıma, gönderme, akustik, ışık şiddeti, optik karakter okuma (OCR) vb.		
Kimyasal	Konsantrasyon Partikül büyüklüğü	pH değeri, nem, ısı iletimi, asılı madde miktarı, toz miktarı, katı-sıvı ve gaz molekülleri miktarı, yoğunlaşma, içerik, oksidasyon / redaksiyon, reaksiyon hızı		

Dokümantasyona yönelik baktığımızda ise veri üzerinden projelendirme yaparken süreci etkileyecek adımların belirlenmesi gerekir. Bir verinin özgün ortamını bilmek onun dönüştürülürken veri kaybı yaşayıp yaşamadığını sorgulamamızı ve etkin bir ölçüm cihazının varlığından haberdar olmamızı sağlayabilir. Dijital ortamda var edilme süreci ilgili tüzükte de bahsedildiği üzere uluslararası alandaki tanımı, dijital koruma yöntemlerinin belirlenmesi, kaynağının tespit edilmesi veya dijitalleştirme sürecindeki müellif ve yazarlık haklarının belirlenmesinde önemli rol oynayacaktır. Dijital belgeler üzerinden yapılan küratörlük çalışmalarında özgün belgenin dijital ortamda nasıl temsil edilebileceği ve soyutlanacağına dair tematik yaklaşımlar geliştirilebilmektedir. Örneğin tiyatro, şiir okuma gibi somut olmayan kültürel miras grubuna giren etkinlikler video, ses, hareket yakalama gibi kayıtlar için performans canlandırmaları yapılabilmektedir. Bu süreçte kullanılan teknik veya teknoloji elde edilen verinin güvenirliği ve kabullerin belirlenmesi (geometrik, metrik, semantik anlamda), cihazın ürettiği formatın geçerliliğinin olup olması, veriyi açıp okuyabilecek programların güncelliğinin bilinmesi, veri kaybını önlemek için uluslararası alanda bilinen modelleme (Autodesk vb) kuruluşların teknolojilerinin kullanılması, yazılım dillerinden geliştirilmeye açık olanlarının tercih edilmesi mantıklı bir yol olacaktır. Eğer bir veri kaybı varsa donanım veya yazılım ile ilgili bilimlerden destek alınması ve ciddi bütçe ayrılması gerekebilir. Verinin işlenmiş ve yapılandırılmış düzeyi onu büyük veri içerisindeki yerini, yapay zekâ teknolojilerine uygunluğunu yani arama motorlarında erişilebilir olup olmadığını gösterir. Simülasyon veya analiz için gerekli sensör verileri ham olarak üretilir ve yapılandırılmak üzere bir metin (txt formatı) veya tablo (csv.) dosyasına dönüştürülebilir. (Seskion, 2022) Kaynak biçimi ve formatı dijital koruma için standartlara uygunluğunu, sürdürülebilir, bağlanabilir ve güvenilir olduğunu gösterir. (Şekil 4.1)



Şekil 4.1 Dijital dosya biçimlerinin venn diagramı şeklinde gösterimi (Hammond, 2021)



Şekil 4.2 Portekiz Deneysel Edebiyatı'nın dijital arşivi (Po.Ex) - özgün ve dijital materyal tema sınıflandırmaları (Portela, 2014)

Tablo 4.3 Dijital materyallerin özellikleri

Özgün Ortamı	Gerçek ortam, Analog ortam, Dijital ortam
Dijital Ortamda Var Olma	Dijitalleştirilmiş/Dijitize **(Bölüm 3, Şekil 4.31)** Dijital Doğan/Doğuştan Dijital **(Bölüm 3, Şekil 4.31)** Bağlantılı Veriler/Formatlar/Dosyalar **(EK-A)** *Semantik web teknolojileri aracılığıyla (ontolojiler, veri kümeleri, web sayfaları vb) veya bu araçlar kullanılmaksızın bağlanabilir diğer şeyler (bağlantının oluşturulma şekli bilinemeyebilir)*
Dijitalleşme Sürecinde Kullanılan Araçların Bilgisi ve Teknolojisi	Manuel (El ile ölçüm) Teknolojik cihaz: Marka, Özellik, Versiyon, Kullanılan Program vb. *Teknoloji eskimesi ve teknoloji restorasyonu ihtiyacı*
Dijital Ortamdaki İşlenmişlik Durumu (*Native Data*)	Ham (işlenmemiş), Ön İşlemede, İşlenmiş, Sıkıştırılmış, Ayrıltırılmış (Segmentasyon), Analiz Edilmiş (Bilgiye dönüşmüş) Diğer **(EK-C)**
Dijital Ortamdaki Özgün Veri Türü (*Original Digital/Native Data*)	**(Tablo 2.2) (Şekil 4.1)**
Dijital Ortamdaki Özgün Dosya Formatı (*Original Digital/Native File Format*)	Dijital fotoğraf makineleriyle çekilen fotoğraf dosya formatı JPEG vb. **(Şekil 4.1) (Şekil 4.3)** Microsoft Ofis Excel Programı tablo verisi (*tabular data)* dosya formatı XLS vb. **(Şekil 4.28)**
Yapılandırılmışlık Durumu	Yapılı, Yapılı Olmayan, Yarı-Yapılı, Kısmen Yapılı, Diğer **(Tablo 2.2) (EK-C)**
Kaynak Biçimi (Girdiler ve Çıktılar)	Metinsel tabanlı, Durağan İmaj tabanlı, Hareketli İmaj tabanlı, Jeouzamsal tabanlı, Ses tabanlı, Web tabanlı, Veri kümesi (genelde tablo), Grafik Vektör, Grafik Raster, Diğer **(Şekil 4.1) (Şekil 4.2) (Şekil 4.3)**
Veri Karakteri ve Özellikler	Hız, Hacim, Çeşitlilik vb. **(Şekil 2.10) (Tablo 2.2) (EK-C)**
Kodlama Bilgisi, Şema Bilgisi veya Sorgulama Diline Uygunluğu	Açık kaynak kodlu yazılım dili, XML tabanlı, RDF uyumlu, SQL sorgu dilinde sorgulanabilir vb. **(EK-B)**
CIDOC-CRM İçin Girdi veya Çıktı Oluşturması	İmaj, text, XML vb. **(Bölüm 2.2) (Bölüm 4.1) (EK-A) (EK-B) (EK-C) (Şekil 3.1)**
GIS / BIM İçin Girdi veya Çıktı Oluşturması	Dosya formatı (örnek DWG), bağlanabilir link (örnek PCD), uzantılar (Revit Programı için Dynamo) vb. **(Bölüm 2.2) (Bölüm 4.1) (Bölüm 4.2) (Bölüm 4.3) (Bölüm 4.4) (Şekil 3.1)**
Alan Bilgisi	Arkeoloji, Tarih, İnşaat, Sosyal Bilimler vb. **(Bölüm 2.2) (Bölüm 4.1) (EK-A) (EK-B) (EK-C) (Şekil 3.1)**
Ontolojinin Kurulduğu Alan Bilgisi	Örn: Portekiz Ulusal Arşiv Kayıtları, Alman Arkeoloji Enstitüsü vb. **(Bölüm 2.2) (Bölüm 4.3) (Bölüm 4.4)**
Makine Öğrenimi Algoritmaları ve Algoritma Kullanımı İçin İhtiyaç Duyulan İşlem	Veri modelleme, dönüştürme, veri kürasyonu vb. **(EK-B) (EK-C)** Derin öğrenme CNN (algoritma seçimi) >Veri kürasyonu (ihtiyaç duyulan işlem) > imaj üst verisi kayıp veya eksik (gerekçe) > kültürle ilişkili nesneye erişmek (amaç)
Sürdürülebilir Dijital Dosya Standartlarına Uygunluk	Dosya Güvenirlik Düzeyi, Erişim, DAFF vb. **(Bölüm 4.4) (Bölüm 4.5)**

Tablo 4.3'ün Kaynak Biçimi ile ilgili satırda, dijital miras kaynak biçimleri belirtilmiştir. Tabloda belirtilen ve tarihi yapı modelleme çalışmalarında gerçeklik yakalama sensörlerinin[38] çıktı olarak sunduğu raster, vektör ve nokta bulutu verileri üzerinden uzamsal (enlem boylam bilgisi, nokta, çizgi, alan) ve geometrik çözümlemeler yapılmaktadır. Bir sonraki bölüme geçmeden makine okuması için önemli olan raster, vektör ve nokta bulutu verileriyle ilgili özet tanımlamalara aşağıda yer verilmiştir:

Raster veri sürekli veridir (*continuos data*). Her bir hücrenin belirli bilgileri temsil ettiği satırlar ve sütunlar halinde düzenlenmiş bir hücre matrisinden oluşan bir uzamsal veri türüdür. Sıcaklık, hava basıncı, yükseklik, akış ve mesafe raster verilere bazı örneklerdir. Bazı raster veriler tek bir bant veri katmanına (sadece yüksek veri kümesine sahip dijital yükseklik modeli[39]) sahipken diğer raster veriler daha fazla banda sahip olabilir. Çoklu bantlara sahip bir raster veri, aynı uzamsal alanı temsil eden çok sayıda uzamsal olarak çakışan hücre değerleri matrisi içermektedir. Çoğu uydu görüntüsünün, tipik olarak elektromanyetik spektrumun bir aralığı veya bandı içindeki değerleri içeren birden çok bandı vardır. (ArcGIS, 2022)

Bilgisayar imajı[40] da raster veridir. En, boy ve renk kanallarından (RGB) oluşan iki veya üç boyutlu sıralı veri yapısına sahiptir. İmajı saklamak için bilgisayar, piksel adı verilen her karenin rengini temsil edecek bir sayı kaydetmektedir. Analog fotoğraf dediğimizde analog kamera içinde gerçekleşen kimyasal bir tepkime; dijital fotoğrafta cihazdaki ışık sensörlerinin ışığı varlığı ve yokluğu

[38] Üç boyutlu belgeleme ile ilgili algılayıcılar Tablo 4.4'da özetlenmiş; EK-D'de detaylıca aktarılmıştır.

[39] **4.3 Analiz ve Yorumlama** bölümüne bakınız.

[40] **Teknik imaj:** Teknik araçların yardımıyla gerçek dünyada ya da düşüncede var olan görüntüleri oluşturmak. Örneğin fotoğrafta, fotoğrafı çeken kişi ile fotoğraf makinesi arasındaki bağlantı hem kişiye hem de kameranın teknik olarak algıladığı görüntüye bağlı olarak oluşur. Kameraya giren bilgi bir süreçten geçerek işlenir ve çıktı olarak anlayabileceğimiz boyuta gelir. Teknik imajı görünür hale getiren bilgi parçaları görünemez.
Geleneksel imaj: Zamanda ve mekanda belirli yüzeylerin temsil edilmesi. Zaman ve mekan algılarından soyutlanarak iki boyutlu olarak yüzeye aktarımı. Yüzeyde görülen yapı soyutlama yolu ile zaman ve mekanda bir varlık olarak hayal edilebilir. Birinci derecede soyutlama. örneğin klasik yöntemlerle yapılan bir resim, ressamın algı yapısına göre düşüncesinde kurduğu sırlamaya bağlı olarak yüzeye aktarılması) (Avcı Tuğal, 2018)

algılaması söz konudur. (Adobe, 2022) Kamera sensörü derinlik algılama teknolojisine sahip değilse iki boyutlu; RGB-D (RGB-depth) [41] derinlik kameraları ile kısmen üç boyutlu (2.5 B olarak da adlandırılan) sıralı veri yapıları elde edilebilmektedir. Bu derinlik algısı sayesinde XYZRGB değerlerine sahip üç boyutlu nokta bulut verileri oluşturulabilmektedir. (CloudCompare, 2022) (Scikit Image, 2022)

Vektör veriler, ayrık (*discrete data*) sınırları olan verileri depolamak için kullanılan bir tür uzamsal veridir. Bir görüntü oluşturmak için ızgara üzerinde sabit noktalı matematiksel denklemler, noktalar, çizgiler ve eğriler kullanır. Vektörde hücre mantığı yoktur. Matematiksel formül her boyutta yeniden kalibre edilebildiğinden, vektör görüntüleri kaliteden ödün vermeden yukarı veya aşağı ölçekleyebilmektedir. GIS sistemlerinde gösterilen idari sınırlar, yollar ve nehirler vektör verilerine bazı örneklerdir. (TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022) (Sahoo, Sehgal, Pradhan, Gupta, & H. Kamble, 2012)

Nokta bulut verisi noktanın koordinat sistemi (XYZ) tanımını barındırdığı için vektör, skaler[42] alan (sayıl alan) değerleri, normaller[43] (N_{xyz}[44]) ve raster veri gibi renk kanallarına (RGB[45]) sahip olabilmektedir. Nokta bulut verisinin sahip olduğu kanallar ve çok boyutlu yapısı kullanılan sensörün teknolojisine ve elde ettiği verinin niteliğine göre değişebilmektedir. (CloudCompare, 2022) Nokta bulut verileri *mesh*[46] olarak da adlandırılan ağ görünümüne getirilebilir. Bu hesaplamaya dayalı bir bilgisayar grafiği gösterimi olduğu için üç boyutlu bilgisayar grafiği veya üç boyutlu vektör grafiği şeklinde ifade edilebilir.

---

[41] RGB-D kamera, RGB kamera (derinlik sensörü) ile birlikte çalışan, geleneksel görüntüyü piksel başına derinlik bilgisi (sensöre olan mesafe ile ilgili) ile artırabilen belirli bir derinlik algılama cihazı türüdür. (IGI Global, 2022)

[42] Vektör öklid geometrisinde kartezyen XYZ'yi tanımlarken skaler alan matematiksel ve fiziksel olarak uzay boşluğundan olan bir sayıl değer verilmesidir. Fizik skaler alanlara örnek olarak uzayda sıcaklık dağılımı, akışkanda basınç dağılımı, yoğunluk (*intensity*) ve dönü/yönelim (*spin*) sayısı örneği verilebilir.

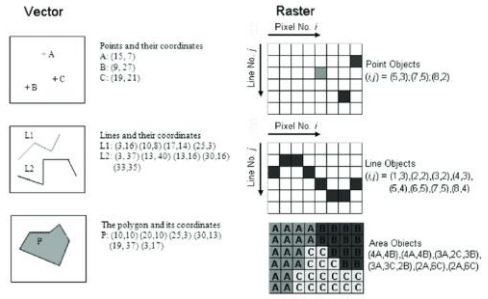
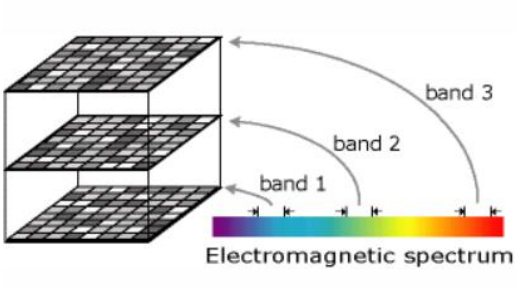
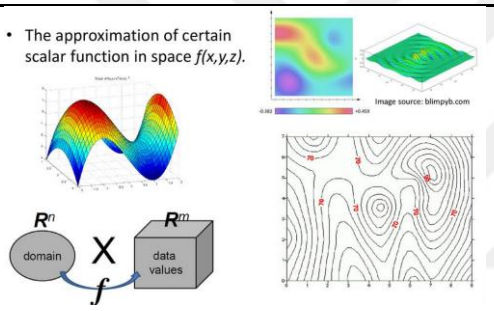
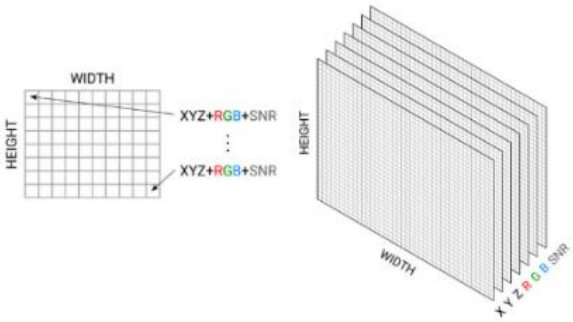
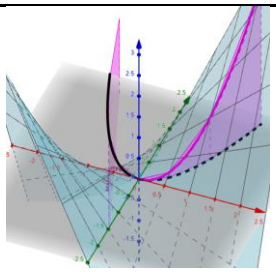
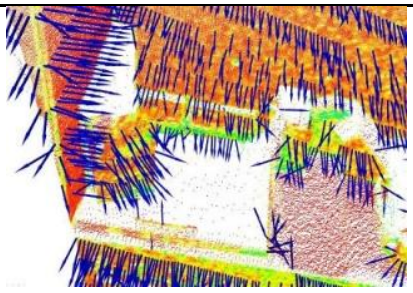
[43] Geometride normaller, uzay eğrisinin teğet vektörüne dik olan sonsuz (*infinite*) çizgi veya düzlem. (Point Cloud Library, 2022)

[44] N_{xyz} : (Angulo-Fornos, 2020)

[45] RGB : Renkler boya ve ışık renkleri olarak tanımlanır. Işık renkleri için ana renkler RGB (Red, Green, Blue) kırmızı, yeşil ve mavidir. (Avcı Tuğal, 2012)

[46] **4.2.2 Üç Boyutlu Bilgisayar Grafikleri** bölümüne bakınız.

Şekil 4.3 Vektör, raster ve nokta bulut verisi karşılaştırması

Vektör Veri – Raster Veri Karşılaştırması (Sahoo, Sehgal, Pradhan, Gupta, & H. Kamble, 2012)	**Raster Veri – Veri Kanalları/Bantları** (ArcGIS, tarih yok)
	
Nokta Bulut – Skaler Alan (Chen, 2022)	**Nokta Bulut – Veri Kanalları/Bantları** *(XYZ+RGB+diğer)* (ZIVID, 2021)
	
Nokta Bulut – Skaler Alan (Horner, 2020)	**Nokta Bulut – Normlar** (Point Cloud Library, 2022)
	

4.1.2 Gerçeklik Yakalama ve Üç Boyutlu Belgeleme Tekniklerinin Sınıflandırılması

Gerçeklik yakalama (*reality capture/capturing reality*) derinlik algısına sahip imajlar (2.5B ve 3B), üç boyutlu lazer tarama ve bu iki tekniğin karma kullanımıyla gerçekleşebilmektedir. Sensör kullanımı, veri edinimi ve jeodezik koordinatlarının elde edilmesi üzerine sınıflandırma yapıldığında üç ana başlık ön plana çıkmaktadır: **imaj tabanlı teknikler, imaj tabanlı olmayan teknikler ve birleştirici yöntemler.** (Tablo 4.4)

Dijital fotoğrafçılık ve 3 boyutlu tarama cihazlarının artan performansı ve kullanımının çoğalması, gerçek nesnelerin hem geometrik hem de optik yüzey özelliklerinin dijital olarak örneklenmesini sağlamaktadır. Bu kazanım sadece tekil dijital nesneler için değil, büyük ölçekte doğru renkli dijital kopyalar oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan yaklaşım lazer taramanın dijital fotoğrafçılık birleşiminden doğan yaklaşımdır. Dijital nesne yüzeyleri lazer taramalı menzil haritaları ile yeniden yapılandırılırken, dijital fotoğraflarda örneklenen görünen renk değeri, fotoğrafların üç boyutlu modele göre kaydedilmesi ve kurtarılan ters çıkıntılar kullanılarak üç boyutlu yüzeye haritalanması işlenmektedir. Bu gelişmeler kültürel miras alanı için çok önemlidir çünkü nesneleri özel laboratuvarlarına taşımaya gerek kalmadan tarama ve fotoğraflama hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir. Her ne kadar görselleştirme anlamında hiper gerçekliğe ulaşıldığı belirtilse de (Balcısoy, 2021) konu var olan miras nesnelerinin üç boyutlu dijital rekonstrüksiyonları olduğunda modeller, gerçeklikten yoksun olmaktadır. Nesnenin sadık bir dijital kopyası oluşturulurken bir nesnenin görünümünü temsil etmek için, yüzey malzemelerinin gelen ışıkla nasıl etkileştiğini tanımlamak gerekir. Üç boyutlu rekonstrüksiyon yaratmanın en maliyetli, tehlikeli ve zaman alan kısmı taranmak istenen nesnenin saha dışına çıkartılmasıdır. Son yıllarda bu tehlikeli süreç iyileştirmeye ve otomatikleştirmeye odaklanarak, menzil haritası hizalaması, nokta bulutlarından yüzey rekonstrüksiyonu, fotoğraf kaydı ve renk haritalamasına yönelmiştir. (Bettio, Gobbetti, Merella, & Pintus, 2013) Anıtların bağlamsal çerçevesi düşünüldüğünde belgeleme ile ilgili cihazların kapsamı değişmektedir. 1980'li

yıllardan önce yapılan çalışmalar el becerilerine ve algı biçimlerine dayalı tekniklerden oluşmaktadır. Bilgi fişi doldurma, çizimsel belgeleme, görsel belgeleme gibi aşamalardan anıtsal yapı tanımlanmkataydı. 1980'lerden sonra gelişen teknolojilere paralel olarak ortaya çıkan yeni ekipmanlar ve entegre bilgisayar programları, belgeleme çalışmaları daha hassa, hızlı ve detaylı veri elde edilebilecek imkan sağlamıştır. (Yiğit, Ulvi, & Varol, 2020)

Historic England, tarihi yerlerin mümkün olduğunca en iyi standartta incelenmesi konusunda teknik yayınlar üretmektedir: ultral miras için metrik ölçüm özellikleri (2013), üç boyutlu lazer tarama (2018), fotogrametri (2017), çoklu ışık görüntüleme (2018), havadan lidar (2018), miras için BIM (2017), miras için AIM (2019) geliştirimesi, peyzaj ölçümü (2016), arkeolojik alanlarda gnss uydu sistemleri (2015) bu yayın içeriklerinin bazılarıdır. (Historic England, 2022)

Tablo 4.4 Üç boyutlu belgeleme teknikleri – gerçeklik yakalama ve uzaktan algılama

<table>
<tr><td rowspan="11">İmaj Tabanlı -
Image-Based Measurement
IBM</td><td rowspan="2">Fotoğraflama ve Fotogrametri
Photogrammetry</td><td>Fotoğraflama</td></tr>
<tr><td>Panorama Fotoğraflama Panorama Photography
Kamera Konumu Göre Fotogrametri
(yersel, hava, uydu, yakın resim fotogrametrisi)
Fotoğraf sayısı Göre Fotogrametri
(tek resim, çift resim ve ışın demeti)
Değerlendirme Göre Fotogrametri
(grafik, analitik, dijital vb. fotogrametri)
Uygulama Alanına Göre Fotogrametri
(mimari, mühendislik, fotografik vb. fotogrametri)
Obje büyüklüğüne Göre Fotogrametri
(mikro ve makro fotogrametri)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diğer: Kızılötesi (Infrared-IR) Kameralar, Terahertz, UV ve X-ray Görüntüleme, Video kamera</td></tr>
<tr><td rowspan="9">İmaj Tabanlı Olmayan – Menzil (veya Değer Aralığı) Tabanlı
Non-Imaged-Based or Range Based Measurement
RGM</td><td>Geleneksel Teknikler</td><td>El İle Ölçüm</td></tr>
<tr><td rowspan="3">LAZER Tarama
LASER Scanning
Açı ölçümüne göre
Platform konumuna göre[47]</td><td>Theodolite[48], Nivo[49], Takeometre vb</td></tr>
<tr><td>Yersel/Karasal Lazer Tarama (Terrestial Laser Scanning)
Havadan Lazer Tarama
Uzaydan Lazer Tarama
Mobil Lazer Tarama</td></tr>
<tr><td>LAZER Tarama & Diğer
LAZER ışınının darbe sıklığına göre</td><td>LIDAR Light Detection and Ranging</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Diğer</td><td>SONAR Sound Navigation and Ranging</td></tr>
<tr><td>RADAR Radio Detection and Ranging</td></tr>
<tr><td>Diğer (Spectrometre[50] vb.)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Birleştirici Yöntemler
Combinative Methods</td><td colspan="2">Foto-Lazer Tarayıcı Photo-Laser Scanner</td></tr>
<tr><td>Yapılandırılmış Işık Structured Light</td><td>Yapılandırılmış Işık Structured Light
Kinect (Ozbay, 2011)
DAVID</td></tr>
</table>

[47] Lazer tarama, platform konumuna göre gruplandırılmaktadır. (Karasa & Beg, 2021)

[48] Teodolit, hassas bir ölçüm aletidir. Mesafe ölçme teodoliteleri; sine-teodolit ve foto teodolit olmak üzere iki tip halinde geliştirilmiştir. Elektronik tabanlı teodolitler (total station) ve uydu destekli teodolitler (GPS) bulunur. (Wikipedia, 2014) Teodolitler, üç eksene sahiptir; yatay eksen, düşey eksen ve teleskop ekseni. Bu eksenlerin hepsi birbirlerine dik olmalı ve tek bir noktada kesişmelidir. (Ganioğlu, 2014)

[49] İki nokta arasındaki kot farkını bulmaya ve düz arazide yüzey nivelmanı yapılarak harita almaya yarayan topografik ölçme aletidir. Nivolarda iki eksen vardır; düşey eksen ve teleskop ekseni. Bu iki eksen birbirine dik olmalı ve cihaz teleskop ekseni ile referans bir düzlem oluşturabilmelidir. (Ganioğlu, 2014)

[50] Spektrometre sensör teknolojileri ile ilgilidir. Renk, ses, elektromanyetik, dalga boyu, tayf gibi özelliklerinin ölçümleri için kullanılmaktadır.

Tablo 4.5 Nesne ve yapı ölçeğinde kullanılan gerçeklik yakalama teknikleri (EK-D)

Yapı ve Yapı gruplarının dijitalleştirilmesi	Fotogrametri Teknikleri Lazer Tarama Teknikleri Geleneksel (ampirik) yöntemler *El ile ölçüm* Topoğrafik Yöntemler *Jeodezik cihazlar ile ölçüm* Çoklu Işık Görüntüleme Diğer
Nesnelerin Dijitalleştirimesi	Fotogrametri Teknikleri Lazer Tarama Teknikleri Yapılandırılmış ışıktan gelen şekil (*shape from structured light, SFSL*) Silüetten gelen şekil *(shape from silhoutte):* Stereodan gelen şekil (*shape from stereo*): Videodan gelen şekil (shape from video, SfV) Gölgelendirmeden gelen şekil (*shape from shading, SfS*) Dokudan Gelen Şekil (*shape from texture*) Fotometreden gelen şekil *(shape from photometry, SfP)* Odaktan gelen Şekil *(shape from focus, SfF)* Gölgeden Gelen Şekil *(Shape from shadow)* Orbit Kamera Sistemi (OrcaM) Diğer

4.1.3 Nesne ve Yapı Ölçeğine Göre Tekniğin Belirlenmesi

1980'li yıllardan günümüze de gerçeğe dayalı üç boyutlu dijitalleştirme ve modelleme birçok alanda uygulanmıştır. Endüstriyel tasarım, prototip üretme, eğlence sektörü, eğlence ve tıbbın yanı sıra, üç boyutlu dijitalleştirme kültürel miras alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle kültürel miras alanında üç boyutlu dijitalleştirme projeleri başlangıçta beklenenden daha düşük sonuçlarla gerçekleşmektedir. Bu sonucun nedeni, uygun olduğu düşünülen veri toplama tekniğinin davranış, potansiyel, veri doğruluğu ve veri kalitesinin bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. Uygun veri toplama tekniğinin seçilebilmesi için çıktı (*output*) kalitesini tahmin etmek ve ölçmek için doğru bir metodoloji de tasarlanmalı ve uygulanmalıdır.

Üç boyutlu dijitalleştirme süreci ihtiyaç tespiti, proje planlama, veri edinimi, veri işleme ve kullanımı gibi ana aşamalardan oluşmaktadır. Dijitalleştirme sürecinde işveren, bu dijitalleştirme sürecinin gereksinim ve kullanım amacını karşılayıp karşılamadığını değerlendirmektedir. Projelendirmenin mali tarafı yüklenici veya işveren için anlamlı olmalıdır. Temel amaç sadece talep edilen üç boyutlu modelin istenen doğruluğu ve çözünürlüğü karşılayan uygun bir gösterimini oluşturmak değil hem maliyeti hem de yürütme sürecini minimuma indirmeyi dikkate alan optimum dijitalleştirme ve uygulama planı oluşturmaktır. Tablo 4.6'te üç boyutlu dijitalleştirme projesinde değerlendirilmesi gereken temel aşamalar gösterilmektedir. Dijitalleştirme için proje tasarımı genelde performans sonuçlarına göre kendi için yenilenen bir süreçtir. (Remondino, Menna, Koutsoudis, Chamzas, & El-Hakim, 2013)

Tablo 4.6 Üç boyutlu ölçüm ve modelleme projesinin aşamaları

(Remondino, Menna, Koutsoudis, Chamzas, & El-Hakim, 2013)

<table>
<tr><th>Gereksinimlerin Belirtimi ve Tespiti</th><th>Proje Tasarımı ve Planlaması</th><th>Veri Edinimi</th><th colspan="3">Veri İşleme</th><th>Verinin Sunumu ve Kullanımı</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Geometrik Çözümleme
3B model kullanımı
Bütçe
Program ve Teslim Tarihi
Proje Konumu ve kısıtlamaları</td><td rowspan="5">Sensör Parametreleri
Sensör Kurulumu
Görünüm/Açı Planlama
Işıklandırma Aydınlatma</td><td rowspan="5">Aktif / Pasif
Çoklu istasyonlar
Coğrafi referanslar (jeoreferans)
Atış hedefi (metrekareye belirlene miktarda atış yapılması)
Kartogtafik, metrik (teknik) veya eskiz haritalar</td><td>İmaj Üçgenleme
Eşleştirme</td><td>Nokta Bulut Düzenleme
Ortak kayıt</td><td rowspan="2">Kural (prosedür)
Oluşturma</td><td rowspan="5">Durağan / Hareketli (animasyon)
Etkileşimli
Sürükleyici
Web
Bölüm / Bütün (Pan)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Üç boyutlu ağ (mesh)
Yüzey oluşturma</td></tr>
<tr><td colspan="2">Düzenleme</td><td>Kurala göre düzenleme</td></tr>
<tr><td colspan="3">Tekstür işleme ve haritalama</td></tr>
</table>

Tablo 4.7 Üç boyutlu ölçüm ve modelleme projesinin tasarım döngüsü

(Remondino, Menna, Koutsoudis, Chamzas, & El-Hakim, 2013)

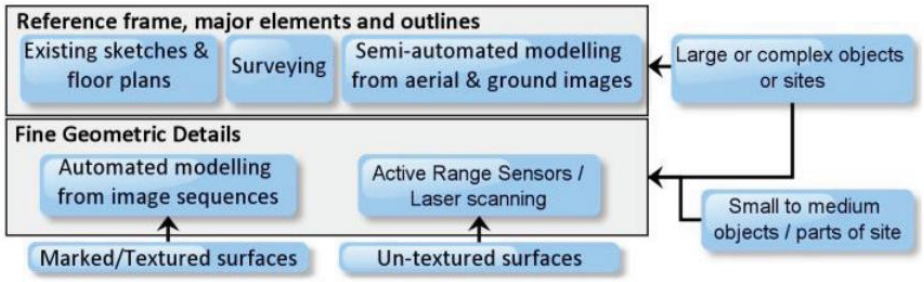
<table>
<tr><td rowspan="5">Spesifikasyon İhtiyaçları</td><td>Veri Kalitesi ve Yoğunluğu</td><td>(+/-) 3 σ
Pts/cm</td><td rowspan="5">Proje Tasarımı</td><td>Teknik Seçimi</td><td>İmaj Tabanlı
İmaj Tabanlı Olmayan
Bütünleşik Yöntemler</td><td rowspan="5">Deneme ve Değerlendirme</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Veri Sunumu</td><td rowspan="2">Ağ (Mesh)
Parametrik
Hacimsel (volumetric)
Kesitler
DEM
CAD
Vb.</td><td>Teknik Değişkenleri</td><td>Kamera değişkenleri
Tarayıcı değişkenleri
Algoritma değişkenleri</td></tr>
<tr><td>Kurulum ve Gereksinimler</td><td>Saha planlama
Görünüm ve Açı planlama
Aydınlık düzeyini ayarlama</td></tr>
<tr><td colspan="2">Veri Sunumu ve Kullanımı</td><td>Sunum ve Dosya Formatı</td><td>Bütünleşik Metot
Ağ çözümlenmesi
DXF, DWG, VRML, baskı vb.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Bütçe ve Teslim Tarihi</td></tr>
</table>

Mimari mirasın dijitalleştirilmesi çok boyutlu bir süreçtir. Dijitalleştirilecek anıt veya nesne, üç boyutlu dijitalleştirme sorununu ele almak ile kalmaz bu üretilen içeriğin yönetimi, gösterimi, çoğaltılması gibi soruları da beraberinde getirmektedir. Üç boyutlu modelin gerektiğinde yorumlanabilmesi ve değerlendirebilmesi için dijitalleştirilecek varlık dijital teknolojilerin çeşitliği ve uygulama kolaylığı dikkate alındığında boyut ve şekildeki karmaşıklık, morfolojik karmaşıklık ve ayrıntı düzeyi ile hammadde ve malzeme çeşitliliğini dikkate alınarak belgelendirme metodu seçilmelidir. Dijitalleştirme tekniğinin seçiminde olası parametreleri özetleyen adımlar şu şekilde sıralanabilir: (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas, & Chamzas, 2007)

- Sahaya genel bakış ve planlama veya nesne incelemesi (djitalleştirilme konusunun boyutu, detay seviyesi ve malzemesi)
- Maliyet planlaması
- Cihaz için gerekli beceri gereksinimlerinin bilinmesi
- Veri toplama pozisyonları planlama ve konfigürasyon tasarımı
- Ekipmanın taşınabilirliği (aktif ve pasif sensör seçiminde taşınabilirlik ve cihaz hassasiyeti)
- Sistemin doğruluğu, tekniğin üretkenliği ve veri toplama hızı
- Üretilen verilerin standartlara uygunluğu ve güncel teknoloji kullanımı
- Veri işleme araçlarının seçimi, üç boyutlu model gösterim yöntemi ve uygun dosya formatları
- Tüm işlemlerle başa çıkabilen yazılım araçlarının seçimi ve görselleştirme ihtiyaçları
- Uygun teknoloji ve parametrelerin seçimi veya birden fazla teknolojinin kombinasyonu

Projelendirme sürecinde veri toplama ve karar verme iki önemli aşamadır. Veri toplama aşaması, karar verme sürecini de etkileyen, hassas bir şekilde yürütülmesi gereken bir aşamadır. Veri toplarken ölçüm (metrik ölçümlerin doğruluk açısından performansları), uygun metot seçimi (boyut ve şekilde karmaşıklığına göre) ve iletişim (bilginin açık, sürekli ve kolay ulaşılabilir bir platformda olması).

(Korumaz, Dülgerler, & Yakar, 2011) Büyük nesnelerin ve sit alanlarının yüksek çözünürlüklerde kaydedilmesinin uzun veri toplama sürelerine ve yönetilemez miktarda veriye neden olacağı da dikkate alınmalıdır. Pasif dolaylı 3B tekniği (IBM) veya aktif doğrudan teknik (RBM) arasında seçim yapmak, çeşitli kriterler değerlendirilmelidir. Herhangi bir veri türünü edinmek için tek veya birden çok teknolojinin kullanılması, tasarım aşaması için diğer önemli adımdır. Tablo 4.8, en uygun teknik seçimi özet bir kılavuz sunmaktadır.



Tablo 4.8 Obje büyüklüğüne göre belgeleme tekniği seçimi

(Remondino, Menna, Koutsoudis, Chamzas, & El-Hakim, 2013)

Seçilen yöntemi uygulamak için sensörü kurmak ve uygulanan işlem sonrası algoritmaların çalışmasını sağlamak başlangıç için önemli bir adımdır. Sensör konumlandırmasının planlanması hala etkin olarak bir araştırılan bir alandır. Bu alanın temel kapsamı en uygun (düşük sayıda) sensör konumu sağlamak ve kısmi tarama kaydı için yeterli örtüşme ve doğru geometri ile tam nesneyi elde etmektir. Sensör konumlandırılması ana iki yaklaşım bulunmaktadır: (Remondino, Menna, Koutsoudis, Chamzas, & El-Hakim, 2013)

Çoklu görünüm/açı planlama (*multi view planning - MVP*): Taranacak nesnenin modeline ihtiyaç duyar ve tüm konumları optimize edilmiş bir şekilde hesaplar.

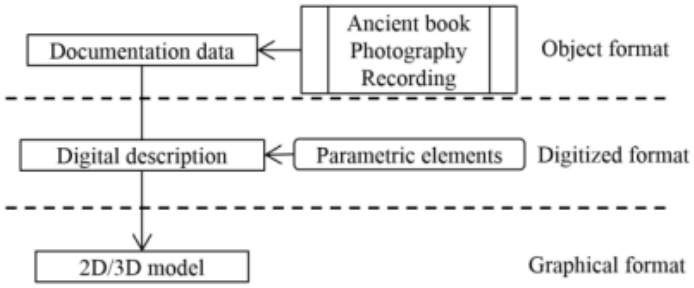
Sonraki en iyi görünüm/açı planlaması (*next best view - NBV*) Genellikle tam bir nesne modeli gerektirmeden istenen kalitede bir modeli yeniden oluşturmak için gereken süreyi ve görüntü sayısını azaltarak, mevcut modelin kalitesinde en büyük iyileşmeyi sağlayan bir sonraki bakış açısına

sahiptir. Çoğu pratik uygulamada ve özellikle büyük siteler ve karmaşık nesneler için NBV en uygulanabilir yaklaşımdır.

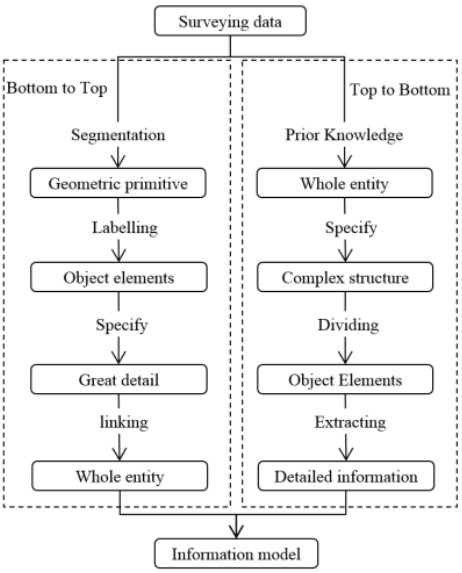
4.2 Görselleştirme ve Etkileşim: Dijital Sunum ve Çıktı

BIM, GIS ve üç boyutlu bilgisayar grafikleri gibi teknikler tarihi yapıların geometrik modellemesine yardımcı olmaktadır. Tarihi yapıyı temsil eden veri kaynağına göre, mevcut yöntemler belgelendirmeye dayalı yaklaşım, gerçeğe dayalı yaklaşım ve kombinasyon yaklaşımına ayrılabilir. (Yang X. K., 2016) (Buglio, Lardinois, & Luca, 2013)

Belgelendirmeye dayalı modelleme (document based modelling), mevcut dokümantasyona atıfta bulunan BIM parametrik modelleme ve üç boyutlu bilgisayar grafik tekniklerini kullanan gerçek ölçüme dayalı olmayan bir yaklaşımdır. Tarihi görsel belgelere dayanarak veya dokümantasyonda kullanılabilir bir gösterge olmadığında belgeyi yeniden yorumlayarak ilgili nesneyi bilgisayar grafikleriyle yeniden oluşturmaktır.



Şekil 4.4 Dokümantasyona dayalı yaklaşım şeması (Yang X. K., 2016)



Şekil 4.5 Gerçeğe dayalı modelleme yaklaşım şeması (Yang X. K., 2016)

Gerçeğe dayalı modelleme (reality based modelling), nesnenin yüzeyini kaplayan görüntü dokusu ve 3B nokta bulutunun kolayca elde edilebildiği fotogrametri ve lazer taramaya dayalı yöntemdir. Nokta bulutu ile eşleşen görüntü özelliğini birleştirmek halen çözüme kavuşturulmamıştır. Sorun, her bir nokta verisinin karşılık gelen öğeye nasıl tanınacağı, sınıflandırılacağı ve gürültünün (noising) nasıl ortadan kaldırılacağıdır. Yaklaşımlar iki tipte sonuçlandırılmıştır.

(i) *Aşağıdan yukarıya yöntem.* Homojen ilkeller önce bölümlere ayrılır, daha sonra anlamsal öğelere birleştirilir ve son olarak mekânsal ilişkiye dayalı tüm modeli yeniden yapılandırır. Hacim elemanı modeli olan dokümantasyona dayalı modelin aksine, gerçeğe dayalı yaklaşım bir yüzey rekonstrüksiyonudur.

(ii) *Yukarıdan aşağıya yöntem:* Nesne, önce olası görünümü ve şekli hakkında önceden bilgi kullanılarak arka planından tanınır ve daha sonra alt öğelere bölünür.

Kombinasyon yaklaşımı: Hem farklı veri kaynağı hem de çeşitli modelleme yöntemi göz önüne alındığında, zenginleştirilmiş tarihi bilgi modellemesi, nesne,

ilişki malzeme gibi çeşitli kütüphanelerden oluşan bir sistem olabilir.

4.2.1 Üç Boyutlu Verinin Medyaya Bağlanması

Üç boyutlu belgeleme ve gerçeklik yakalama işlemleri 4.1 başlığında ele alındığı şekilde imaj tabanlı, imaj tabanlı olmayan ve bütünleştirici yöntemler üzerinden yapılmaktadır. Elde edilen nokta bulutundan ortofoto, 2.5 B imaj, iki ve üç boyutlu çizim, yüzey modeli, tekstür giydirilmiş katı model elde edilebilmektedir. Bu süreç tersine de işleyebilmektedir.

Nokta bulutu üzerinden üç boyutlu model oluşturmak ve medyaya bağlanmak karmaşık bir süreç haline gelebilmektedir. Bu karmaşayı minimuma indirmek için dijitalleştirme süreci tasarlanırken çıkacak nokta bulutu verisinin yapısını, kapasitesini ve potansiyelini bilerek süreci yönetmek önemlidir. Nokta bulutunu düzenlemek, bağlamak ve kullanılır düzeye getirmek; mimari miras varlığının ayrıntılı olarak incelemesini, doğru veri etiketlemeleri yapıldığı takdirde ontolojilerle ilişki kurmasını, veri standartlarının korunmasını ve modelin gelişim düzeyine bağlı olarak simülasyon çalışmalarına olanak sağlamaktır.

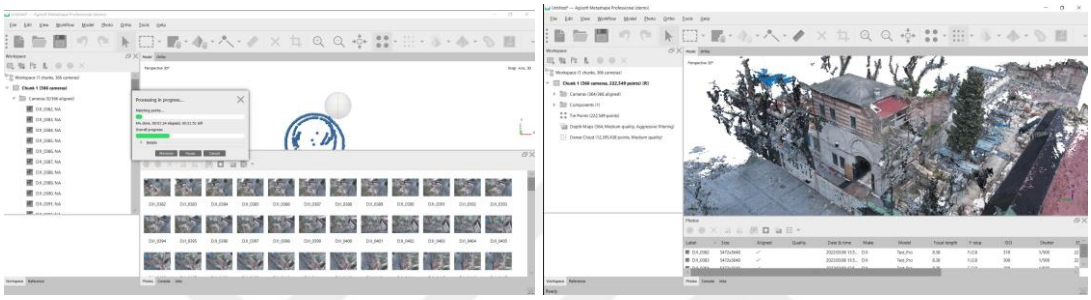
4.2.1.1 Uzamsal Eşleştirme ve Jeodezik Referans Oluşturma

Üç boyutlu lazer tarama ile elde edilen nokta bulut verileri, doğrudan bir program[51] aracılığıyla görüntülenebilmekteyken imajlarda programlar piksel üzerinden noktasal eşleştirme yaparak hizalama (*alignment*) yapmaktadır. Bazen bu hizalama için kontrol noktalarının kullanıcı tarafından belirlenmesi de istenmektedir. Bu hizalama program algoritmalarının imajları çekim açısı, çekim rotası, konumu ve yöneliminin üç boyutlu olarak yerleştirmesiyle gerçekleşmektedir. Oluşan görünümün geometrik olarak işlenebilir hale gelmesi için nokta bulutu olarak dışa aktarılmaktadır. Eğer eşleştirilebilecek bir üç boyutlu lazer ölçüm verisi varsa imajdan gelen nokta bulut verisi lazer verisiyle çakıştırılmalıdır. Lazer ışının ortamda okunamaması, tarayıcı için platform

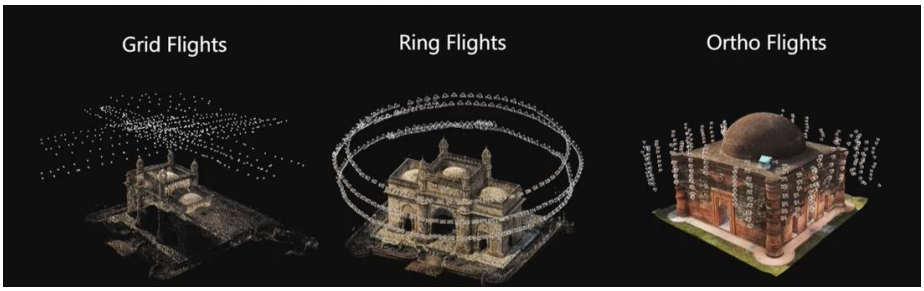
[51] *RealityCapture, Agisoft* vb. programlar.

kurmaya veya yükseltme imkân olmamasından ötürü erişilen yerler üç boyutlu lazer; tarama erişilemeyen üst kotlar fotoğraflama ile elde edildiğinde bu gibi çakıştırma işlemleri yapılabilmektedir.

Elde edilen nokta bulut verilerinin modellenmesi sürecindeki en büyük zorluk elde edilen verilerinin niteliği ve işlenme sürecidir. Noktalar barındırdığı değerlere göre manuel veya yazılım yoluyla otomatik organize edilebilirler. Organize edilme durumları nokta bulutlarının yapısında barındırdıkları değerlere bağlıdır. (Zahner & Soulje, 2019)



Şekil 4.6 Sultanahmet Camii kuzeybatı yönünde ve At Meydanı tarafında bulunan kapı yapısının Drone ile çekilmiş fotoğrafları ve 3B modellenmesi



Şekil 4.7 Hava fotogrametrisi için örnek çekim açıları (CyArk, 2020)



Şekil 4.8 Yapılandırılmış nokta bulut taraması (Cintoo Company, 2022)

Yapılandırılmış nokta bulutu (*structured point cloud*): Nokta bulutları elde edilirken kullanılan tarayıcı, elde edilecek verinin yapılandırılmış olup olmamasıyla ilgili bilgi sunmaktadır. Tarayıcı GPS, GNSS ve çoklu GNSS (GPS, GLONASS, BDS BeiDou, Galileo, QZSS ve SBAS) küresel konum belirleme sistemine sahip statik veya tripod üzerinde kurulan ölçüm cihazlarıyla elde edilen nokta bulut verileri XYZ koordinatlarını coğrafi konumuna (enlem, boylam, skaler alan, spin vb.) yerleştirmektedir. Edilen bu veri tarama kayıt konumu bilindiği, panoramik görüntüye, derinlik haritasına ve üç boyutlu nokta bulutu coğrafi konumla eşleştiği için yapılandırılmış tarama ve yapılandırılmış nokta bulut verisi olarak adlandırılmaktadır. Toplanan uzamsal bilgilerle birlikte noktadan noktaya ilişkisel bilgilere sahiptir. Noktalar konum (XYZ), normal değerler (N_{xyz}), renk (RGB), yoğunluk dahil birçok bilgiyi barındırır. Nokta bulutu işleme yazılımı ile bu bilgiler kullanılabilir. (PointCab, 2021) (Zahner & Soulje, 2019) Yapılandırılmış taramada üç boyutlu alanda konumlandırılmış tarama noktaları göründüğü için tarama noktaları arasında gezinmek mümkündür.

Yapılandırılmamış nokta bulutu (*Unstructured point cloud*) :
Tarama cihazı coğrafi konum belirlemeye dair bir sistem barındırmadığında, tarama noktaları bilinmediğinde veya hareketli olduğunda bu yapılandırılmamış tarama olarak adlandırılmaktadır. Veri sadece uzamsal bilgiye yani XYZ'ye sahiptir noktaların yönelimi (N), ilişkileri ve küresel uydu sistemine göre konumu bilinmediğinde bu yapılandırılmış tarama ve veri olarak kabul edilmektedir. Genelde mobil ve drone tabanlı çekimler yapılandırılmamış veri oluşturmaktadır. RGB renk kanallarının olup olmaması yapılandırılmış veriyle ilişkilendirilen bir özellik değildir. (Cintoo Company, 2022) (PointCab, 2021) (Autodesk, 2022)

Dağınık veriler üzerinde çalışan algoritmalar, girdi verileri olarak uzamsal konumdan başka bilgiye sahip değildir. Bu nedenle yapı geometrisi hakkında bir varsayım kullanmazlar. Algoritmalar noktaları tutarlılıklarına göre yapılandırdıktan sonra çokgen oluşturmaya çalışırlar. Noktalar arası akıllı bağlantılar yoktur bu nedenle nokta bulutu işleme yazılımlarından yararlanılamaz.

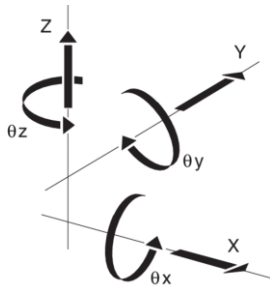
Nokta bulutları yapılandırmaları haricinde sıralı (*order*)/sırasız (*unordered*) veya kayıtlı (*registered)/*kayıtsız (*unregistered*) olarak da sınıflandırılabilmektedir. Sıralı veya sırasız olması verilerin sadece sıralanmış olup olmamasıyla ilgilidir. Kayıtlı olma durumu nokta bulutunu başka nokta bulutun yapay hedef referans koordinatıyla eşleşmesi (hedef, küre, nokta), jeodezik referans koordinatla eşleşmesi, bağımsız dengeleme, küresel dengeleme veya sadece uzamsal olarak hizalamak anlamında kullanılmaktadır. (KAARTA, 2020) (PointCab, 2022) Bilgisayar görüşü, robotik görüş, örüntü tanıma gibi teknolojilerle nokta bulutlarının eşleştirilmesidir. Yapılı, kayıtlı veya sıralı terimleri bazen birbirlerinin yerine de kullanılabilmektedir.

Üç boyutlu modeli oluşturulması planlanan yapının bütün nokta bulutları taramaları, belirlenecek referans koordinat sisteminde bir araya getirilmelidir. Taramalar genellikle ilk taramanın yani en önemli stratejik noktanın koordinat sistemi referans alınarak birleştirmeler yapılmaktadır. Nokta bulutları doğrudan jeodezik koordinat sistemine bağlı olarak da birleştirilebilir. Nokta bulutlarının birleştirilmesindeki temel amaç iki nokta bulutunu aynı uzamsal konuma (spatial), seviyeye (levelling), ölçeğe (scaling) ve doğru küresel noktaya getirmektir. Böylece birden fazla veri kümesi tutarlı olarak aynı koordinat sisteminde tanımlanabilir. Birleştirme sonrası hatalı ve gerekli olmayan noktalar (denoising) silinmelidir. (Altuntaş) (PointCab, 2022) Nokta bulutlarının referans koordinat sistemlerinde birleştirilmesi için kullanılan bazı yöntem şu şekildedir.

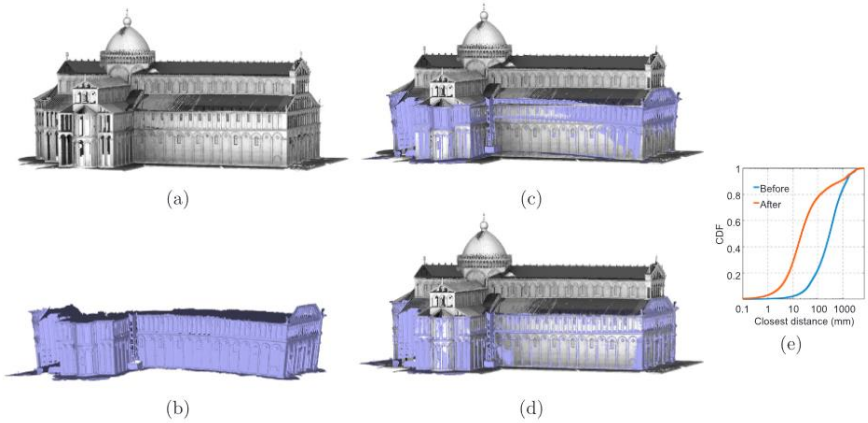
Hedef tabanlı kayıt yöntem (*Target based registration*): Taramaları hizalamak için yapay hedefler veya tarama noktalarından çıkarılan noktalar ve düzlemler kullanılmaktadır.

Sensör tabanlı kayıt yöntem (*sensor based registration*): Kayıt için bir global veya yere ilişkili konum sağlamak üzere sensörlerden gelen bilgileri kullanır.

Veriye dayalı/buluttan buluta kayıt (*data-driven/cloud-to-cloud registration*): Kayıt ve hizalama için taramaların örtüştükleri alanındaki özellikler ve tarama noktaları kullanılmaktadır.



Şekil 4.9 Rijit serbestlik derecesi (Google Görseller, 2022)



Şekil 4.10 Üç boyutlu model oluşturma ve rijit hizalama[52]

Nokta bulut kayıt algoritmaları nokta bulutlarının rijit, rijit olmaması ve diğer (grafik eşleme vb.) yaklaşımlar üzerinden gelişmektedir. Rijit yaklaşımlar, homojen bir dönüşümün yalnızca 6 Serbestlik Derecesi (6DOF[53]) kullanılarak modellenebilmesi üzerine sabit bir katı ortam kabul etmektedir. Rijit olmayan yöntemler, zaman içinde şekil değiştiren nesneler, mafsallı nesneler ve açısal deformasyon (izometrik, tarayıcı platform yükseliği, MVS, SfM vb.) ilgili çözümler sunmaktadır. Rijit olmayan durumda anlamlı ve doğru karşılığının nasıl oluşturulacağı, deformasyon için uygun bir temsilin nasıl seçileceği ve ardından

[52] (a) çoklu stereo çekim (MVS) ile üç boyutlu ağ model oluşturulması (b) üç boyutlu taramadan gelen veriler üç boyutlu model oluşturulması (c) a ve b'nin çakıştırılması, ilk rijit hizalama (d) algoritma tarafından hesaplanan hizalama. (Palma, Boubekeur, Ganovelli, & Cignoni, 2018)

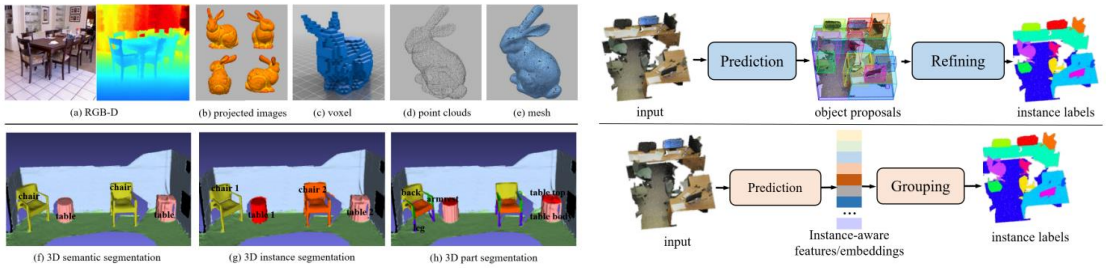
[53] Mekanik olarak serbestlik *6 Degrees of freedom*

bir optimizasyonun nasıl gerçekleştirileceğinin gibi temel sorulara cevap aramaktadır. (Palma, Boubekeur, Ganovelli, & Cignoni, 2018) (Ge, 2016)

Kayıt algoritmaları kaba (*coarse*) ve ince (*fine*) yaklaşımlar olarak da sınıflandırılabilmektedir. Kaba kayıt bilgisayarda ilk geometrik hizalamayı, ince kayıt iki nokta bulutunu tam olarak eşleştiren bir dönüşümü hesaplamaktadır. Algoritmaların temel yaklaşımları yinelemeli/tekrarlayan/iteratif en yakın nokta (*Iterative Closest Point - ICP*), rijit olmayan iteratif en yakın nokta (*Non-rigid Iterative Closest Point-NICP*) En küçük karelerle 3B yüzey eşleme (*Least Square 3D surface Matching - LS3D*), Kernel metotları, gauss karışım modelini ile kümeleme, tutarlı nokta sürükleme (?) (*Coherent Point Drift -CPD*), vb. yöntemler kullanılmaktadır. (Bellekens, Spruyt, Berkvens, Penne, & Weyn, 2015) (Li & Harada, 2022)

4.2.1.2 Algılama, Sınıflandırma, Segmentasyon ve Etiketleme

Başlıca üç boyutlu veri türleri RGB-D görüntü, yansıtılan imaj (*projected image)*, vokseller[54], nokta bulutu ve mesh'tir. Üç boyutlu verilerin segmentasyon görsel Şekil 4.11'de görüldüğü gibi üç türe ayrılmaktadır. (He, ve diğerleri, 2021)



Şekil 4.11 Başlıca 3B veri türleri ve segmentasyonu[55] (He, ve diğerleri, 2021)

[54] Piksel, dijital göstergelerde görüntünün elde edilmesini sağlayan ve kontrol edilebilen en küçük birimdir. Voxel, pixelin üç boyutlu karşılığıdır. (Wikipedia, 2021)

[55] Sol üst : Başlıca beş 3B veri türü: (a) RGB-D görüntüsü, (b) yansıtılan görüntüler, (c) vokseller, (d) nokta bulutları ve (e) mesh. Sol alt: 3B segmentasyon Türleri: (f) 3B semantik segmentasyon, (g) 3B örnek segmentasyonu ve (h) 3B parça segmentasyonu.

3B anlamsal segmentasyon (*semantic segmentation*) : Anlamlı segmentasyon, belirli bir etikete ait her veriyi sınıflandırma işlemidir. Örneğin, bir görüntüde 2 kolon varsa, semantik segmentasyon her iki kolonun tüm piksellerine aynı etiketi verir.

3B örnek segmentasyonu (*instance segmentation*) : Örnek segmentasyonu, görüntüdeki belirli bir nesnenin her örneğine bir etiket vermesi anlamında anlamsal segmentasyondan farklıdır. Şekil 4.11'de görüldüğü gibi tüm sandalyelere farklı renkler, yani farklı etiketler atanır. Anlamsal bölümlendirmede hepsine aynı renk atanırken, örnek bölümlendirmede ayrıca aynı sınıfın farklı örneklerini birbirinden ayırır. 3B örnek segmentasyon yöntemleri kabaca iki yöne ayrılır: öneri-tabanlı (proposal-based) ve önerisiz (proporsal-free).

3B parça segmentasyonu (*3D part segmentation*): 3B parça segmentasyonu, örnek segmentasyondan daha detaylı olarak nesnenin farklı bölümlerinin etiketlendiği yöntemdir. Parça segmantasyonu etiketlerinin parçalı olması haricinde, anlamsal segmentasyona oldukça benzemektedir. 3B parça segmentasyon yöntemleri iki kategoriye ayrılmaktadır: düzenli veri tabanlı (*regular data base: images and voxel*) ve düzensiz veri tabanlı (*irregular data based: mesh ve point cloud*).

Ölçek yapı ölçeğine geldiğinde gerçeklik yakalama genellikle üç boyutlu nokta bulutları üzerinden gerçekleşmektedir. Üç boyutlu nokta bulutları, uzaydaki nesnelerin şeklini, boyutunu, konumunu ve yönünü temsil edebilen en basit fakat aynı zamanda güçlü temel geometrik ilkeller koleksiyonudur. Bu koleksiyon kullanılan sensörün teknolojisine, farklı özellikte sensörlerin entegrasyonuna bağlı olarak renkler, multispektral bilgiler vb. kanal ve özelliklerle genişleyebilmektedir. Nokta bulutlarının çeşitliliği ve karmaşıklığını çözmek için algoritmaların üretilmesi aktif araştırma konularıdır. Uygulama alanı arttıkça ihtiyaca bağlı olarak algoritma üretimi de artmaktadır. Birçok çözüm, işlenen her veri kümesi için ince ayar yapılması gereken geniş bir parametre kümesine dayanır. Her veri kümesi farklı özelliklere sahip olduğu için algoritmaların kullanımıyla ilgili bir genelleme yapmak ve bir yaklaşımı kabul etmek doğru değildir.

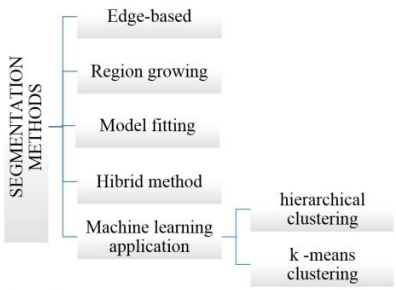


Figure 2: Synthetic representation of the segmentation methods.

Şekil 4.12 Segmentasyon yöntemlerinin gösterimi (Grilli, Menna, & Remondino., 2017)

Çoğu segmentasyon yaklaşımı arasındaki temel fark, belirli bir nokta kümesi arasındaki benzerliği algılamak, çözmek ve dolayısıyla gruplama kararlarını vermek için kullanılan yöntem veya kriterdir. Tüm yöntemler temel yaklaşımlarına göre beş kategoride gruplandırılabilir. (Grilli, Menna, & Remondino., 2017)

Kenar tabanlı segmentasyon (*edge based segmentation*) : Kenar tabanlı segmentasyon algoritmalarının iki ana aşaması vardır: farklı bölgelerin sınırlarını özetlemek için kenar algılama ve son segmentleri sunmak için sınırların içindeki noktaların gruplandırılması. Belirli bir derinlik haritasındaki kenarlar, yerel yüzey özelliklerindeki değişikliklerin belirli bir eşiği aştığı noktalarla tanımlanır.

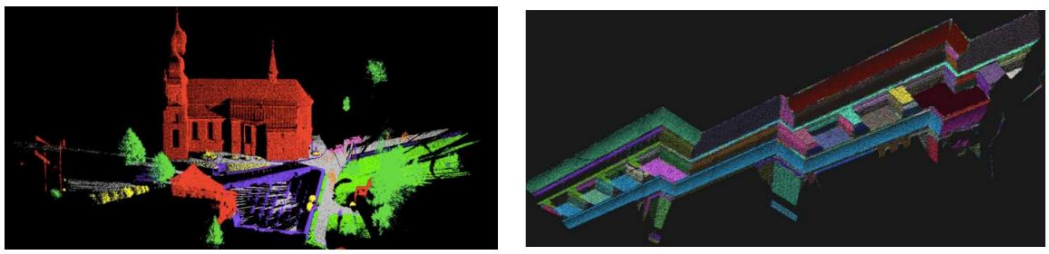
Büyüyen bölge segmentasyon yöntemi (*region growing segmentation*): Bu yöntemler, belirli özelliklere sahip bir veya daha fazla noktadan (tohum noktaları – *seed points*) başlar ve daha sonra yüzey yönelimi, eğrilik vb. gibi benzer özelliklere sahip komşu noktaların etrafında büyür. Bu algoritmalar iki adımı içerir: her noktanın eğriliğine göre tohum noktalarının tanımlanması (noktaların yakınlığı) ve yüzeylerin düzlemselliği gibi önceden tanımlanmış kriterlere göre büyütülmesi. Amacı, benzer noktaları birleştirmek ve aynı pürüzsüz yüzeye ait noktalara sahip bir dizi küme sunmaktır. Nokta Bulut Kitaplığı'nda (*Point Cloud Library*[56]) bölge yetiştirme algoritmaları koleksiyonu mevcuttur.

[56] https://pointclouds.org/ açık kaynaklı 3 boyutlu görüntü işleme kütüphanesidir.

Model uyumuna göre segmentasyon (*segmentation by model fitting*): Bu yaklaşım, birçok insan yapımı nesnenin düzlemler, silindirler ve küreler gibi geometrik ilkellere ayrıştırılabileceği gözlemine dayanmaktadır (Şek. 3). Bu nedenle, ilkel şekiller (*primitive shapes*) nokta bulutu verilerine takılır ve ilkel şeklin matematiksel gösterimine uyan noktalar tek segment olarak etiketlenir. İlkellerin anlamsal bir anlamı olması durumunda, bu yaklaşım aynı zamanda bir sınıflandırma da gerçekleştirmektedir.

Hibrit segmentasyon tekniği (*hybrid segmentation technique*): Yönteminin gücünden yararlanmak ve diğer yöntemlerin zayıflığını azaltmak için birden fazla yöntem birleştirilir. Bu hibrit yöntemlerin başarısı, altta yatan yöntemlerin başarısına bağlıdır.

Makine öğrenimi segmentasyonu (*machine learning segmentation*): Makine öğrenimi (derin öğrenme, sinir ağı vb. dahil)[57] bilgisayarların ampirik ve eğitimsel verilere dayalı kararlar almasını sağlayan yapay zekâ algoritmalarının tasarlanması ve geliştirilmesi ile ilgili bilimsel bir disiplindir.



Şekil 4.13 Segmentasyonu gerçekleşmiş ve sınıflandırılmış nokta bulutu örneği ve büyüyen bölge segmentasyon algoritmasıyla nokta bulut segmentasyonu (Grilli, Menna, & Remondino., 2017)

Anlamsallığı makine öğrenimi teknikleriyle mimari elemanlara otomatik olarak tanımlayan uygulamalar halen geliştirilme aşamasındadır. Üç boyutlu nokta bulutlarının anlamsal bölümlendirilmesine yönelik kıyaslama verilerinin bulunmaması, otomatik sınıflandırma çözümlerinin geliştirilmesini engellemektedir. *ARCH dataset – Architectural Cultural Heritage* adlı çalışma miras

[57] 2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci'nde açıklanmıştır.

senaryolarına ait milyonlarca elle etiketlenmiş nokta içeren yeni bir üç boyutlu nokta bulutu sınıflandırma kıyaslama veri kümesi sunmayı amaçlamıştır. Mimari elemanların otomatik olarak tanınması, üç boyutlu geometrilerin yapılandırılmasını hızlandıracaktır. Bu nedenle yapılandırılan üç boyutlu geometrilerin nesne yönelimli yazılım ve temel standartlarda yer alan mimari eleman sınıflandırmalarına göre etiketlendirilmesi (*label*)[58] önemlidir. İleride üç boyutlu geometriler yapılandırıldıktan sonra, bilgiler anlamsal olarak düzenlenebilir, ortak kelime dağarcığıyla yönetilebilir ve doğrudan belirli sınıflarla ilişkilendirilebilir. Tarihi yapı bilgi modellemesinin gelişebilmesi için BIM alanının dayandığı veri modeline (IFC) ek olarak, kültür varlıkları hakkında genel ve çok düzeyli bir görüşe sahip olmak için BOT, CityGML, CIDOC-CRM ve Getty Enstitüsü'nün AAT (Art & Architecture Theasurus)[59] sözlüğü incelenmiştir. Bu sayede, mimari elemanların sınıflandırılması için birleşik bir yöntem geliştirilmiştir.

[58] **2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci** ve **4.1 Dijitalleştirme: Dijital Belgeleme ve Girdi** bölümlerinde veri etiketleme açıklanmıştır.
[59] **4.4 Politikalar ve Standartlar** başlığında standartlar ve sözlüklerin özellikleri açıklanmıştır.



Şekil 4.14 Nokta bulutların sınıflandırılması için birleşik yöntem (ArCH dataset, 2020)

CityGML LOD 3 ve 4 ayrıntı düzeyindeki modelde tanımlanan sınıflar "Feature" _Boundary Surface ‘zemin, 'çatı' ve ‘duvar’ içinde ve "Feature_Openings” ‘Pencere’ ve ‘Kapı’ içindedir.

IFC standardıyla ilgili olarak mimari elemanları içeren kategori, IfcElement'in bir alt sınıfı olan ifcBuildingElement'tir. Burada tanımlanan sınıflar şunlardır: 'Sütun', 'Kapı', 'Çatı', 'Merdiven', 'Duvar' ve 'Pencere'. IFC ve CityGML’de sınıflar tarihi yapıyı doğru tanımlamaya yetmediği için AAT’nin Mimari Elemanlar Sınıfı - Yapısal Elemanlar Kategorisi içinden 'Tonozlar', 'Kemerler'; Yüzey Elemanları kategorisinden de 'Pervazlar' seçilmiştir. Temel 9 sınıf ("kemer": 0, "sütun": 1, "pervaz": 2, "zemin": 3, "kapı_pencere": 4, "duvar": 5, "merdiven": 6, "tonoz": 7, "çatı ":8, "diğer":9) kabul edilmiştir. Örneğin tablolar, sunaklar, banklar, heykeller, su muslukları…) “diğer” olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflar nokta bulutlarını etiketlemek için kullanılmıştır. (Matrone, ve diğerleri, 2020)

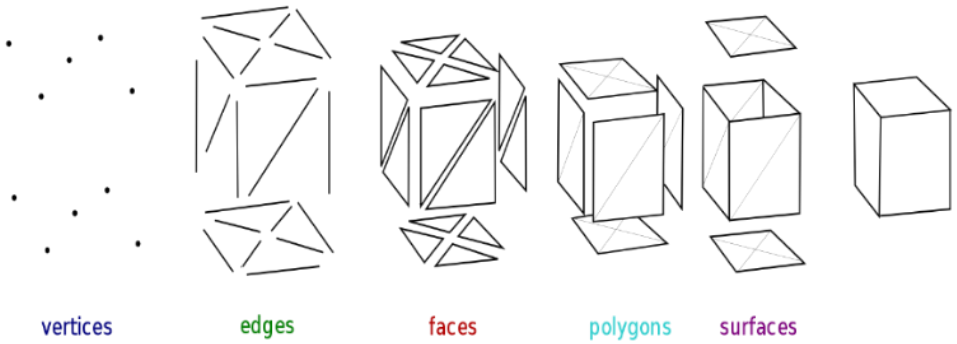
4.2.2 Üç Boyutlu Bilgisayar Grafikleri

İncelenen akademik yayınlarda tercih edilen modelleme programlarının ürettiği geometri ve grafikler üzerinden metodoloji geliştirildiği için geometrik çıktılardan ve tekniklerden bahsedilmeye ihtiyaç duyulmuştur. Elde edilen geometrinin olanakları modellerin ve metodolojinin geliştirilmesi için de tercih sebebidir.

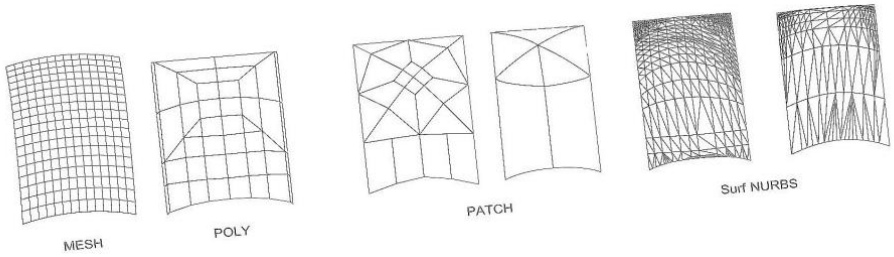
Nokta bulutları eşleştikten, düzenlendikten ve temizlendikten sonra yüzey ve katı modellere dönüştürülebilecek düzeye gelmektedir. Nokta bulut üst verisi ile nesnenin geometrik verisini üretmek mümkündür fakat mimari mirasa ait somut ve somut olmayan bilgiyi içeren üst verinin anlamsal (semantik) bölümlenmesi için araştırma, gözlem, inceleme ve işleme aşamalarının gerçekleşmesi gerekmektedir. Nokta bulutunun kullanım amacına ve ihtiyaç duyulan model detayına göre noktalara segmentasyon (bölümlendirme/ayrıştırma) yapılıp yapılmayacağına karar verilmelidir. Modelleme programları ve çeşitli algoritmalarla nokta bulutları doğrudan kütlesel yani katı modellere dönüştürülebilmektedir. Kütlesel modelde segmentasyon yapılmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu model malzeme, bozulma ve hasar tespit gibi yapısal olmayan analizlerde, bakım kararı, ön şantiye planlaması, afet yönetimi, güvenlik, ziyaretçi planlaması, görselleştirme ve oyun tasarımı gibi alanlarda kullanılabilmektedir. Segmentasyon analize ve anlamdırmaya[60] yönelik yapı elemanlarının ayrıca çalıştırılması, yüzey katmanlarının irdelenmesi, nesne özelliklerine yönelik model oluşturulması, ölçü birimi ile oran tespiti gerekiyorsa yapılmalıdır.

Modelleme programlarında kütle modellemesi veya modifikasyonu yapılırken nokta (*vertex*), kenar (*edge*), üçgensel yüzey (*face*), yüzey üzerindeki açıklıklar (*border*), polygon (*çokgen yüzey*) eleman (*element*), eğri (*curve*), spline gibi parametrik alt nesneler oluşur. Bu alt nesneler oluşturdukları görünüm ve kontrol edilebilir parametre türlerine *mesh, polygon, patch, wireframe, NURBs* vb. isimlerle modelleme programlarında tanımlanabilmektedir.

[60] 2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci *semantik geometri* ve *geometride anlambilim*

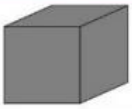


Şekil 4.15 Modelleme programlarında alt nesnelerin parametreleri (Wikiwand, 2022)

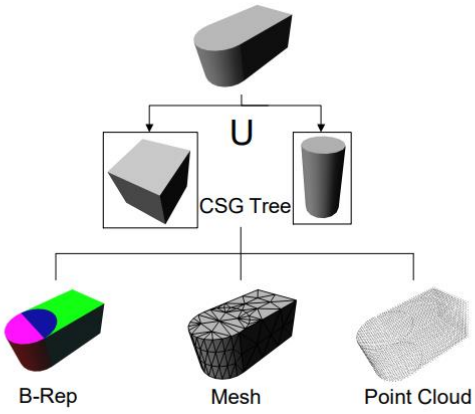


Şekil 4.16 Alt nesnelerden oluşan yüzey görünümleri (Ono, ve diğerleri, 2008)

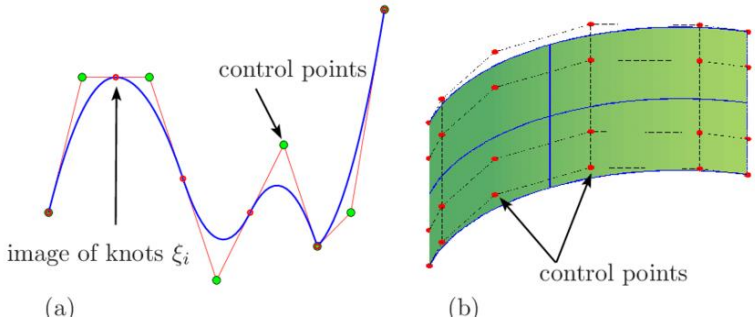
Geometrik modellerle ilgili esas olarak dört modelleme ve yüzey oluşturma paradigması vardır: Yapıcı Katı Geometri (CSG), Sınır Gösterimi (B-Rep), (Saygi, Turan, & Remondino, 2013) Ağ (mesh), NURBs (Banfi, 2016) ve nokta bulutunun oluşturduğu hacim (Rabbani & Heuvel, 2004) Bu geometrik modeller nokta bulutunun mesh modele dönüştürülmesi, mesh modelin katı geometriye dönüştürülmesi şeklinde bir sırayla da gerçekleşebilir. Buradaki önemli yaklaşım bu modellerin ihtiyaca göre birbiriyle olan dönüşümüdür. Her modelleme paradigmasının da artıları ve eksileri vardır ve en önemli karar, proje ihtiyaçlarına uygun doğru yöntemi seçmektir. Bu çerçevede temsiller sadece tanımsal değil ilişkisel özelliklere göre yapılandırılmalıdır.

	Constructive Solid Geometry (CSG)	Boundary Representation (B-Rep)
		
Geometric Description	volumetric object	a (set of) polygon(s)
Standard Volumetric Primitive	block	surface
Operations	union, intersection, difference	connection of faces
Inner core	solid	void

Şekil 4.17 Sınır gösterimi (B-Rep) ve yapıcı katı geometri karşılaştırması (Saygi, Turan, & Remondino, 2013)



Şekil 4.18 Kütlesel model alt gruplar (Rabbani & Heuvel, 2004)



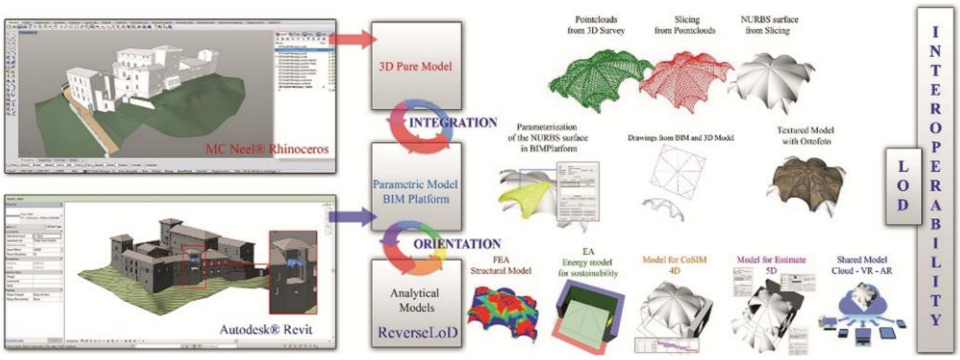
Şekil 4.19 Spline kontrol noktaları (Google Görseller, 2022)

Sınır gösterimi (*Boundry Representation, B-Rep*): Yaklaşımı, bir hacmin her yüzeyini ve sınırlarının tanımlanmasıdır. (Çetin & Güdükbay)

Ağ / poligon ağ (mesh/polygon mesh): Çokyüzlü bir objenin şeklini tanımlayan köşe, kenar ve yüz gösterimidir.

Tekdüze olmayan rasyonel B-Spline'lar (*Non-uniform rational Basis spline, NURBs*): Basit bir iki boyutlu çizgi, daire, yay veya eğriden en karmaşık üç boyutlu organik serbest biçimli yüzeye veya katıya kadar herhangi bir şekli temel splineları kullanan matematiksel modeldir. Yüzeyin şekli kontrol noktaları ile belirlenir. Örneğin *Rhinoceros* modelleme programı size NURBs ile çalışma imkânı sunmaktadır.

Yapıcı Katı Geometri (*Constructive Solid Geometry, CSG*)'de her geometri hacimsel ve ilkel bir nesne olarak tanımlanır. Bir yüzey veya nesne oluşturmak için potansiyel ilkel nesneler birleştirilerek oluşan bütüncül görünümdür. Çeşitli iteratif yöntemlerle belirli bir noktanın CSG model yüzeyinden ortogonal mesafesini hesaplamak için ilkel nesneler, B-Rep, bir üçgen kafes (mesh) ve bir nokta bulutu kullanır. (Rabbani & Heuvel, 2004) Örneğin *Revit* programı yapı elemanlarını katı geometri olarak sunmaktadır.



Şekil 4.20 BIM entegrasyon ve oryantasyonu için üç boyutlu modelleme programları arasındaki dönüştürme işlemi[61]

[61] Görsel içinde sol üst ekran *MCneel Rhinoceros* arayüzü, sol alt ekran *Autodesk Revit* ekran yüzünü göstermektedir. Görselin sağ tarafında programların sunduğu grafikler ve parametreler doğrultusunda geometrinin çözümlenebilmesi için programlar arası dönüşüm gösterilmektedir.

Her modelleme programı aynı yapının dijital bir modelini verebilmektedir. Fakat bu dijital modeller kıyaslandığında geometrik ilkel oluşturma, modelleme mantığı/ilkesi, dosya biçimleri gibi (rvt., .dxf, .dwg, .skp, .Pln, .3dm, .dgn, vb.) farklılıklara sahip olmaktadır. Söz konusu bu örtüşmezliğin giderilebilmesi için veri şemaları, veri tabanlarını ve modelleme ilkelerini tanımlayabilecek, model kalitesini hiyerarşik hale getirebilecek ve farklı kullanıcıların doğru bilgi alabileceği bir sistemin kurulması gerek duyulmuş; ulusal parametrelerin, kılavuzların ve spesifikasyonlarla bazı tanımlara gidilmiştir. BIM ortamında kullanıcıya sağlanan modelleme yöntemleri sistematik ve doğruluk derecesi olarak farklılaşmaktadır: Nesil/geometri Derecesi (*grade of generation or geometry, GoG*), bilgi derecesi (*grade of information, GoI*) ve doğruluk Derecesi (*grade of accuracy, GoA)*. (Banfi, 2016)

GOG tanımıyla oluşturulan grafik varlıkların geometrik oluşum türüne dayanan ve “parametrik” ile “parametrik olmayan" arasında ayrım yapan ilk sınıflandırma yapılmıştır. Parametrik modelleme, modeli oluşturan çeşitli varlıkların sahip olduğu değişkenlerin üç boyutlu bir geometri üreten bir dizi işleme yanıt vermesi ve kontrol edilmesiyle gerçekleşmektedir. Bu modellerin insan, insan-makine ve sadece makine algoritmalarıyla üretilmesi otomasyon dereceleriyle tanımlanmıştır. (Angulo-Fornos, 2020)



Şekil 4.21 GoG seviyeleri ve GoG-GoA-GoI BIM oryantasyonu (Banfi, 2016)

Manuel (otomatik olmayan) modelleme, yarı-otomatik modelleme (*Semi-automatic modelling*), Parçalardan yarı otomatik modelleme (*Semi automatic throught parts*), Otomatik model dönüştürme (*automatic*) – tersine mühendislik[62] (*reverse engineering*).

4.3 Analiz ve Yorumlama: Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi bölümünün yapı bilgi modellemesi kısmında detaylar sunulacaktır.

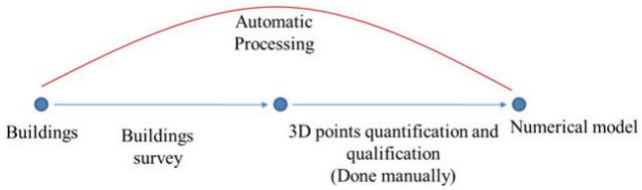


Fig. 1. Automatic processing compared to the manual one.

Şekil 4.22 Otomatik nümerik model oluşturma süreci (Hmida, Cruz, Boochs, & Nicolle, 2012)

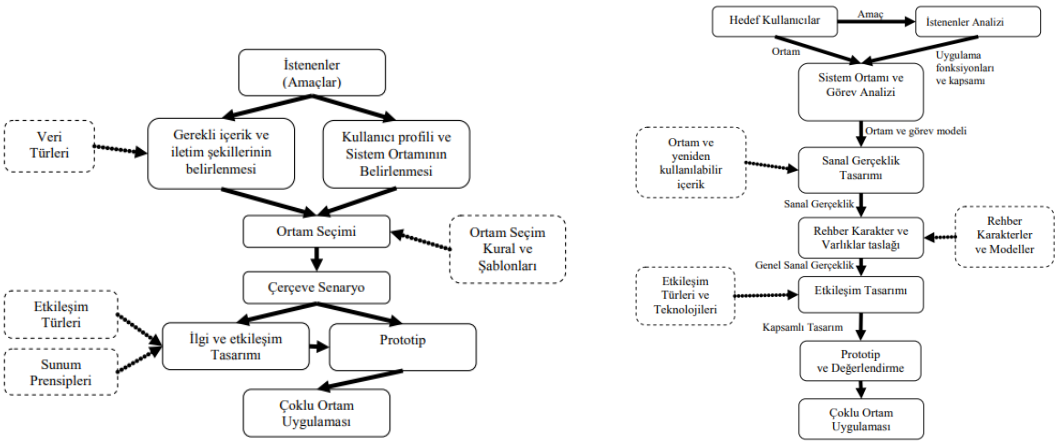
4.2.3 Gerçeklik Oluşturma

Gerçeklik oluşturma, 2018 dijitalMİRAS kongresinde çalışan üç önemli dijital teknoloji başlığından biridir. Bu başlık içerisinde VR, AR, MR, oyunlar, görselleştirme, multimedya, 3B baskı, somutlaştırma, vb. konular yer vermektedir. Kültürel varlıkların için sanal gerçeklik oluşturma özellikle ticari çıkarlar (üç boyutlu taraması alınan yapının sanal ortamda rekonstrüksiyonu yapıldığı için gerçek ortamda önemini yitirebileceği yaklaşımı), sanat üretimleri, oyun geliştirme projeleri ve kültürel bellek kurumlarının nesnelerini korumak amaçlı tercih ettiği yöntemlerdendir. Mimari miras alanına bakıldığında dijitalleşme deyince ilk akla gelen kavramdır, bu nedenle de çok popüler ve geniş bir çalışma alanına sahiptir. Bölüm 3'te mimari mirasın bilgisayar ortamında bir sunum nesnesi olarak dijital ortam yolculuğuna başladığından da bahsedilmiştir. Sanal gerçekliğe yönelik çalışmalar askeri alanlardan başlayıp devamında dijital sanat

[62] Endüstriyel alanlarda tersine mühendislik, mevcut bir nesnenin veya sistemin nasıl üretildiği ve çalıştığı ile ilgili mantık yürütülerek çözümlenmesi ve modellenmesi anlamına gelmektedir.

alanında bilgisayar teknolojileriyle paralel genişlemeye başladığı için dijital sanatçıların gerçeklik oluşturma yöntemlerine ve eserlerini koruma yaklaşımlarına bakılabilir. *digitalSSM* projesinin *Digilogue* ile gerçekleştirdiği, "Teknolojik Sanat Eserlerin Korunması" ile ilgili çevrimiçi seminer dizisi ve kitabında sanal ortamların bileşenlerine ve korunma yaklaşımlarına yönelik bilgilendirmeler bulunmaktadır. Bir şeyi korumak onu tanımlamaktan geçtiği ortamların kurgu aşamasından itibaren bütün bileşenlerine yönelik çağdaş dijital koruma yaklaşımları program çıktılarına bakılabilir. Sanal ortamlar donanımdan (giriş-çıkış aygıtları, simülasyon ortamları, bilgisayar sistemleri vb) senaryo üreticisinin ortam kullanıcısına algılatmak istediği düşünceye kadar (dokunsal, tatsal, görsel, duygusal vb.) çok fazla parametreyi birlikte kurgulamayı gerektirir. (Balcısoy, 2021) Bu bölümde kısaca temel terimlere yer verilmiştir.

Sanal gerçeklik sistemleri bileşenlerine, tekniklerine ve yarattıkları duygu hissine göre sınıflandırılabilirler. (Töre, 2010) sanal gerçeklik sistemlerini, gerçek çevre algısının sanal gerçeklik ile yer değiştirme oranına göre dalınan (*immersive*), dalınmayan (*non-immersive*) veya geliştirilmiş gerçeklik olarak ayrıştırırmıştır. Şekil 4.23 çoklu ortam ve sanal gerçeklik ortamlarının tasarımında uygulanabilecek temel yöntem şemalarını göstermektedir.

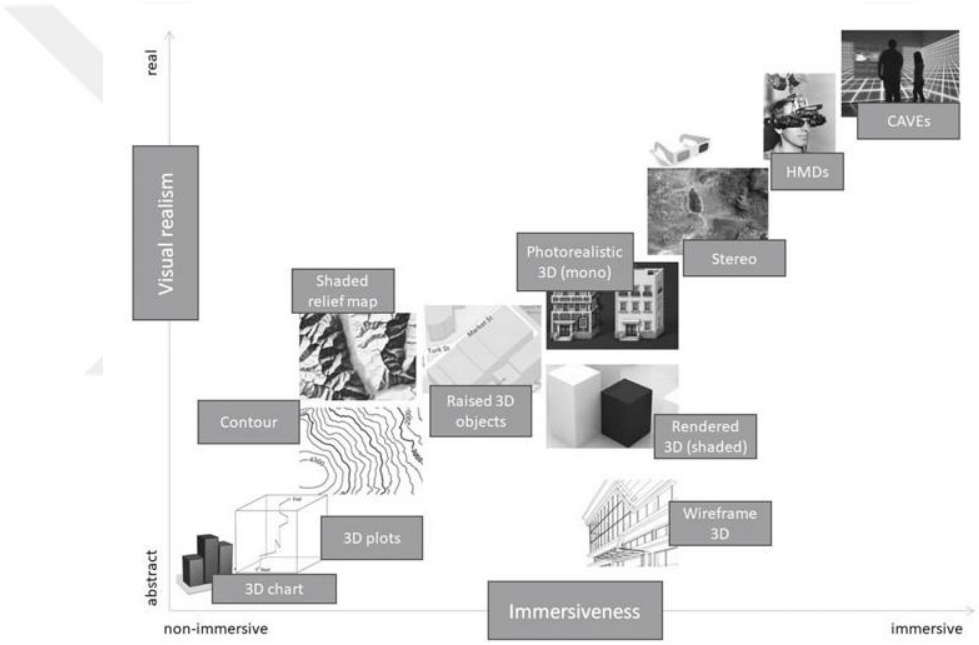


Şekil 4.23 Çoklu ortam ve sanal gerçeklik tasarım evreleri (Töre, 2010)

Bir ekranın/görüntünün (*display*) sanal gerçeklik olarak nitelendirilmesi için ekran (*display*) türlerini sistematik olarak karakterize etmek ve ayırt etmek için çeşitli girişimler olmuştur. Bunlar arasında Sherman ve Craig (2003) dört kriteri listelemektedir: sanal bir dünya (grafikler), daldırma (*immersive*), etkileşim (*interactivity*) ve duyusal geri bildirim (sensor feedback). Kartografik literatürde, benzer bir kategorizasyon dört "I" diye adlandırılan kriterlerdir: Daldırma (*immersion*), etkileşim (*interactivity*), bilgi yoğunluğu (*information intensity*), nesnelerin zekâsı (*intelligence of objects*). Özellikle, bazı yazarlar sanal gerçeklik ile sanal ortamlar arasında bir ayrım yapmaktadır. Sanal gerçekliği (*virtual reality*) terimi, gerçekliği taklit etmeyi tam olarak ifade etmez ancak kullanıcıya gerçek hissettiren bir deneyim yaşatmaktadır. Gerçeklik terimi gerçekliği taklit ettiğine dair bir izlenim uyandırdığı için sanal ortam (*virtual environment, VE*) terimi ortaya çıkmıştır. Terim, bir görselleştirme ortamı kullanarak kurgusal veya planlanmış ortamları da göstermektedir. 2000'lerin başından itibaren sanal coğrafi ortam (*virtual geographic environment, VGE*) kullanıcıların coğrafi sistemleri deneyimlemek, tanımak, etkileşimde olmak, simülasyonlara dahil olmak ve analizler yapabilmek için kullanabilecekleri bilgisayarlar ve ilgili teknolojiler tarafından oluşturulan dijital bir coğrafi ortam ve ağ coğrafi iş birliklerini tanımlar. Dijital ikiz (*digital twin*) fikrine benzeyen ve Dijital Dünya (*digital earth*) konseptiyle uyumlu olan VGE'ler, genellikle gerçek dünyadaki coğrafi ortamları sanal olarak yansıtmayı ve analiz yapmayı (farklı ölçeklerde bakmak, tarihsel zaman dilimlerini incelemek vb). Bu ortamları oluşturan alt ortamlar veri (veritabanları), veri modelleme ve simülasyon, etkileşim ve iş birlikleri (entegrasyon, ortaklaşma)dir. (Çöltekin, ve diğerleri, 2020)



Şekil 4.24 Daldırma seviyeleri ve gerçek-sanal devamlılığı (Çöltekin, ve diğerleri, 2020)



Şekil 4.25 Görselleştirme tasarımlarına göre gerçeklik ve sanal sürekliliğine göre hazırlanmış dalınım spektrumu (Çöltekin, ve diğerleri, 2020)

Milgram ve diğerleri, sanal gerçeklik sınıflandırmalarını anlamak üzere gerçeklik (reality), artırılmış gerçeklik (AR), geliştirilmiş gerçeklik (XR), artırılmış sanallık (AV) ve sanal gerçekliği (VR) daha iyi anlamak ve sınıflandırmak üzere gerçek-sanal devamlılığı tanımı yapmışlardır. (Şekil 4.25) AR ve VR arasındaki temel fark, kullanıcının kendini algıladığı yer yani algısal gerçeklik paradoksudur. Sanal gerçeklikte gerçek dünyanın yerini simülasyon alır ve kullanıcı kendini tamamen

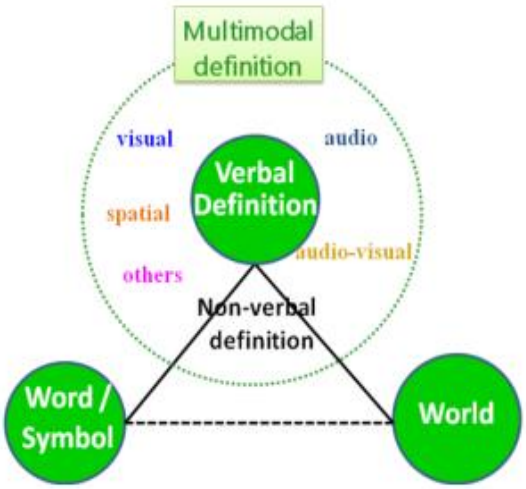
sentetik bir ortamda algılamaktadır. AR ise kullanıcıyı gerçek dünyadan ayırmadan gerçek bir sahnenin üzerine sanal nesneler ve grafikler ekler, böylece kullanıcı kendini değiştirilmiş bir gerçek ortamda hisseder. Sanal gerçekliğin etkileşim, mekânsallık ve gerçek zamanlılık olmak üzere üç önemli karakteristiği vardır. Fakat sanal gerçekliğin minimum gereksinimleri konusunda bir uzlaşı yoktur, ancak ideal bir sanal gerçeklik sistemi tüm duyuları uyarmalıdır. Görme duyusu için hipergerçekliğe ulaşılmış; ses araştırmaları de için ikna edici bir ilerleme kaydedilmiştir. Fakat koklama, tatma ve dokunma (haptik) simülasyonu diğer duyularla henüz aynı aşamada değildir. (Balcısoy, 2021)

4.2.4 Mod Etkileşimi

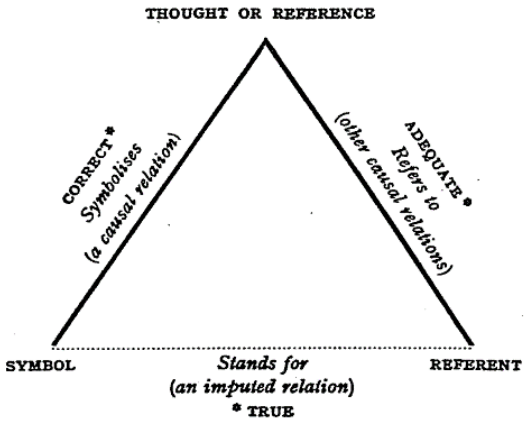
Mod (*mode*), modalite (*modality*), çok modlu (*multi modal*), çoklu modalite (*multi modality*), modlar arası etkileşim (*intermodal*) gibi mod kökenli terimler farklı alanlarda birbirlerine hem yakın hem uzak hem de kullanıldığı alan göre çok özelleştirilmiş olarak kullanılabilmektedir. Kelime kökeni benzetildiği kavrama göre türetilirken yapı bozumuna uğratılmış; kullanılacakları alanlara yönelik yeni anlamlar kazandırılmıştır. Alanlar arası gerçekleşen bu farklılıklar, araştırma yapmayı da zorlaştırmıştır. Bu durumun nedeni sözlük oluşturmanın[63] Mod, istatistik/matematik bilimi için bir veri kümesi içinde en sık görülen değer (K2 Analytics, 2020) anlamına gelirken bilişim alanında ara yüz anlamına, verinin yapısıyla ilgili çeşitli anlamlara da gelmektedir. Modalite ise sağlık alanında metot, dilbilimde kip veya alternatif sözcük kullanımı, göstergebilimde (semiyotik) iletişim veya ifade, felsefede mantıksal önermelerin niteliği, ulaşımda taşıma modellerini, bilgisayar biliminde insan-bilgisayar etkileşimi, veri biliminde veri yapısı (Tablo 2.2), gibi anlamlara gelebilmektedir. Bu tez kapsamında bu geniş tanım aralığı bilgisayar ve veri bilimi üzerinde sınırlandırılmıştır; temelde sanal gerçeklikle ilgili algısal modlar ve kültürel miras ile ilgili veri modları aktarılacaktır.

[63] **2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci** bölümünde açıklanmıştır.

Dijital evrimle birlikte dijital ortamla ilgili sözlükler[64] dil öğrenme ve dili kullanma aracı hızlıca üretilen ve tüketilen başvuru kaynakları olmuştur. Sözlüklerle birlikte anlamın temsili (semantik) ve mod kavramları çok sık kullanılır hale gelmiştir. İnsan için mod, algıların duyma ve iletişim yoludur. Yani insanlar, çok yönlü algısal modlarını kullanarak gerçek dünyayla çok modlu olarak etkileşime girmektedirler. (Liu X. , 2015)



Şekil 4.26 Çok modlu bileşenler arası ilişki (Liu X. , 2015)



Şekil 4.27 Ogden ve Richards'ın anlamsal üçgeni, 1923 (Özer, 2015)

[64] 2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci bölümünde açıklanmıştır.

Çok modluluk birden fazla semiyotik kaynağın (görsel imge, ses vb) metne özgü bir anlamın (*text-specific meaning*) oluşturulmasında birlikte bağlamsallaştırıldığı çeşitli yollar olarak tanımlanmaktadır. Farklı semiyotik modların bilinmesi (görsel, işitsel, uzamsal vb.) bir izleyicinin bilgiyi nasıl aldığını belirleyebilir. Bu nedenle sözcüklerle anlamın temsili için çok modluluk çok önemlidir. Anlamlar arasındaki ilişkinin sunulması konusunda semiyotik kaynaklar yetersiz kalabilmektedir. Semiotik kaynakların ötesine geçerek bir problemi çözümü için şema, grafik üretilebilmektedir. Böyle olduğunda bilginin sunulmak üzere kodlanması gerekmektedir.

İnsan-bilgisayar etkileşimi tarihsel olarak tek modlu iletişimle başlamıştır. Girdi aygıtı olarak klavye ve çıktı olarak ekrana yansıyan metin gibi tek bir mod veya kanal aracılığıyla etkileşim olmuştur. Çok modlu arayüzler, konuşma, jest, dokunma, yüz ifadesi ve diğer modalitelerle iletişim kurmak için doğal insan yeteneklerinden yararlanmaya çalışan ve daha karmaşık örüntü tanıma, sınıflandırma gibi yöntemleri kullanan etkileşimli sistemleri tanımlar. Tablo 4.9'da, Blattner ve Glinert'tan (1996) sonra güncellenen çok modlu insan-bilgisayar etkileşimi ile ilgili insan duyusal modaliteler görülmektedir. Listelenen girdi modalitelerine ek olarak, nöral aktivitenin dolaylı olarak algılanması (beyin bilgisayar arayüzleri, 3DIT vb.) gibi teknolojiler ilerleyen zamanlarda multimodal etkileşim sistemlerinin pratik bileşenleri haline geleceklerdir. (Turk, 2014)

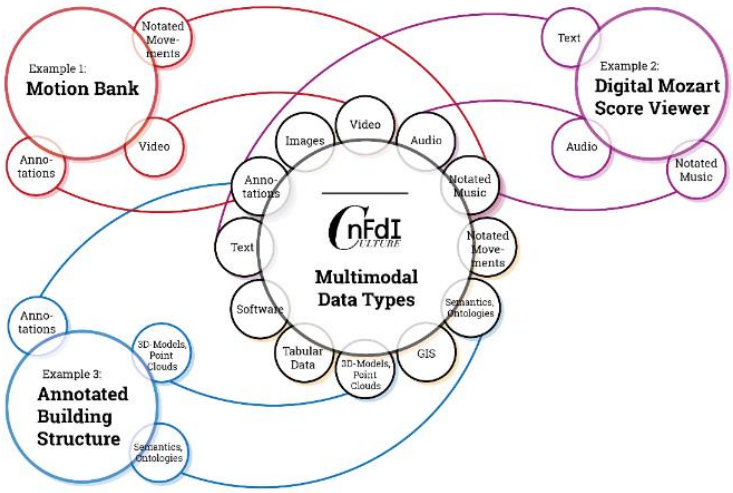
Tablo 4.9 İnsan bilgisayar etkileşimi ve insanın duyusal modaliteleri (Turk, 2014) (Balcısoy, 2021)[65]

Modalite	**Örnek**
Görsel *Visual*	Yüz Konumu *Face location* Odaklı Bakış *Gaze* Yüz İfadesi *Facial expression* Dudak Okuma *Lip reading* Yüz Tanıma *Face-based identity* (ve diğer bilgiler: yaş, cinsiyet, ırk vb.) Jest ve Mimik (baş, yüz, el, vücut) *Gesture (head, face, hands, body)* İşaret Dili *Sign language*
İşitsel *Auditory*	Konuşma girdisi *Speech input* Konuşma Olmayan Audio *Non-speech audio*
Dokunsal / Haptik *Touch / Haptic* / Tactile*	Basınç uygulama *Pressure* Konum ve seçim *Location and selection* Jest ve Mimik *Gesture*
Tatma* *Gustatory*	Tatma
Uzamsal* *Spatial*	Ölçek, Mesafe, Konum ve Denge*
Zamansal* *Temporal*	Zaman ve Süreç*
Diğer Sensörler *Other sensors*	Sensöre dayalı hareket yakalama *Sensor-based motion capture* Nöral-elektriksel akvitiveler ve Beyin Bilgisayar Arayüzleri* (*HCI, HRI, BCI vb.*)

Mod ile ilgili diğer açılım veri türleri ile ilgilidir. Tablo 2.2'de verinin yapılandırılma düzeyi diğer anlamıyla verinin modalitesiyle eş anlamda kullanılabildiği gösterilmiştir. Maddi ve Maddi Olmayan Kültürel Miras Araştırma Verileri Konsorsiyumu NFDI4Culture, kültürel miras araştırma verileri yönetim stratejileri için birtakım gereksinimler belirlemiştir. Bu gereksinimleri tanımlarken kültür varlıklarının maddi ve maddi olmayan boyutlarının metin olmadığını (*non-*

[65] * ile işaretli olanlar yazarın tabloya sözcük veya bilgi eklentisidir.

textual)[66] ve dijital temsilde hiçbir zaman tam olarak yansıtılamayan içsel bir değere sahip olduğunun altı çizilmiştir. Bu gereksinimlerin ilk adımı olarak, kültürel varlıkların üst verileriyle (meta data) birlikte dijital temsillerin ve araştırma süreçlerinden kaynaklanan prosedürel araştırma verilerinin ayrışması gerektiğini belirtmektedir. Konsorsiyum, karmaşık çok modlu veri türlerini iki düzeyde ele almaktadır. (Altenhöner, ve diğerleri, 2020)



Şekil 4.28 NFDI4Culture'ın çok modlu veri türleri[67]

<u>kültürel varlıkların dijital temsilleri</u> : 2B dijital reprodüksiyonların tüm biçimleri (örneğin tablolar, heykeller, notalar ve ayrıca icra edilen eserler vb.), Fotogrametrik süreçler, lazer tabanlı 3B tarayıcılar veya yapılandırılmış ışık sistemleri veya **3B modelleme yazılımı kullanılarak (yeniden) inşa edilerek oluşturulan 3B kültürel varlık modelleri** (eser, anıt, yapı vb), maddi ve maddi olmayan kültürel varlıklar hakkında **her türlü görsel-işitsel veri** (müzik, film, sahne performansları vb).

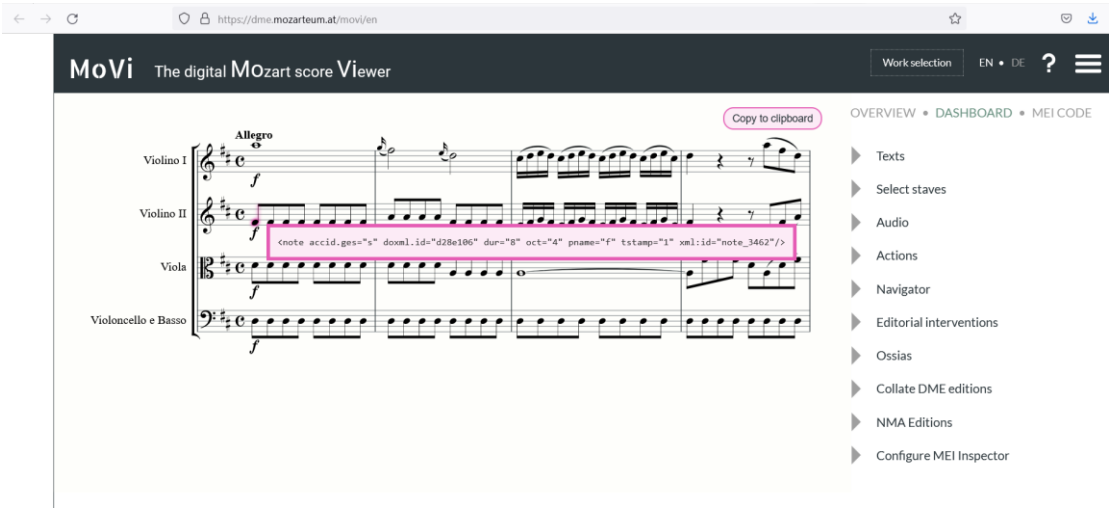
[66] Gömülü metin ve yapılandırma **2.2 Dijital Ortamda Yaratım Süreci** bölümünde açıklanmıştır.

[67] Kırmızı grafikler performans sanatıyla ilgili araştırma örneği Motion Bank'ı, mor grafikler müzik sanatıyla ilgili araştırma örneği Dijital Mozart Kayıt Göstericisi ve mavi ise mimarlık ile ilgili Annotated Building Structure örneğini göstermektedir. (Altenhöner, ve diğerleri, NFDI4Culture-Consortium for research data on material and immaterial cultural heritage, 2020)

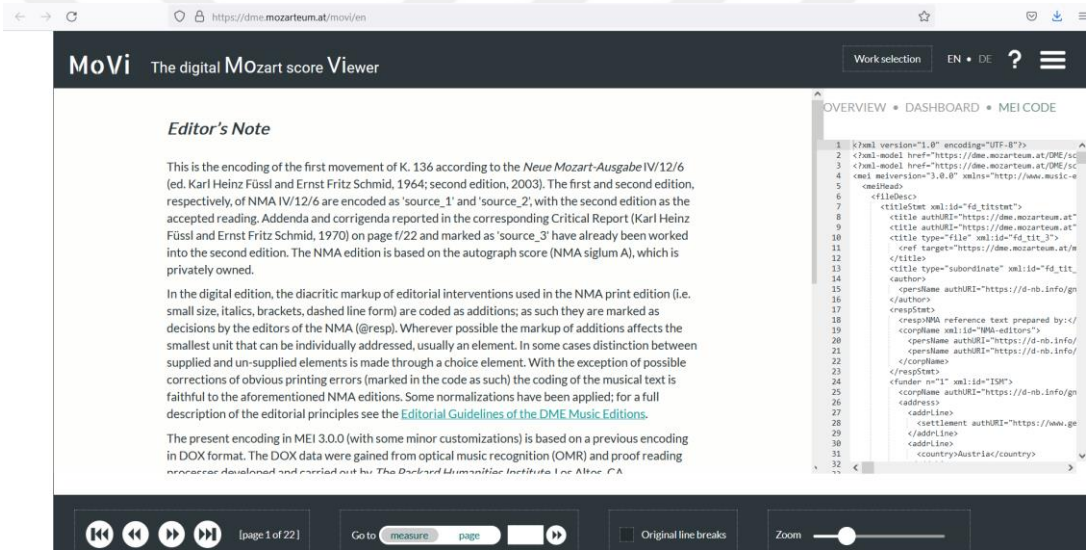
Prosedürel araştırma verileri : grafik formatları (raster ve vektör formatların imaj meta verilerini içermesi örneğin Exif, XMP, vb.), **müzikal gösterimlerin dijital temsili için vektör formatları**, kültürel varlıkların, nesnelerin veya yapıların **bilgisayar tarafından oluşturulan yapılarının dijital rekonstrüksiyonları** (CAD / CAAD veya render programları tabanlı), kültürel alanların veya sanatsal performansların **bilgisayar tabanlı simülasyonları**, **kodlama ve açıklama formatları** (örn. Müzik kodlamak veya resimlere açıklama eklemek için XML tabanlı biçimler, videolar için zaman etiketleri veya şekil açıklamaları vb.), maddi ve manevi kültür varlıklarının tanımı için **semantik modellerin** (örneğin CIDOC CRM, IFLA LRM ve diğer türevler) **meta verileri ve serileştirmeleri, değişim biçimleri** (örneğin IIIF, LIDO), **yetki (yazarlık) verileri** (örneğin GND[68], Getty: AAT, TGN, ULAN).

İkinci adımda kültürel varlıkların dijital temsillerinin kendi içinde maddi olmayan kültürel varlıklar haline gelebileceği ihtimaline dikkat çekilmiştir. Üçüncü adım maddi ve maddi olmayan kültürel varlıklar ve bu varlıklardan oluşturulan araştırma verilerinin genellikle karmaşık yasal ve etik koşullara tabi olmasıyla alakalıdır. Telif hakları, kişisel haklar ve kaynak sorularının kapsamlı bir şekilde dikkate alınmasını gerektirir. Sonuncu adım araştırma verilerinin ekonomik bağlantısı ve kullanımıyla ilgilidir.

[68] Alman Ulusal Kütüphanesi (Deutsche National Bibliothek) tarafından Alman dilini kullanan Avrupa ülkeleri ve ortakları tarafından yönetilen Tümleşik Otorite Dosyası. (Deutsche Digitale Bibliothek, 2022)



Şekil 4.29 MoVi projesi - vektör olarak sunulan nota çizimleri[69]

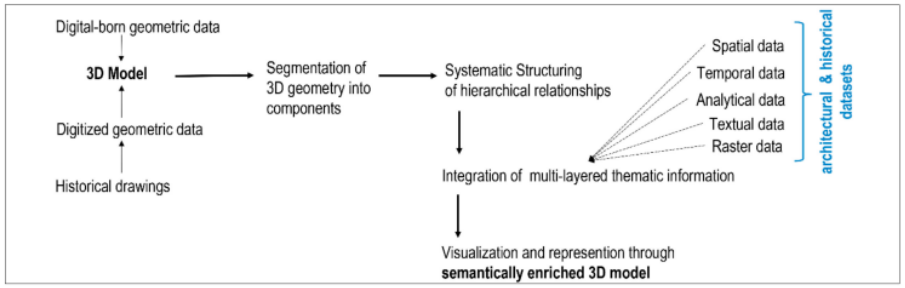


Şekil 4.30 MoVi projesi – notaların kod karşılığı[70]

[69] Vektör olarak sunulan noktalara tıkladığında notanın kodlamadaki satır karşılığı görünmektedir.
[70] TEXT kısmında tıklandığında kodlamayı yapan kişinin notlarına ve MEI CODE tıklandığında kodlama satırlarının tamamına erişilebilmektedir.
(MoVi: The digital Mozart score Viewer)

4.3 Analiz ve Yorumlama: Dijital İçerik Yönetimi ve Analizi

Bir mimari miras nesnesi, fiziksel özelliklerin ötesinde heterojen ve çok katmanlı bilgiler barındırmaktadır. Korumaya dair karar verme süreci anlamak ve yönetmek için çeşitli bilgi türlerinin entegre edilmiş bir temsiline ihtiyaç duyar. Bu gereklilik, temsil ve yönetim süreçlerinden oluşan iki yönlü bir yöntemdir. Miras nesnelerinin üç boyutlu (3B) dijital ortamda temsil edilmesine yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır, ancak ihtiyaca cevap verenin seçilmesi çok önemlidir. Basit üç boyutlu geometrik nesne modeli, temsil için yeterli değildir. Bu modeller bileşik mimari elemanlar arasındaki karşılıklı ve hiyerarşik ilişkilerle ilgili bilgilerden yoksundur. Bu nedenle, bilişsel bir temsile ihtiyaç duyulduğunda kavramsal organizasyon büyük önem taşımaktadır. Geometrik üç boyutlu model bu tür karşılıklı ve hiyerarşik ilişkilerle zenginleştirilirse/yapılandırılsa, dijital 3B model nitelikli bir temsil haline gelir. Sonuç olarak bir yönetim süreci üç ana aşamayı gösterir: kavramsal modelleme aşaması, veri yapılandırma aşaması ve veri gösterimi aşaması. Mimari miras bilgilerinin yönetimi, verilerin iyi anlaşılması ve uygun koruma stratejilerinin geliştirilmesi için çok önemlidir. Yönetim süreci iki ve üç boyutlu dijital görselleştirmelerin oluşturulmasını, veriler arasındaki parametre ile ilişkilerin tanımlanması ve yapılandırılmasını, yapılandırılmış verilerin görselleştirmelerle temsil edilmesini kapsamaktadır. (Saygi, Turan, & Remondino, 2013)



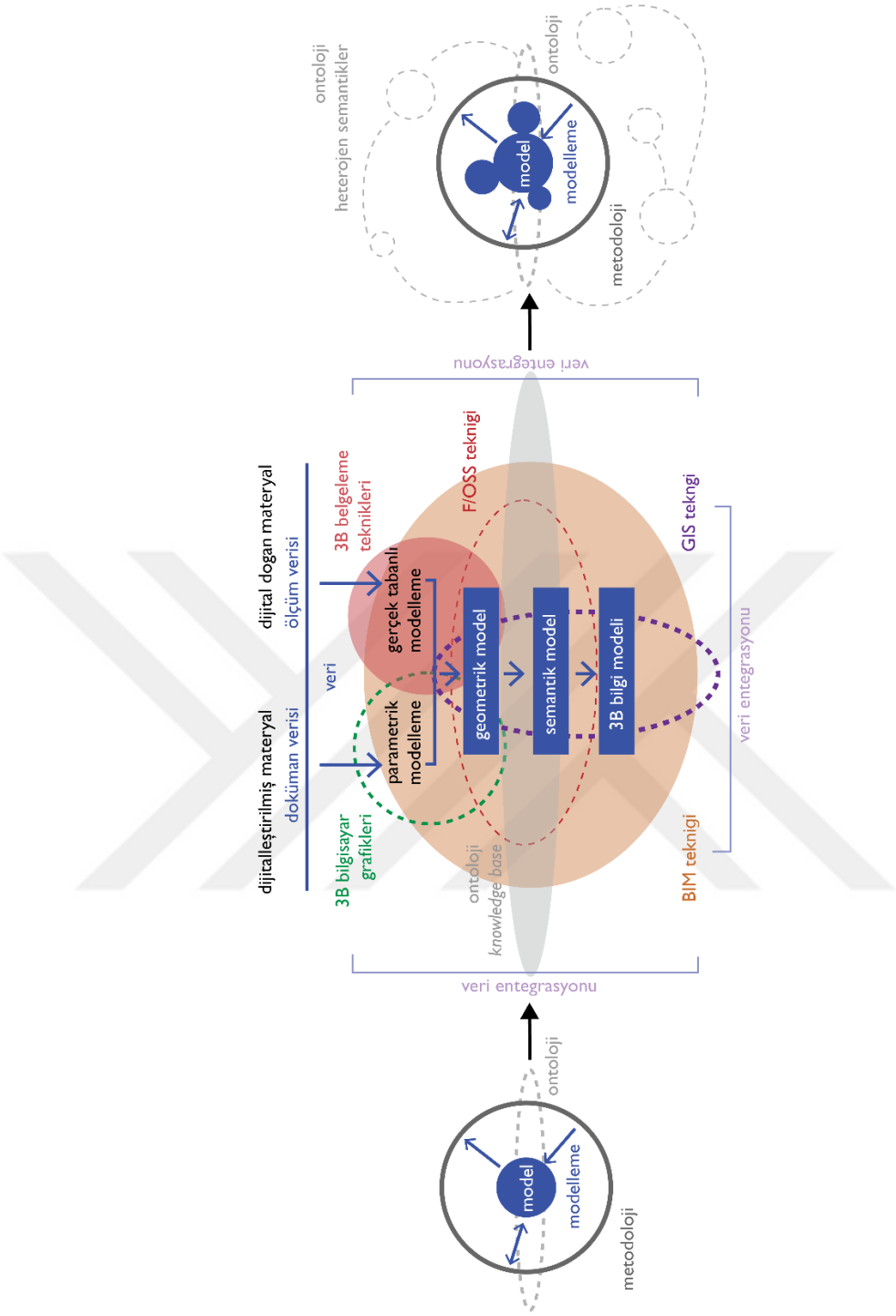
Şekil 4.31 Anlamsal olarak zenginleştirilmiş üç boyutlu modelin genel iş akışı diyagramı (Saygi, Turan, & Remondino, 2013)

Bilgi teknolojisinin gelişmesiyle birlikte üç boyutlu modelleme nesneyi dijital temsil etmeye ve görselleştirmeye adanmış; çağdaş koruma teknik koruma teknikleri arasında da yerini almaya başlamıştır. Tarihi yapıların ve bağlamının analiz edilmesi ve yönetilmesi için görselleştirme yeterli değildir. Koruma uzmanları karar almak için yalnızca belgeler ve iki boyutlu çizimler üzerinden çalışmamalı, üç boyutlu (3B) dijital bir ortamda çok ölçütlü sorgular gerçekleştirmelidir. Koruma uygulamaları başlamadan önce gerçekleştirilen belgeleme ve araştırma faaliyetleri sürecinde nitel ve nicel biçimlerde büyük miktarda heterojen bilgi üretilmektedir. Çok katmanlı üç boyutlu modellerin anlamsal olarak zenginleştirilmesi için bağlanacak heterojen veri kümelerinin entegre edilmesi ve yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu verilerin organizasyonu ve yapılandırılması, daha iyi koruma ve yönetim amaçları için yararlı olmasına rağmen kolay bir işlem değildir. Şimdiye kadar geliştirilen yaklaşımların artıları ve eksileri vardır. Heterojen veri kümeleri ve destekleyici materyaller üç boyutlu modellerle birlikte genelde bütüncül bir temsil halinde depolanamamaktadır. Modeller ve ona bağlanan öğelerin sürekli bakımı için geliştirilen güncel bilgi yönetimi yaklaşımları geliştirilmektedir.

İki zenginleştirilmiş bilgi modelleme tekniği olan Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) geometri ve anlamsal bilgileri yönetebilmektedir. BIM barındırdığı tüm nesnelerin özellik ve ilişkilerini kullanarak simülasyon veya hesaplamalar geliştirmek için veri madenciliği (*data mining*) yapabilir. Bu nedenle zengin bir model olarak adlandırılır. Son zamanlarda tarihi yapılar için Yapı Bilgi Modellemesinin (BIM) benimsemek için çeşitli girişimler olmuştur. Konuyla ilgili temel çalışmalar doğuştan dijital materyalin BIM ortamına entegrasyonu ve tarihsel yapı özelliklerine göre parametrik nesnelerin oluşturulması gibi verilerin ön işlemesine odaklanmaktadır. Tarihi bir yapının bilgi yönetimi, gelişmiş öznitelik yönetimi ve farklı veri kümelerinin entegrasyonunu gerektirdiğinden, yönetim açısından BIM yetenekleri hakkında derinlemesine araştırma yapmak çok önemlidir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) elemanlar arası mekânsal, nitelik ve ilişki bilgilerini analiz etmek ve yönetmek için bilgisayar tabanlı bir araçtır. GIS bilgi

açısından zengindir ancak 3B temsildeki potansiyelleri sınırlıdır. (Arayici, ve diğerleri, 2017) (Saygi, Turan, & Remondino, 2013)

Mimari miras modelleme sürecine BIM ile GIS'i tanıtmak ve manuel/otomatik modelleme araçlarıyla yapılandırılmamış tarihi nesnelerin ayrıntılı modellerini elde etmek için metodolojik tartışmalar ve pratik deneyler gerekmektedir. Mimari miras modelleme süreci henüz erken bir aşamadadır ve bazı özelliklerin geliştirilmesi beklenmektedir. Zenginleştirilmiş *mimari miras* modelinin olgunlaşması için 3B bilgisayar grafikleri, BIM, GIS, açık kaynaklı yazılımı ve uzaktan algılama gibi birçok teknik yardımcı olabilir. (Yang X. K., 2016) (Yang X. L., 2019) (Yang, ve diğerleri, 2020) (Logothetis, Valari, Karachaliou, & Stylianidis, 2020) Yapı modellemesi yalnızca BIM, yalnızca GIS, yalnızca F/OSS; seçilimi tekniklerin birlikte kullanımı (BIM ve GIS, BIM ve F/OSS vb), tüm tekniklerin birlikte kullanımı ve yardımcı eklentiler ile modeller üretilebilmektedir.



Şekil 4.32 Birleştirici tekniklerle oluşturulan zenginleştirilmiş mimari miras modelleme[71]

[71] Şekil, Yang ve ark. (2022) makalesindeki görseller referans alınarak yazar tarafından geliştirilmiştir. (Yang, ve diğerleri, 2020)

4.3.1 Coğrafi Bilgi Sistemi

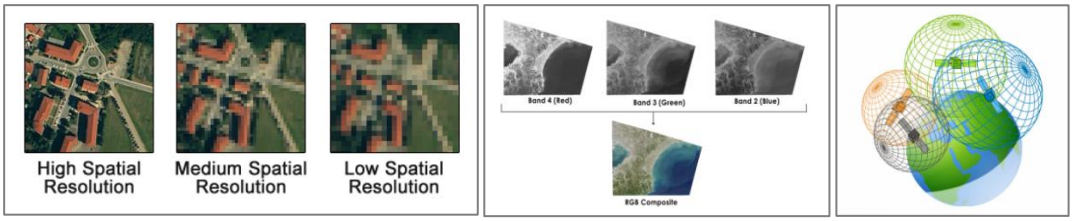
Yeryüzüne ait coğrafya, demografi, sosyal ekonomi ve çevre gibi bir amaç doğrultusunda toplama, depolama, güncelleştirme, kontrol etme, analiz etme ve görüntüleme gibi işlemlere olanak sağlayan bilgisayar tabanlı karar destek sistemidir. (Tecim, Coğrafi bilgi sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi, 2008) Kullanıcıların mekânsal ilişkileri ve coğrafi bağlamı anlamalarına yardımcı olur. Bu toplanılan bilgiler sayesinde tesis yönetimi, varlıkların işletilmesi, korunması ve bakımı hakkında kararlar olanak sağlamaktadır. (GIS Standards, 2022) GIS yazılımlarına örnek olarak ArcGIS, CityGML, Manifold, Bentley Maps verilebilir. (GIS Geography, 2022)

4.3.1.1 Uzaktan Algılama, Haritalama ve Modelleme

Uzaktan algılama yeryüzü ve kaynaklarının fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir. Ancak bu teknik darbeli veya modülasyonlu bir kaynak ve yeterli zaman çözünürlüklü bir algılama sistemine ihtiyaç duymaktadır. Bu sistemler ses, radyo dalgaları ve ışık kullanımına bağlı olarak SONAR (*Sound NAvigation Ranging*) veya SODAR (*SOund Detection And Ranging*), RADAR (*RAdio Detecetion And Ranging*) veya LIDAR (*LIght Detection And Ranging*) olarak sınıflandırılmaktadır. (Eker, 2018) **Gerçeklik Yakalama ve Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri** başlığında ise teknikler görüntü tabanlı, görüntü tabanlı olmayan ve birleştirici olarak ele alınmıştı.

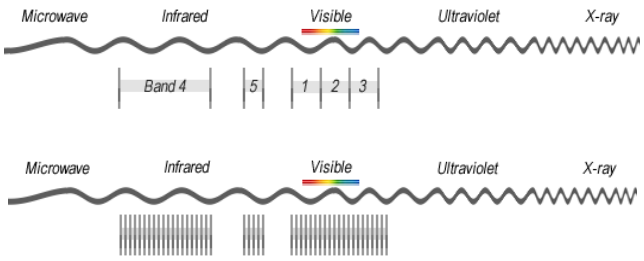
Uzaktan algılama Dünya yüzeyindeki nesnelerin ve özelliklerin yakalanmasına, görselleştirilmesine ve analiz edilmesine olanak tanır; veri edinmek için sensör taşıyan uçaklar, uydular, İHA vb. platformlar kullanır. Sensörler aktif ve pasif olmak üzere iki tiptir. Aktif sensörler yansıyan ışığı, pasif sensörler güneşten yayılan yansıyan ışığı ölçer. Her sensör tipinin görüntü çözünürlüğü, uçuş kısıtlamaları ve kapsama alanı gibi avantajları ve dezavantajları vardır. Uzaktan algılama, görüntü çözünürlüğünü uzamsal, spektral ve zamansal olarak üç farklı türe ayırır. *Uzamsal çözünürlük*, bir görüntünün piksel cinsinden detayını, ilgili sensörün Dünya yüzeyindeki öğeleri bölme veya çözme yeteneğini ifade

etmektedir. Örneğin yüksek uzamsal çözünürlük, daha küçük piksel boyutu yani daha fazla ayrıntı demektir. *Spektral Çözünürlük,* bir banttaki spektral detay miktarıdır. Yüksek spektral çözünürlük, bantlarının daha dar olduğu anlamına gelir. *Zamansal çözünürlük*, bir uydunun tam bir yörüngeyi tamamlaması için gereken süredir. İHA'lar, uçaklar ve helikopterler tamamen serbestken, uydular Dünya'nın yörüngesinde belirli yörüngelerde dönerler. (GIS Geography, 2023)



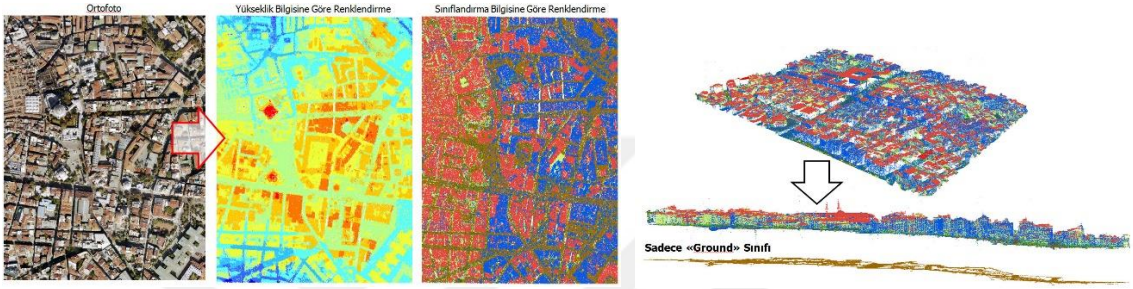
Şekil 4.33 Uzamsal çözünürlük, spektral çözünürlük, zamansal çözünürlük (GIS Geography, 2023)

Spektrum, renklerin, seslerin, elektromanyetik dalgaların ve diğer fiziksel değerlerin bir bir değer küme içinde sınırlanmadan süreklilik içinde sonsuz değişmesi durumudur. *Elektromanyetik spektrum*, kısa dalga boylarından uzun dalga boylarına (X-ışınlarıdan radyo dalgalarına) kadar değişim göstermektedir. İnsan gözü yalnızca (kırmızı, yeşil ve mavi) görünen aralığı görmektedir. Ancak sensörler insan görüşünün ötesine geçmektedir. *Spektral bantlar,* dalga boyları gruplarıdır. Örneğin, morötesi, görünür, yakın kızılötesi, termal kızılötesi ve mikrodalga spektral bantlardır. Pasif sensörler için iki tür görüntü vardır: Multispektral görüntü ve Hiperspektral görüntü. Multispektral ve hiperspektral arasındaki temel fark, bant sayısı ve bantların ne kadar dar olduğudur. (GIS Geography, 2023)



Şekil 4.34 Spektral bantlar; multispektral ve hiperspektral görüntü aralığı

Yeryüzünde özelliklere ayrıştırma yapılması görüntü sınıflandırma/işleme anlamına gelmektedir. Görüntü sınıflandırmasının amacı arazi kullanımı/arazi örtüsü üretmektir. Uzaktan algılama yazılımları kullanılarak sulak alanlar, ağaçlar, kentsel alanlar, arkeolojik vb alanları arazi sınıflandırılmaktadır. Uzaktan algılama sınıflandırma spektral imzalar[72] kullanılarak da yapılabilmektedir. Görüntüler, makine öğrenimi/yapay zekâ[73] sayesinde eğitimli (*supervised*) sınıflandırma, eğitimsiz (*unsupervised*) sınıflandırma, nesne tabanlı sınıflandırma şeklinde sınıflandırılabilmektedir.



Şekil 4.35 Ortofoto, yükseklik ve sınıflandırma bilgilerine göre renklendirme (İBB CBS Akademi, tarih yok)

Eğitimli sınıflandırmada görüntü üstünde bilinen örnek sınıflar (nehir, dağ vb) seçilerek seçilen sınıflara göre algoritma görüntünün tümü istenen sınıflara ayrıştırmaktadır. *Eğitimsiz sınıflandırma* Sınıfı bilinen yeterince örnek piksel, ya da bunlarla ilgili olasılık dağılım bilgisinin bulunmadığı durumlarda, kümeleme denen yöntemler kullanılarak yapılan sınıflandırmalardır. (Topsakal Ayhan, Karslı, & Tunç, 2003) *Nesne tabanlı sınıflandırmada* homojen piksellerin gruplandırılmasıyla oluşturulan nesnelerin şekil, boyut, doku gibi özelliklerinin kullanılmasına imkân sağlar. Bu sınıflandırma yaklaşımında ilk işlem adımı segmentasyondur. Daha sonra uzamsal, spektral ve zamansal bilgilerden yararlanılarak sınıflandırma ve nesne çıkarımı yapılmaktadır. (Yiğit & Uysal, 2019) Bahsedilen bu teknikler ve teknolojiler kullanılarak dijital modeller oluşturulmaktadır: (İBB CBS Akademi, tarih yok)

[72] Spektral imza, belirli bir dalga boyunda yansıyan enerji miktarıdır. Her mineralin kendine özgü olan kimyasal bileşimi vardır. Bu bileşim spektral imzayı yönlendirmektedir.
[73] EK-B'ye bakınız.

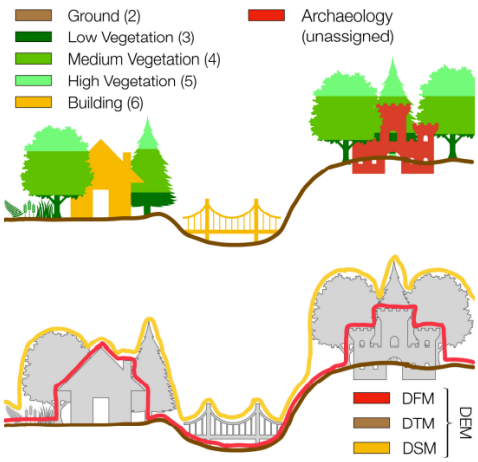


Figure 1. An outline of the differences between DEMs, DFMs, DTMs, and DSMs.

Şekil 4.36 DEM, DFM ve DSM arasındaki ayrımın gösterimi

DEM[74] *(Digital Elevation Model, Dijital Yükseklik Modeli):* Yeryüzeyinin belirli noktalarından alınan yükseklik değerleri kullanılarak geri kalan yüzeyin bu değerler ile enterpole edilerek yüzey topoğrafyasının raster formatında oluşturulmasıdır.

DSM (Digital Surface Model, Dijital Yüzey Modeli) Yeryüzüne ait konum ve yükseklik bilgilerinden elde edilen, çıplak arazi yüzeyinin yanında bitki örtüsü, ağaç, yapı vb. diğer tüm nesnelerin de dahil edilmesidir.

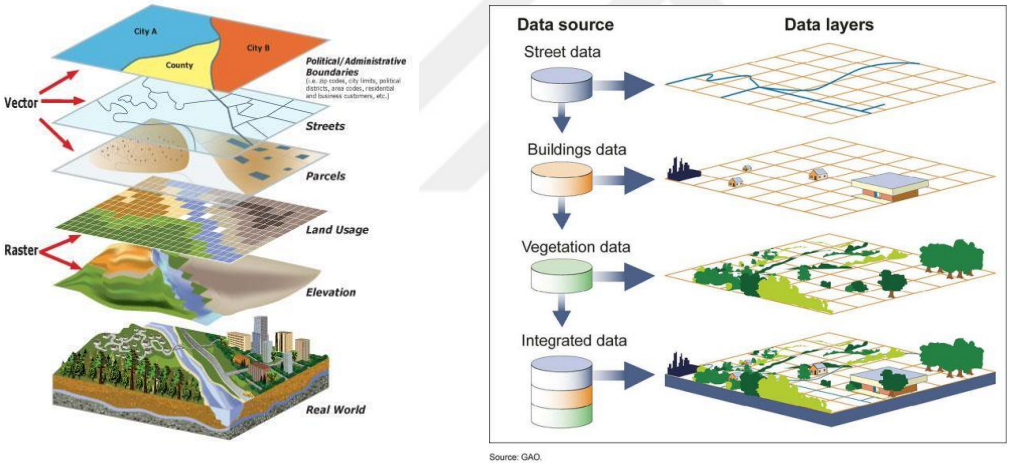
DTM (Digital Terrain Model, Dijital Arazi Modeli) basitçe ortak bir dikey referans noktasına atıfta bulunulan çıplak toprağı temsil eden bir yükseklik yüzeyidir.

DFM (Digital Feature Model, Dijital Özellik Modeli) Yukarıdaki tanımlar arkeolojiye özgü bir ızgaralı yüzey modelini tarif etmemektedir. Arkeolojiye özgü LiDAR, veri işleme, arkeolojiye özgü bir DEM üretmektedir. Zemin verilerini arkeolojik özelliklerle birleştirmektedir: ayakta duran duvarlar ve taşlar, yollar, kanallar ve toprak işleri vb. DFM'ler arkeoloji çalışmalarında yaygın olarak kullanılmasına rağmen, arkeolojik DEM veya DTM olarak adlandırıldıkları belirtilmelidir. (Štular, Lozić, & Eichert, 2021)

[74] Dijital modellerle ilgili ülkelerin ve mesleklerin yüzey, zemin vb. katmanlarla ilgili farklı tanımlamalarından ötürü DEM (*Digital Elevation Model, ABD*), DTEM (*Digital Terrain Elevation, Models, ABD),* DHM (*Digital Height Model, Almanya*), DGM (*Digital Ground Model, Birleşik Krallık*) gibi kullanımlar da görülebilmektedir. (Li, Zhu, & Gold, 2004)

4.3.1.2 Veri Tabanı ve Analiz

CBS'de temel olarak kullanılan veriler vektör ve raster yapıdadır. CAD türü grafik yazılımların aksine coğrafi verilerin yanında açıklayıcı/öznitelik bilgilerinin de coğrafi bilgilerle birlikte aynı ortamda saklanması mümkündür. Vektör veri tabanın; bir koordinat sistemine göre nokta, çizgi, poligon/alan özelliklerindeki nesneleri öznitelikleriyle birlikte bilgisayar ortamında tutulan veri tabanıdır. Raster veri tabanında ise görüntülerin ufak olarak algılanmakta ve gridler/pikseller halinde saklanmaktadır. Bilişim sistemleri, kullanılan veri yapısı itibariyle konumsal ve konumsal olmayan bilişim veya bilgi sistemleri olarak incelenmektedir. Konumsal bilgi sistemlerinde, her bir verinin coğrafi olarak konumunu belirten koordinatlar olabileceği gibi, konumsal olmayan fakat konumsal olan verilerin yapıları, özellikleri ve ilişkileri hakkında bilgiler de bulunabilmektedir. (Tecim, 2008)

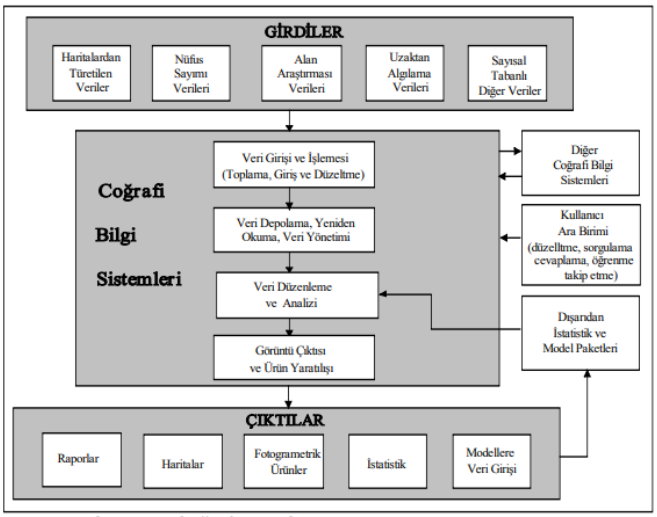


Şekil 4.37 GIS vektör ve raster katmanlar, GIS veri kaynağı ve katman ilişkisi (Google Görseller, 2022)

İnternet giderek dünyanın en kapsamlı kütüphanesi haline gelmektedir. Bunun nedeni coğrafi verilerin kendi depolama ve erişim türleriyle uyum sağlamasıdır. GeoJSON, GeoRSS ve web haritalama hizmetleri (WMS), coğrafi özellikleri internet üzerinden sunmak ve görüntülemek için özel olarak oluşturulmuştur. Veriye zaman bileşeni de eklendiğinde hava ve iklim verileri, coğrafi bir bağlamda sıcaklık ve meteorolojik bilgilerin değişimi de izlebilmektedir. (ESRI, 2020)

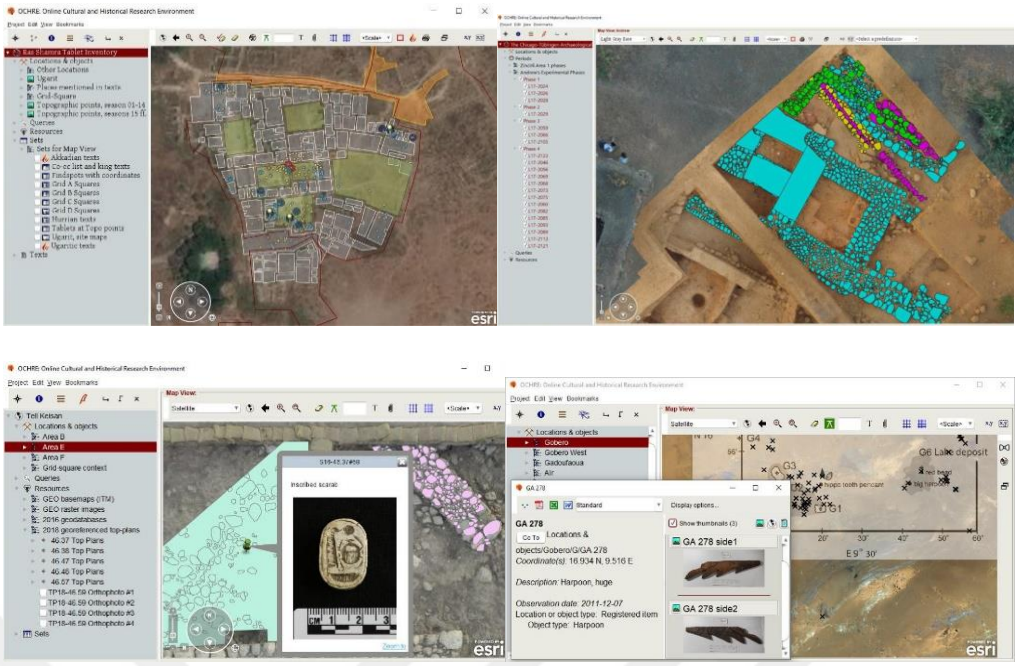
Bilgisayar ortamında bulunan veriler birbirleriyle ve coğrafi konumlarıyla ilişkilendirilerek mekânsal analizler yapılabilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri mekânsal verilerin analizinde, haritacılıkta, altyapı/üstyapı sistemleri ve çözümlerin yürütülmesinde ve karar alınmasında önemli rol oynamaktadır. Günümüzde kentlerin büyümesi birçok sorunu beraberinde getirmiş ve bu sorunların çözülebilmesi adına bilgi teknolojilerinin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Uzaktan Algılama ile kentlerin büyüme süreçlerinin takibi, hava kirliliği, su kaynaklarının izlenmesi, tarımsal rekolte tahminleri, arazi kullanım türlerinin belirlenmesi, kent planlaması gibi çok sayıda uygulama etkin ve verimli bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir. (Kopp, ve diğerleri, 2019) (openEO, 2020)

GIS verileri, elektronik tablolara ve tablolara bağlı görüntüleri, özellikleri ve temel haritaları içerir. Haritalar, çalışılmak istenen veri katmanları ve analitiklere sahiptir. Uzamsal konum kullanarak birçok farklı türde veri katmanını bütünleştirebilir ve çeşitli veri katmanları ile farklı tiplerde haritalar üretilebilir. Konuma bağlı olarak *coğrafi/uzamsal sorgulama (spatial query), coğrafi uzamsal/uzamsal analiz (geospatial/spatial analysis), ağ analizi (network analysis) dijital arazi analizi (digital terrain analysis), ölçme ve geometrik hesaplamalar (measurement and geometrical computations), istatistik analiz (statistical analysis), grid analizi (grid analysis)* analizler yapılabilmektedir. Amaca göre tematik analizler de üretilebilmektedir. (Tecim, 2008) GIS haritaları yapılan analizlerin ve çalışmaların görselleştirilmesinde veya çıktı alınmasında kullanılmaktadır. Örneğin insan etkinliğinin doğa üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması, doğal afetlerde zarar görecek olan yerleşimlerin öngörülmesinde veya riskli bölgelerin belirlenip görselleştirilmesinde kullanılabilir. Bir bölgede bulunan kadastro arazi değerinin, sınırlarının, mülkiyetinin, özelliklerinin belirlenmesinde, hukuki durumu hakkında kayıtların tutulmasında ve yönetilmesinde kullanılır. Birçok olayın zaman içindeki değişimi ortaya konulabilir. Akıllı haritacılık ile haritada yer alan verileri güncelleme, yeni veriler ekleme ve çıkarma işlemleri daha kolay yapılabilmektedir. Analizler uygunluğu ve yeteneği değerlendirmenize, yorumlamanıza, anlamamıza ve karar vermeye olanak tanımaktadır.



Şekil 4.38 Coğrafi bilgi sistemlerinin yazılım elementleri (Tecim, 2008)

GIS geometri, çok katmanlı veri yönetimi (jeoloji, arazi kullanımı, zaman vb.) ve veriler arası çoklu ilişkileri tanımlanabileceği bir dizi tabloya dayalı veri kümesi depolamaya izin verdiği için mimari miras için anlamsal olarak zengin üç boyutlu modeller oluşturmak için yüksek potansiyele sahiptir. (Saygi & Remondino, 2013) Coğrafi bilgi sisteminde alan ile ilgili birçok veri kümesi (*data set*) depolama, işleme, birleştirme ve karmaşık analizleri yapmak mümkündür. Kültürel miras uzmanları için için veri yakalama ve yerinde saha kaydının önemi büyüktür. Bir zamanlar kazılan duvarlar, yüzeyler ve sahadan toplanan eserler, orijinal bağlamlarından uzaklaşabilmektedir. GIS'deki nokta verisi, ilgili yere odaklanmak ve veri kümesilerindeki dağınık noktaları analiz etmek için; yoğunluk haritası, noktasal verinin interpole edilerek bir sitedeki kullanım düzeylerini bulmak için kullanılmaktadır.



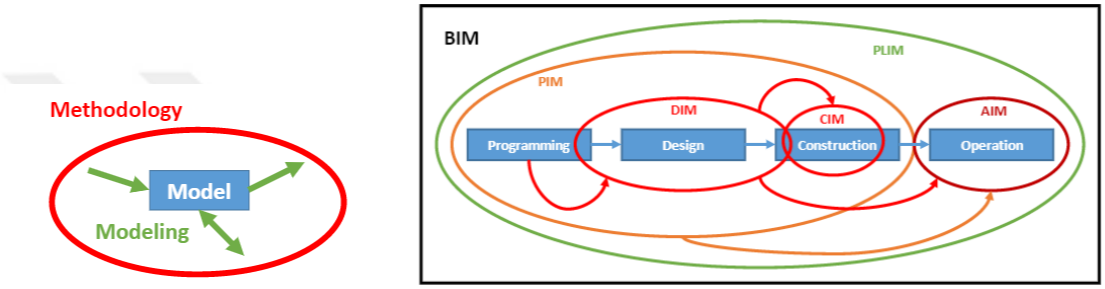
Şekil 4.39 Arkeolojik alanda GIS kullanım örneği (ArcGIS, 2022)

4.3.2 Yapı Bilgi Modellemesi

BIM ve ilgili kısaltmalar için (*PIM-Project Information Modeling vb*) çeşitli tanımlar vardır. Bu tanımlar genel ilişkiler üzerinden değil BIM'i yalnızca belirli bir perspektiften tanımlamaktadır. Bu durum iletişim, koordinasyon ve sözleşme sırasında sorunlara ve yanlış anlaşılmalara neden olabilmektedir. BIM'in ürün (model), yöntem (modelleme) ve metodoloji olarak üç tanımı mevcuttur. BIM proje düzeyinde (mimari, tesisat, yapısal vb.) bakıldığında bir model olarak tanımlanmaktadır. Modelleme ise BIM'in araç, yazılım ve süreç olarak ileri düzeyde anlaşılmasını temsil etmektedir. BIM sektörde ilk olarak bu şekilde sunulmuştur ve genel teknik ifadeler (birlikte çalışabilirlik, standardizasyon, iş birliği, yeterlilik, sözleşme ve satın alma vb) bu tanıma referans verir. BIM'in bir metodoloji olarak tanımlanması, inşaat projesi yaşam döngüsü ile bağlantılıdır. BIM'in yöntem veya ürün olarak anlaşılması arasında bile, inşaat projesinin aşamasına göre farklılıklar vardır. Örneğin, PAS 1192[75]'ye göre Yapı Bilgi Modeli (BIM), Varlık Bilgi Modeli (AIM), Proje Bilgi Modeli (PIM) gibi tanımlar da

[75] **4.4 Politikalar ve Standartlar** başlığına bakınız.

mevcuttur. BIM genel kullanıcıya yönelik bilgilendirmelerde ürün; ulusal ve uluslararası standartlar ise bir metodoloji olarak değerlendirilmektedir. Konferans, dergi gibi akademik yayınlarda BIM bir yöntem ve araç olarak ele almaktadır. BIM standardizasyon süreci, uygulaması ve araçlarının geliştirilmesi için tüm paydaşların ortak ontolojiyi aynı şekilde anlaması gereklidir. (Matějka & Tomek, 2017) Bu bölümde BIM ve HBIM ontoloji hakkında ön bilgilendirme yapılıp yapı bilgi modellemesi ve metodolojisi açıklanmıştır. BIM metodolojisi, terimlere bağlı olarak **4.4 Politikalar ve Standartlar** bölümünde ayrıca detaylandırılmıştır.



Şekil 4.40 BIM kategorilerinin hiyerarşisi ve proje yaşam döngüsünde BIM (Matějka & Tomek, 2017)

BIM araçları yasal kullanıma bağlı olarak ticari ve ücretsiz açık kaynak kodlu olarak sınıflandırılmaktadır. Mimari yapıların modellenmesi, bakımı veya rehabilitasyonunu gerçekleştirmek için kullanılabilecek ticari BIM platformları üç farklı araç setine ayrılmaktadır: (López, Lerones, Llamas, & Gómez-García-Bermejo, 2018)

- **3B Modelleyiciler:** gerçek bir yapıyı sanal ve katı olarak modelleyebilen veya nokta bulut verisini (mesh-to-BIM/scan-to-BIM ve bağlantılı dosya) anlamdırabilen parametrik modellerin tasarımı için araçlar: Allplan, ArchiCAD[76], Bentley, DESTINI Profiler, Digital Project, Revit[77], RhinoBIM[78], Tekla Structures ve Vectorworks olarak sıralanabilir. Bu programlarda dış

[76] https://help.graphisoft.com/AC/20/INT/AC20Help/07_Interoperability/07_Interoperability-34.htm
[77] https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Revit-Families-Step-Step-Introduction-2018 ; https://www.modelical.com/en/gdocs/revit-data-hierarchy/
[78] http://blog.rhino3d.com/search/label/BIM

eklentiler ve yazılımlar (örneğin ArchiCAD için GDL, Revit için Dynamo, RhinoBIM için grasshopper vb) kullanılabilmektedir. Üretilen modeller entegrasyonun sağlanabilmesi için dünya çapında kabul görmüş IFC[79] (*Industry Foundation Classes*) şemasına dönüştürülmektedir.

- **3B Görüntüleyiciler:** Modeller için uzamsal görüntüleme araçları: Tekla BIMinsight, Naviswork Freedom, Sketchup vb.
- **Analiz yapanlar:** 3B modelleri, dahili veya harici BIM platformları aracılığıyla analiz etmek için kullanılan araçlar: Ecotect, DAYSIM, Energy Plus, Naviswork (eleman çakışmaları), Dialux vb.

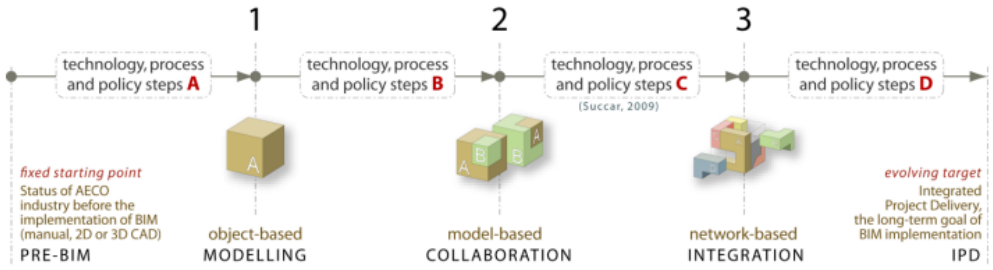
BIM ontololojisi BIM'e özgü kavramları, etki alanı bilgisinin analizini kolaylaştıran ilişkilerini ve niteliklerini içeren bir çerçeve oluşturur. Böylece bilgi edinme ve iletişimde olmayı destekler. BIM çerçevesi (kavram haritası) üç kavram (BIM Alanları, BIM Aşamaları ve BIM Mercekleri) arasındaki ontolojik ilişkinin görsel bir temsilidir. Etki alanı çerçevesindeki ontolojik ilişkiler farklı kavramsal türlerini birbirine bağlayan bir ağ ve hiyerarşi sağlar: çerçeveler, modeller, taksonomiler, sınıflandırmalar ve özel sözlük terimleri. BIM ontolojisi dört bilgi[80] nesnesinden oluşur: kavramlar, nitelikler (kavramlarla ilişkili değerler ve niteleyiciler), ilişkiler (kavramlar arası ilişki) ve bilgi kümeleri (kavramların, niteliklerinin ve ilişkilerinin amaca yönelik bir derlemesi). (Succar, 2009) (BIM Framework, 2015) (Zaki, ve diğerleri, 2018)

Autodesk kuruluşu *Yapı Bilgi Modelleme* terimini, projeye dair yapılandırılmış elektronik bilgileri oluşturma ve yönetme sürecini tanımlamak için kullanmaktadır. Akıllı bir modele dayanan ve bir bulut platformuyla erişim sağlanan BIM (modeli); projenin planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarını içeren yaşam döngüsü boyunca birçok disiplinden edinilen bilgileri ve kararların fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital temsilidir. (Autodesk, 2022) Süreç paydaşlar için ortak bir dil paylaşımı ve işbirlikçi bir stratejiyle dayalıdır. 2000'li

[79] https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/

[80] Bilgi nesnelerindeki (*knowledge object*), bilgi (*knowledge*) terimi veri (data), bilgi (*information*), bilgi (*knowledge*), anlayış (*understanding*) ve bilgelik (*wisdom*) taksonomisinden türetilmiştir.

yıllardan itibaren mimari, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisinde kullanılmaktadır. Yaygın olarak Birleşik Krallık'ta ve uluslararası alanda, özellikle yeni inşaat sektöründe (üstyapı ve altyapı) uygulanmaktadır. (Historic England, 2022)



Şekil 4.41 BIM aşamaları: BIM öncesi, nesne tabanlı modelleme, model tabanlı iş birliği, ağ tabanlı entegrasyon, entegre proje teslimi (BIM Framework, 2015)

BIM'in yeni yapılarda kullanılmasından sonra mevcut yapılarda ve tarihi yapılarda kullanımı ile alakalı çalışmalar ortaya çıkmıştır. Mevcut Yapı Bilgi Modellemesi (*Existing Building Information Modeling, EBIM),* yapının yapısal bilgisini yapısı ve yapı hizmetleri ile ilgili verileri içeren bir yapının bakımı ve işletilmesi için gerekli temelleri içermektedir; Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi ayrıca miras verilerini, koruma politikalarını ve müdahale kararlarını içeren daha gelişkin bir dijitalleşme biçimine sahip olacaktır (Arayici, ve diğerleri, 2017).

HBIM ile ilgili değinilmesi önemli diğer konu modelin üç boyutlu belgeleme teknolojilerinden faydalanarak oluşturulması veya çeşitli iki boyutlu çizimlerin BIM ortamına yeniden çizilerek aktarılmasıdır. Bu iki teknik karışık olarak da gerçekleşebilir. Aslında bu önemli başlangıç BIM'in hangi özelliklerinden faydalanmak istenildiği ile alakalıdır. Sadece yeni yapı modellemesi mantığında iki boyutlu çizim ve üç boyutlu parametrik modelleme imkânı tanıyan bir proje elde etmek istiyorsak üç boyutlu taramanın eklenmesine gerek yoktur fakat tarama verisini yapılandırılıp BIM'in tüm imkanlarından faydalanmak isteniyorsa girdinin gerçeklik yakalama ile elde edilmesi gerekir.

Tarihi yapıların bilgi modelinin ve ontolojisinin oluşturulmasıyla ilgili literatürde birçok etiketleme ve anahtar kelime bulunmaktadır.

Tarihi yapı ile ilgili anahtar kelimeler ve etiketler: *Heritage Building, Historic Building, Built Heritage, Architectural Heritage building.*

Tarihi yapı ontolojisi ile ilgili kelimeler ve etiketler: *Architectural Heritage Ontology, Heritage Building Ontology, Built Heritage Ontology, ontology-based HBIM vb.*

Tarihi yapıların bilgi modelinin oluşturulmasıyla ilgili anahtar kelimeler ve etiketler: *Cultural Heritage Modelling, heritage BIM, historic BIM, Historic Building Information Modeling, Heritage Building Information Modeling, Built Heritage Information Modeling, BIM for heritage, BIM for Cultural Heritage, BIM for historic building, BIM for existin building, BIM in heritage building ve HBIM (H-BIM[81])*. Bu tez kapsamında HBIM kısaltması kullanılmıştır.

4.3.2.1 As-Built/As-is[82] Modelleme ve Kütüphane Oluşturma

Yapı modellerinin bir dizi farklı türü, formatı ve örneği vardır. Bunları sınıflandırmanın ve değerlendirmenin birçok yolu bulunmaktadır. Bazı durumlarda fiziksel eşdeğerlerinin tamamen dijitalleştirilmiş versiyonları, diğer durumlarda ise farklı amaçlara (deprem, enerji verimliliği simülasyonu, yapısal modelleme vb) hizmet eden modelleri vardır. 4.10 nolu tabloda benimsenen yaklaşım fiziksel, dijital ve tasarım/inşaat projeleriyle giderek daha alakalı olabilecek veri veya süreç modelleri gibi diğer modelleri sınıflandırmaktır. (Designing Buildings, 2022)

[81] INCEPTION projesi kapsamında yayımlanan ontoloji ve standartlardan sonra *Heritage-BIM* anlamında H-BIM kısaltması da kullanılmaya başlanmıştır.

[82] BIM modeli yeni yapıların tasarım, uygulama, teslim gibi yaşam döngüsündeki bilgi durumunu ifade eden *as* ön ekli terimlere sahiptir. Mevcut ve tarihi yapıların bilgi modellemesi üzerine araştırma yapıldığında *as-is* ve *as-built* terimleri sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu terimler farklı ülke mevzuatlarında farklı anlamlarda kullanılabilmektedir. Örneğin *As-design* yapıyı çizimlerde tasarladığı gibi anlamını taşırken *as-is* olduğu gibi ve *as-built* inşa edildiği gibi anlamlara gelmektedir. (Garagnani, 2013) Detaylı bilgilendirmeye 4.4 Politikalar ve standartlar bölümünde yer verilmiştir.

Tablo 4.10 Yapılara ait veri ve süreç modelleri

Fiziksel Modeller	**Dijital Modeller**
Topoğrafya Modeli *Topographical Or Contour Model* Şehir Planlama Modeli *Urban Planning Model* Şehir Tasarım Modeli *Urban Design Model* Massing Model Blok Model *Block Model* Konsept Model *Conceptual Model* Yapısal Model *Structural Model* Saha Model *Site Model* Yapı Modeli *Building Model* Tüm Disiplinlerin Kesiştiği Kesit Model *Cross-Sectional Model* Mimari Detay Modeli *Architectural Detail Model* Yapısal Detay Modeli *Construction Detail Model* İç Mimarlık Modeli *Interior Design Model*	Dijital Arazi Modeli, *Digital Terrain Model DTM* Geometrik Model Semantik Model Ağ (Mesh) Model Parametrik Model Yapı Bilgi Modeli *Building Information Model, BIM* Dinamik Simülasyon Modeli *Dynamic Simulation Model, DSM* Yapı Performans Simülasyonu Modeli
	Diğer Modeller
	Karbon model İklim model Should Cost Model Diğer

Kavramsal modellemenin bilgi modellemesine evrilmesinin daha iyi anlaşılması için akademik yayınlarda en çok karşılaşılan kavramlar aşağıda kısaca açıklanmıştır: (Murphy, 2012) (Demir C. , 2016) (Yang X. L., 2019) (Yang, ve diğerleri, 2020)

Geometrik model: gerçek varlığın geometrisinin bütünsel bir temsili

Semantik (anlamsal) model: girdileri belirlemek ve aralarındaki ilişkileri yapılandırmak için oluşturulan mantıklı temsil. Yapı elemanlarının tanımı ve birbiriyle ilişkisinin temsili.

Parametrik model: Parametrik tasarım, değişken değerler ve geometrik öğeler arasındaki ilişkilerin oluşturulması. Temsil parametrelerle tanımlanır, değiştirilir ve otomatik olarak güncellenir.

Yordamsal/Prosedürel model, üç boyutlu (3B) geometrilerin, dokuların, animasyonların veya diğer malzemelerin manuel modelleme yerine biçimsel dil ve

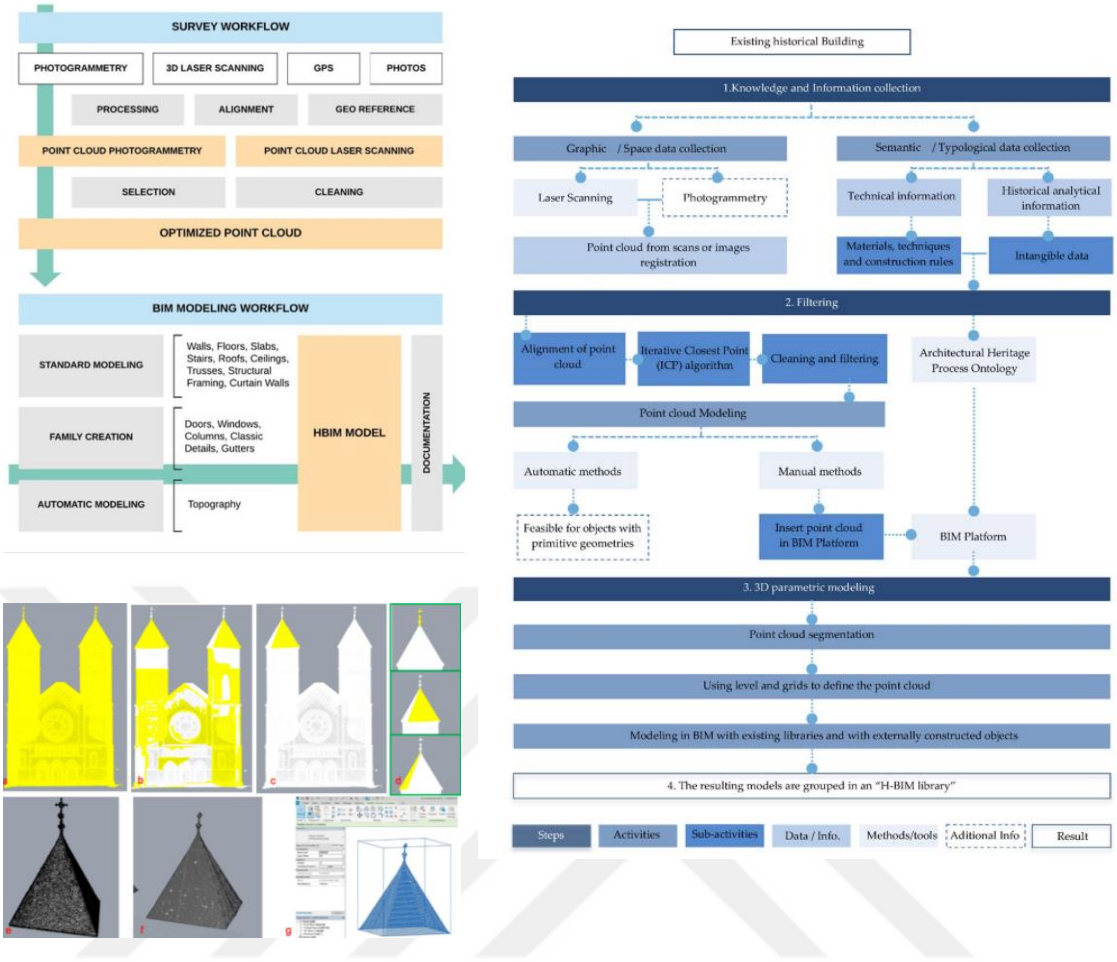
şekil gramerleri[83] kural/prosedür kullanılarak oluşturur. Mimari kurallara göre oluşturan model, yapıların bir mimari üslup veya dil tarafından belirlenen ve mekânsal ilişkiler tarafından düzenlenen bir dizi unsur olduğunun kabul edilmesiyle sağlanabilir.

Yapı bilgi modeli, varlık ve bileşenlerin katı üç boyutlu geometrisi hakkında nitelik, öznitelik, malzeme ve ilişki bilgilerini içeren bir veri tabanı oluşturması

Çeşitli ontoloji ve GIS'ten gelen bilgi modeli, miras dokümantasyonu için nitelik, anlamsal ve ilişki bilgilerinin yönetiminde ve analizinde önemli rol oynamaktadır. Ancak bunlar, özellikle mirasın karmaşık ve düzensiz yapılarına atıfta bulunan ayrıntılı geometrik bilgileri tanımlamakla sınırlıdır. Son zamanlarda geliştirilen Yapı bilgi modellemesi (BIM) tekniği, üç boyutlu modelleme ve bilgi yönetimini bir araya getirmektedir. Tarihi yapı bilgi modellemesi terimi ise (HBIM), ilk olarak Murphy tarafından geometrik verileri ilişkilendirmek, parametrik ve prosedürel modeller oluşturmak üzere 2009 yılında tanımlamıştır. Tarihi yapı için oluşturulan BIM parametrik model; alt elemanların nitelik, malzeme ve ilişki bilgileri; zaman içindeki olası deformasyon ve değişiklikleri sağlayabilir.

Mimari Miras için oluşan *as-built* HBIM süreci temelde üç ana aşamadan oluşmaktadır: bilgi ve veri toplama, veri filtreleme ve işleme (nokta bulut temizleme, örnekleme ve yönetme) ve modelleme (semantik bilgi ve gerçeklik yakalama verilerinin en entegre olduğu üç boyutlu parametrik modelleme). (Pocobelli, Boehm, Bryan, Still, & Grau-Bové, 2018) HBIM geometrik temsilinin inşası iki girdi ön plana çıkmaktadır: *scan-to-BIM*[84]*/mesh-to-BIM* mantığını izleyerek önceden derlenmiş nesne kütüphanelerini kullanmadan ölçümden gelen verilerle geometrik bileşenler oluşturmak ve şekil dilbilgisini tanımlayarak basitleştirilmiş bir model oluşturmak. (Dore & Murphy, 2013) (Capone & Lanzara, 2019) (Yang X. L., 2019) (Yang, ve diğerleri, 2020)

[83] Stiny ve Gips tarafından 1970'lerde tanıtılmıştır. Mimari tasarımı kavramsallaştırmak ve analiz etmek için kullanılmıştır. (Demir C. , 2016) (Demir İ. , 2013)
[84] (Designing Buildings, 2021)



Şekil 4.42 As-built HBIM süreci

(Pocobelli, Boehm, Bryan, Still, & Grau-Bové, 2018)

Nokta bulutundan üç boyutlu geometrik model oluşturmak için çeşitli yaklaşımlar ve bakış açıları mevcuttur. Nokta bulutunu otomatik olarak yüzeye/nesneye çeviren fakat geometrik kural olarak tanımlamadığı tersine modelleme (*reverse modelling*), geometrinin doğrudan tanımlandığı doğrudan modelleme (*direct modelling*), veri kümesinin özelliklerini öğrenerek örneklerin ürettildiği üretken modelleme (*generative modelling*), model kütüphanelerinde önceden modellenmiş nesneleri kullanıldığı parametrik nesne yönelimli modelleme (parametric object oriented modeling) yaklaşımların bazılarıdır. (Bruno, 2017). (Capone & Lanzara, 2019)

BIM teknolojisi sıfırdan yapılacak inşaat faaliyetlerinin ihtiyacına hizmet etmek amacıyla geliştirildiği için BIM ortamları mevcut eleman, şekil ve koşul

kütüphaneler/şablon kullanarak nesneler oluşturacak şekilde yapılandırılmıştır. Fakat mimari miras, nesne geometrisi ve özellikleri bakımında tipik yazılım kütüphanelerinde temsil edilmeyen benzersiz bileşenlerden ve malzemelerden oluşmaktadır. Veriler tespit edilip yapı çözümlendikçe ilişki ve sınıflandırmaları kurgulanarak parametrik nesneler oluşturulabilmektedir. Hem farklı veri kaynağı hem de çeşitli modelleme yöntemi göz önüne alındığında, zenginleştirilmiş tarihi bilgi modellemesi, bilgi kütüphanesi, parametrik nesne kütüphanesi, ilişki (kural-prosedür) kütüphanesi, ilkel geometri kütüphanesi, özellik kütüphanesi gibi birden fazla kütüphaneden oluşan bir sistem olabilir. (Yang X. K., 2016)

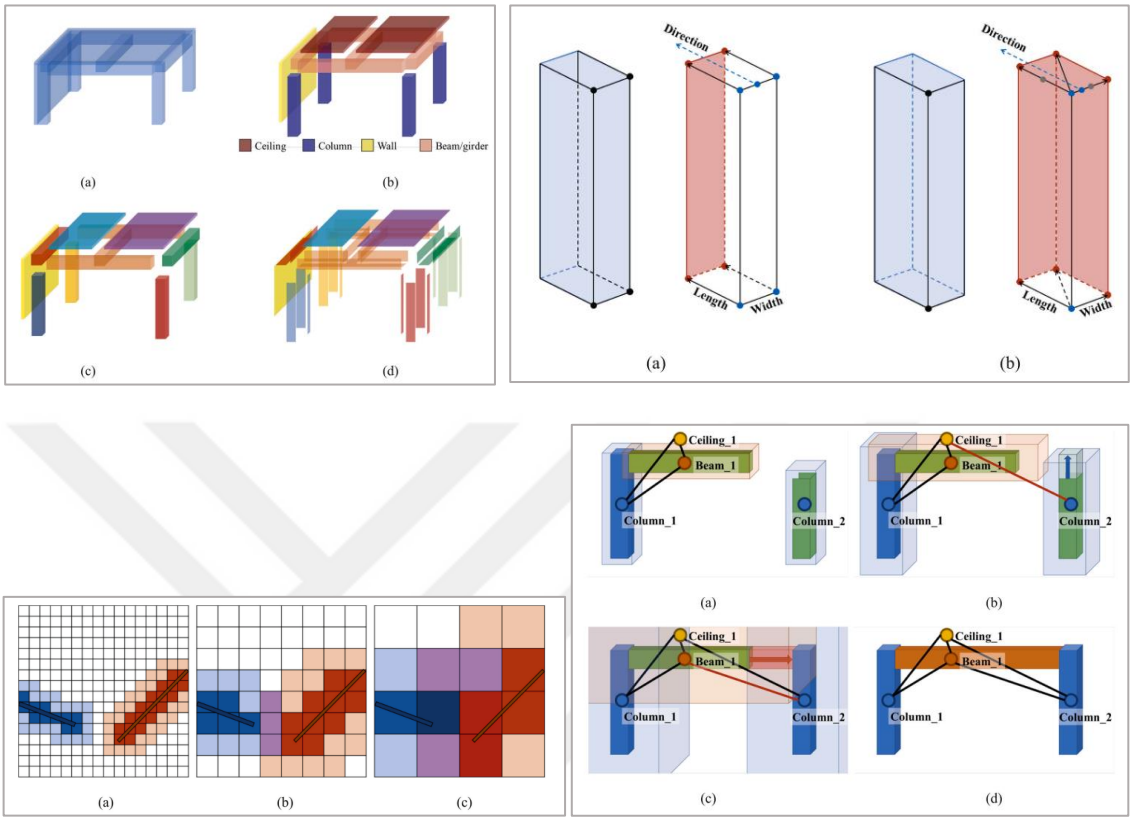
Bilgi tabanı (knowledge base): Ön bilgi, parametrik modelleme ve prosedürel modelleme kuralları ile parametrik elemanların oluşturulmasının temelidir. Bilgi tabanı, dijitalleştirilmiş tarihi belgeleri vb. içermektedir. Ayrıca nokta bulutunu ele almak için tanıma ve modelleme sürecine yardımcı olabilir. Örneğin yapının zaman/dönemleri de yapının fazları olarak değerlendirilebilir. Bu fazlar *as-built* ve *as-is* modeldeki mimari öğelerin değişkenliğine incelemek (geometrinin bozulması: iklime ve malzemeye dayalı bozulmalar) için oluşturulacak bir kabuk/katman olarak düşünülebilir. Bu zamansal görünümlerden bir veri tabanı oluşturulabilir.

Parametrik nesne kütüphanesi: Mimari öğelere değişken tanımlanması BIM'in temel özelliğidir. Parametrik nesnelerin parametreleri ayarlanarak şekil, boyut ve diğer özellikleri anında değiştirebilir.

İlişki (kural-prosedür) kütüphanesi: Mimari öğeler, BIM platformuna veya otomatik kural tabanlı prosedürel modellemeye dayalı olarak bir araya getirilebilir. Böylece yapı modeli, sadece kullanıcı parametreleri tarafından kontrol edilen parametrik nesne kitaplığı ve kural kitaplığı birleştirilerek oluşturulabilir.

Örneğin eksik veriye sahip bir nokta bulutundaki yapısal elemanlar arasındaki bağlantıyı kullanarak tam geometri bilgisi çıkarımı yapılabilmektedir. Nokta düzeyinde sınıflandırmak ve segmentlere ayırmak için derin bir öğrenme modeli, öğelerin tam geometrisini çıkarmak ve modellemek için bir komşu ağı ilişkisi

kullanılabilmektedir. Deneysel sonuçlar, yapısal elemanlardan tek tek elemanları tanıyıp modelleyerek eksik veriye sahip bir nokta bulutundan otomatik olarak *as built* BIM geliştirebileceğini göstermektedir. (Kim & Kim, 2021)



Şekil 4.43 Yapı elemanları arasındaki ilişkilerin tanımlanmasıyla üç boyutlu model oluşturma[85]

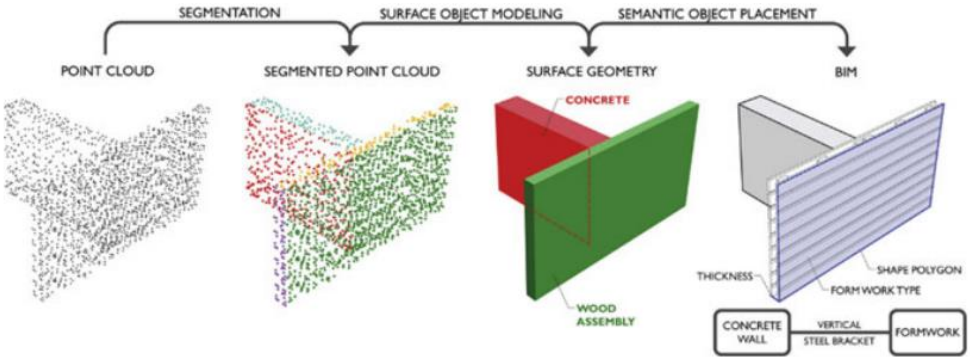
Özellik kütüphanesi: Bölümlere ayrılmış ilkeller tanınmalı ve tüm varlık için yeniden düzenlenmelidir. Geometrik ilkeli ayırt edilebilir özelliklerle tanımlamak ilk yapılması gerekendir. Özellik kütüphanesi oluşturulduktan sonra, birçok makine öğrenimi yaklaşımı 3B modellemenin otomatik olarak gerçekleştirilmesine

[85] **Görsel sol üst:** Semantik segmentasyonun sonuçları: (a) orijinal nokta bulutu, (b) semantik segmentasyonun sonuçları, (c) örnek segmentasyonun sonuçları ve (d) her öğe için düzlemsel yamalar.

Görsel sol alt : Öğeler arasındaki yakınlığın belirlenmesi: (a) birinci ağdaki voksel boyutu (1 ×), (b) ikinci ağdaki voksel boyutu (2 ×) ve (c) dördüncü ağdaki voksel boyutu (4 ×)

Görsel sağ alt: Ağ güncellemesi: (a) birinci komşu ağ, (b) ikinci ağda voksel boyutu arttıkça sütun uzantısı, (c) dördüncü ağda voksel boyutu arttıkça ışın uzantısı ve (d) nihai sonuç. (Kim & Kim, 2021)

yardımcı olabilir. Aynı mimari stillerde tarihi yapılar da benzer özellikler taşımaktadır. Bazı yapıllar modellendikten sonra, eğitici verileri olarak hizmet verebilir ve benzer nesneleri otomatik olarak modellemek için ilgili özellik kitaplığını oluşturabilirler.



Şekil 4.44 Nokta bulutunun yapılandırılarak BIM nesnesi haline gelmesi (Ceccon & Villa, 2021)

İlkel geometri kütüphanesi: İlkel geometri, nokta bulutu veya görüntü segmentasyonu ile elde edilmektedir. Blok tabanlı parametrik öğelerle karşılaştırıldığında, parçalı geometrik ilkeller tarihi nesnelerin yüzey özelliklerini tanımlamaktadır.

Malzeme kütüphanesi: BIM modellerinde nesneler doğrudan malzemesi tanımlı olarak modellenir fakat bu malzemeler tarihi yapılarda bulunan malzeme bilgilerini içermediği için kullanılamaz. Sektördeki her malzemenin BIM ortamında karşılığı yoktur. Firmalar BIM nesnelerini ve kütüphanelerini ürettikçe BIM ortamı zenginleşmektedir. Tarihi yapılar söz konusu olduğunda yapım sistemi (kâgir, ahşap, çelik, demir döküm, kompozit, Henebique betonu vb) ve yardımcı sistem elemanların (demir döküm kenet, ahşap hatıl vb) geometrik temsillerine malzeme bilgisinin eklenmesiyle simülasyon ve hasar tespiti için olanak tanımaktadır. (Buglio, Lardinois, & Luca, 2013)

BIM kütüphanesine dahil olmayan düzensiz öğeleri parametrik olarak modellemenin birkaç yolu vardır: manuel modelleme, geometrik programlama dilinin kullanılması (*Graphisoft GDL, geometric description language:* ArchiCAD program kütüphanelerinin oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır),

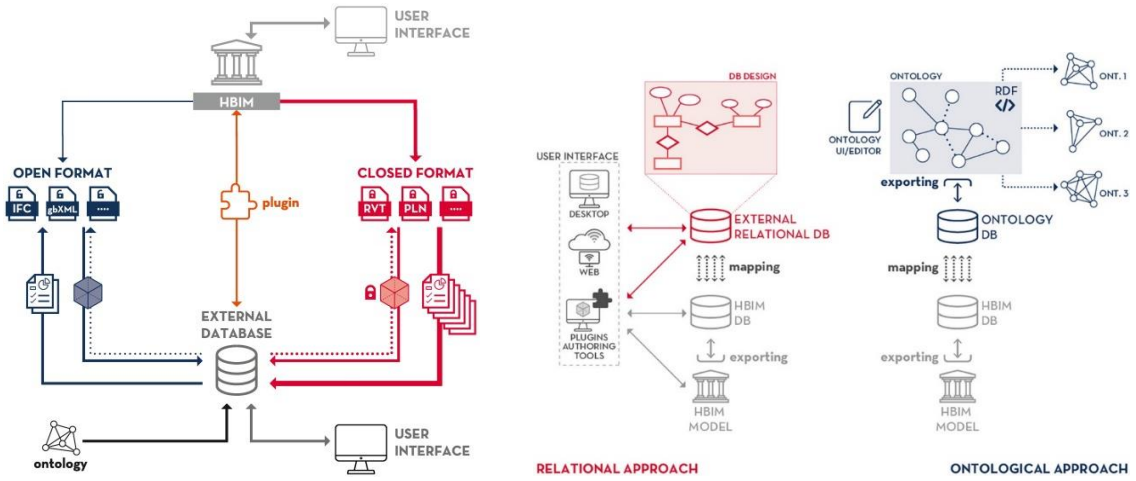
görsel programlama dilinin kullanılması (*VPL, visual programming language:* örneğin Rhino programı Grasshopper dış eklentisi, Revit programı Dynamo dış eklentisi) ve üç boyutlu grafiklerin kullanılması (farklı bir modelleme programında oluşturulan nesnenin BIM ortamında düzenlenebilir formata getirilmesi ve modele çağırılması: örneğin Rhino programında elde edilen NURBS eğrilerinin Revit'e çağrılması). Oluşturulan nesneler BIM yazılımına aktarıldıktan sonra öznitelik ve uzamsal ilişki bilgileri ekleyip yönetebilir. Zenginleştirilmiş ve bütünleştirilmiş bir tarihi yapı modeli nitelik, uzamsal ve zamansal bilgilerinin yönetilmesi için GIS ortamına girilmesi tercih edilebilmektedir. Tarihi yapıların dijital temsilleri 3B grafikler, GIS ve BIM'in farklı özellikleri kullanılarak bütünleştirilmiş olarak oluşturulabilir. (Banfi, 2016) Bu bütünleşik model sadece yapının iç ortamının değil aynı zamanda dış ortamıyla etkileşimi analiz etme (sonlu eleman analizi, yapısal analiz, yapı performans simülasyonu, gün ışığı simülasyonu vb.) imkânı sunmaktadır.

4.3.2.2 Semantik (Anlamsal) Modelleme ve Ontolojiye Bağlanma

Semantik model, BIM'in ilişkisel veri yapılarının (kapalı dünya varsayımı) bir ontolojide yer alan ve bilgi grafikleri olarak açıklanan anlamsal veri yapılarına (açık dünya varsayımı) dönüştürülmesine dayanmaktadır. Ontolojilerle ilişkiler arttıkça varlık hakkındaki bilgilerin[86] kalitesi ve ilişki düzeyi de artmaktadır. Semantik modelleme sürecinde, IFC[87] veri modelinden bir IfcOWL veri modeli türetilir. (Guerra de Oliveira, Biancardo, & Tibaut, 2022).

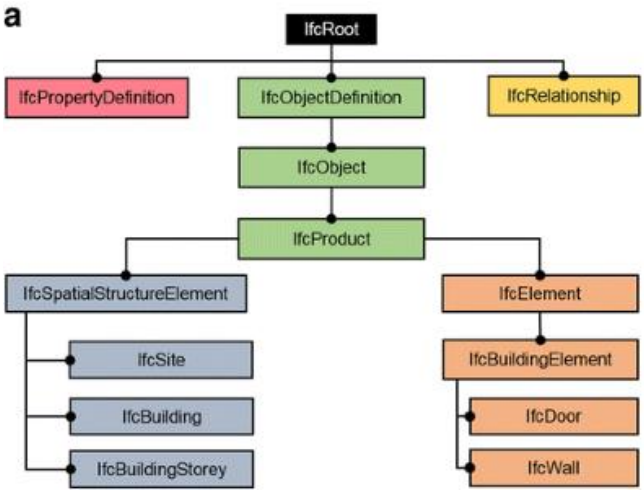
[86] Geometride anlambilim ve semantik geometri açılımlarına **2.2.2 Ontoloji ve Semantik Spektrum** bölümünde ayrıca yer verilmiştir.

[87] IFC, buildingSMART tarafından geliştirilen uluslararası arası açık standart/şema ve dosya formatıdır. BIM için kullanılan tüm programlar, modellerini IFC dosya formatına dönüştürebilmektedir. IFC'nin temel özellikleri ISO standartları ile tanımlanmaktadır. Bu standartlar IFC sözlük terimlerini ve IFC şema kompozisyonunu belirler. Detaylar için **4.4 Politikalar ve Standartlar** bölümüne bakınız.



Şekil 4.45 Çok katmanlı ve birlikte çalışılabilir bir HBIM ontolojisi (Cursi, Martinelli, Paraciani, Calcerano, & Gigliarelli, 2022)

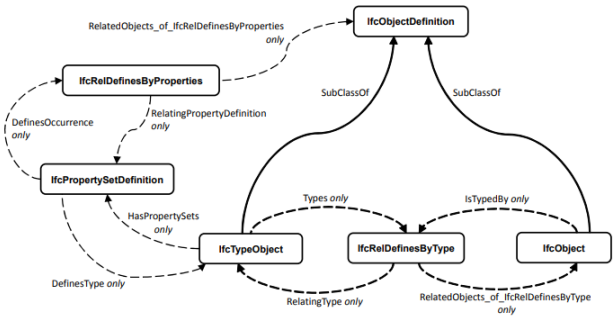
IFC özellikle modern AECO endüstrisi için tasarlandığından, kültürel miras varlıklarının taleplerini karşılayamamaktadır. Miras varlıklarının elde edilen parametrik modelleri, nesneleri mimari varlıklara sınıflandırarak anlamsal ve tipolojik boyut gerektirir. Örneğin, bir varlığın duvar olarak sınıflandırılabilmesi ve ilişkilendirilebilmesi için belirli bir mimari tipolojiye veya alt bölüme atanması ve anlamsal bilgiler de dahil olmak üzere bilgilendirici bir nesne haline gelmesi gerekir. Şu anda, miras varlıklarının özellikleri için standart olarak kabul görmüş özel bir sınıflandırma sistemi yoktur ve önceden tanımlanmış yeni mimari aileleri entegre etme olasılığı çok fazla zaman gerektirebilir. Kültürel miras için BIM metodolojisinin faydaları bilinmesine rağmen henüz mimari mirasa yönelik bir IFC sınıflandırması yoktur. ISO standartlarına dayanan IFC sınıflandırması kesin anlamlara sahiptir; miras varlıklarının anlamsal sınıflandırması dinamiktir ve genellikle miras özelliklerinin öznel yorumuna dayanır. Bu nedenle HBIM projeleri, miras varlıkları için uygun bir sınıflandırmanın elde edilmesinin zor olacağı için katı bir IFC anlamsal sınıflandırmasından kaçınılmalı ve miras varlıklarına ilişkin temel bilgilere odaklanmalıdır. (Logothetis, Valari, Karachaliou, & Stylianidis, 2020) **4.2 Görselleştirme ve Etkileşim** başlıklı bölümde nokta bulut verilerinin çeşitli sözlük kesiştirmeleriyle oluşturulan etiketler ile nasıl tanımlandığına dair örnekler verilmişti.



Şekil 4.46 IFC EXPRESS şemasının kısmi gösterimi[88]

BIM verilerinin değişimi için standart şema, EXPRESS'te açıklanan ve 3B geometrinin temsiline güçlü bir şekilde odaklanan bir veri modeli olan IFC, web uyumlu olmadığı için yapı verilerinin Web'deki diğer veri türleriyle entegrasyonunu sağlamada başarısızdır. Uyumun sağlanabilmesi için semantik web teknolojilerinin (SPARQL, OWL vb) kullanılması gereklidir. Yapıları tanımlamak üzere kullanılan en genel şema olan IFC EXPRESS, Pauwels ve Terkaj (2016) tarafından ifcOWL adlı bir ontoloji ile Web Ontoloji Diline (OWL) dönüştürülmüştür. Bu ontoloji, IFC EXPRESS şemasıyla uyumludur ve ilişkilerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Ontoloji belirli hedefleri yerine getirme (örneğin bilgi alma, sorgulama) konusunda test edilebilir. Sorgulama mekanizmaları, SPARQL sorgularını kullanarak bilgi almak için uygulanabilir. Örneğin, konservatör yapının belirli bileşenlerine yönelik müdahaleler hakkında sorgulama yapabilir; araştırmasını pencerelerde sınırlandırabilir. (Guerra de Oliveira, Biancardo, & Tibaut, 2022) (Pauwels, Bod, Di Mascio, & De Meyer, 2013)

[88] (Vonthron, Koch, & König, 2018)



Şekil 4.47 ifcOWL ontolojisi - IfcObjectDefinition, IfcObject, IfcTypeObject, IfcPropertySetDefinition, IfcRelDefinesByType ve IfcRelDefinesByProperties

Anlamsal alanda IfcOWL modeli, miras oluşturma alanı için özel olarak oluşturulmuş ontolojilerle birleştirilerek genişletilebilir veya belli etiketlerle bağlantı kurarak ontolojiyi zenginleştirebilir. Her iki çözüm de miras varlığının daha iyi bir bilgi modellemesine olanak tanır. Ontoloji birleştirme işlemi, tamamlayıcı ontolojileri farklı ad alanlarından kavramsallaştırmaların birleşimi olarak tek bir ontolojiye entegre eder. Örneğin, İtalyan UNI standardı, MACE gibi yapı standartları ve kültürel miras bilgisi için özel olarak tasarlanmış CIDOC-CRM, AAT (The Art & Architecture Thesaurus) ontolojileri kullanılabilir. (Pauwels, Bod, Di Mascio, & De Meyer, 2013)

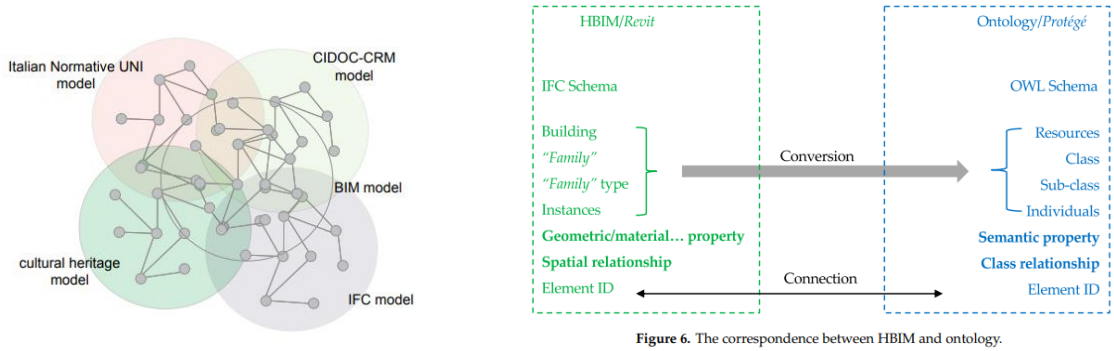


Figure 6. The correspondence between HBIM and ontology.

Şekil 4.48 Semantik web teknolojilerinin kullanılmasıyla çeşitli şemalar arasında ilişki kurulması

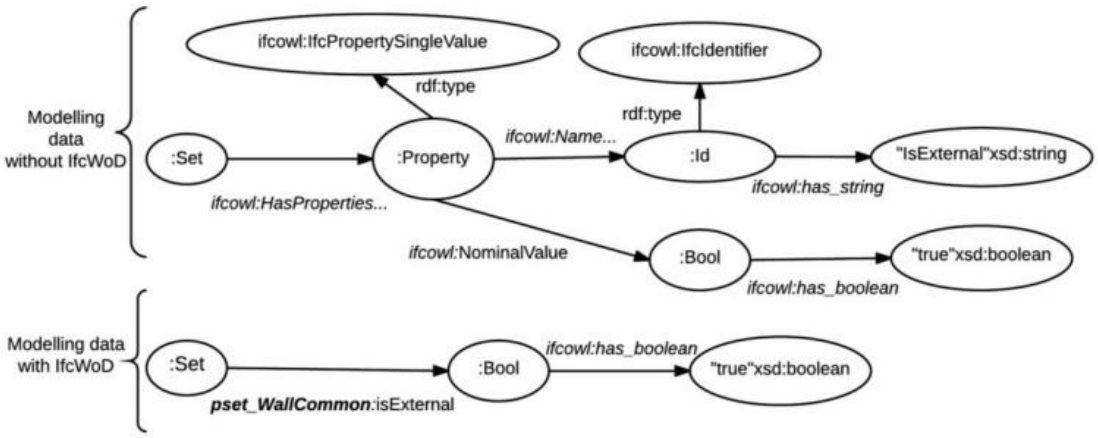
(Pauwels, Bod, Di Mascio, & De Meyer, 2013)

Şekil 4.49 IFC şeması (Revit'teki örneği) ve OWL şeması (Protege[89]'teki örneği) arasındaki yazışma (Yang X. L., 2019)

[89] Akıllı bina sistemleri için ücretsiz açık kaynaklı ontoloji editörü https://protege.stanford.edu/

IFC asıl olarak web'de kullanılmak üzere tasarlanmadığı için ifcOWL yapısı, boyutu ve karmaşıklığı kullanılmasını biraz zorlaştırabilmektedir. (Rasmussen, ve diğerleri, 2017)

ifcOWL haricinde ifcWoD kavramı da dikkat çekmektedir. ifcOWL güncellenen OWL versiyonlarının tam özelliklerini kullanamadığı ve IFC EXPRESS şemasının kılıtlamalarından muzdarip olduğu için ifcWoD (IFC Web of Data) metodoloji geliştirilmiştir. ifcWoD ontolojisi, ifcOWL'nin başka bir versiyonu değil, ifcOWL'un terimlerini kullanan yeni bir ontolojidir. IfcWoD için ifcOWL ontolojisinin bir kısmı meta model olarak kullanılmakta vebu ontoloji bağlantılı veri bağlamında yapı bilgilerinin paylaşılmasına izin vermektedir. ifcWoD sorgu yazmayı basitleştirmekte ve bina verilerini almak için sorgu yanıt süresini iyileştirmektedir. (Farias, Roxin, & Nicolle, 2015)



Şekil 4.50 ifcWoD ile veri modelleme – ifcWoD olmadan veri modelleme süreç karşılaştırması (Farias, Roxin, & Nicolle, 2015)

4.3.3 Açık Kaynak Kod Kullanımı ve Eklentiler

UNESCO, bilgi işleme ve erişim için açık, birlikte çalışabilir standartların geliştirilmesine ve kullanılmasına katkıda bulunan etkili bilgi yapılarının geliştirilmesinde açısında FOSS modelini "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri" için önemli bir pratik araç olarak görmektedir. (UNESCO, tarih yok)

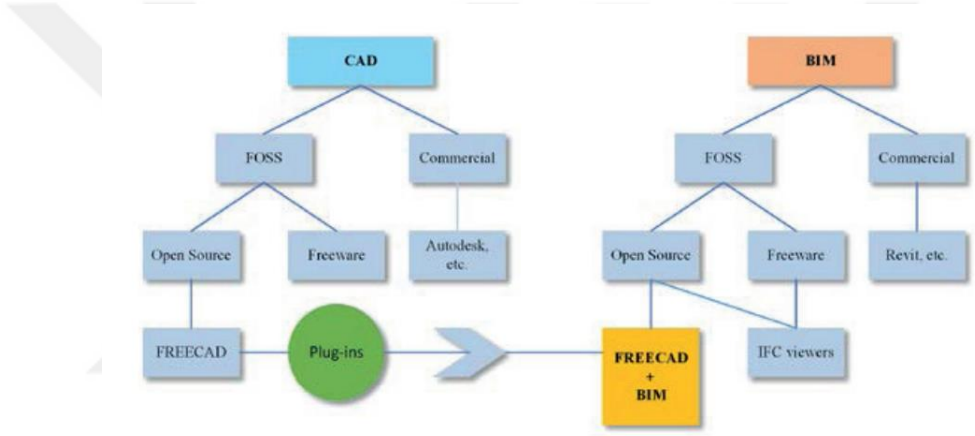
BIM platformları lazer tarama veya fotogrametrik araştırmalardan gelen büyük miktardaki veriyi henüz tam anlamda yönetemediği ve yapılandıramadığı düşünüldüğü için bazen tarihi yapı modelleme tekniği olarak kullanılmamaktadır. Mimari miras modeli çeşitli kullanım ve koruma aşamalarını içeren bir yaşam döngüsü ile mevcut bir geometriyi (çoğu zaman tanımlanmamış şekillerle veya eksik parçalarla) ifade etmelidir. HBIM alanında yeni araçlar geliştirmek yerine veri yönetimi sürecini optimize etmeye yarayan özel yazılımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. HBIM karmaşıklığı ve çeşitliliği, kullanıcılarına çeşitli olasılıklar sunan ve çeşitli tarihsel yapı kategorilerinin bilgileriyle ilgilenmelerini sağlayan ücretsiz ve açık kaynak kodlu FOSS özel yazılımlarının geliştirilmesine ön ayak olmuştur. FOSS (F/OSS) terimi *(Free and Open Source Software, Ücretsiz ve açık kaynaklı yazılım*), kaynak kodun (insan tarafından okunabilir bir bilgisayar dili kullanılarak yazılmış), ilgilenen herkesin serbestçe kullanabileceği, kopyalayabileceği, geliştirebileceği, değiştirebileceği ve dağıtabileceği ve serbestçe erişilebilir olduğunu tanımlamak için kullanılmaktadır.

CAD yazılımı içindeki programlama ortamından yararlanmasına ve olanaklarını genişletmesine olanak tanıyan ücretsiz ve açık kaynaklı CAD (FOSS CAD) ortamları mevcuttur. En yaygın olarak kullanılan FOSS CAD ve 3B grafik yazılımları *FreeCAD, Blender, SketchUp* ve *B-Processor*'dur. (Logothetis, Valari, Karachaliou, & Stylianidis, 2020)

Şimdiye kadar geliştirilen BIM yazılımlarında bir BIM sürecinin tüm aşamalarını kapsayacak şekilde açık kaynaklı entegre platformlar yoktur. Kullanıcıları (mimar, mühendis veya modelleyen diğer kişi) ticari BIM yazılımlarını (*Revit, ArhiCAD* vb) tercih etmesinin sebebi gelişkin ve güvenilir platform olmalarındandır. Üretilen son bilgi modelini görselleştirmek için yalnızca birkaç erişilebilir ve ücretsiz BIM

görüntüleyicisi vardır. Kültürel miras bilgi modellemesi için FOSS BIM yeteneklerini ve eklentilerini geliştirmek için CAD işlevlerine sahip açık kaynak kodlu bir yazılım ortamı kullanmak üzere çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Standart kriterlerin bazıları şu şekildedir:

- Kaynak koduna erişmek ve işlevlerini genişletmek için ücretsiz değil, açık kaynak olacak bir FOSS yaklaşımı
- Yazılım, en çok kullanılan (örneğin Python) programlama dilinde olması, tercih edilen programlama API ile uzantıları (*extensions, add-in, plug-in*) kabul etmeli
- Ayrıca her türlü işletim sistemi (Windows, Mac) için uygun olmalı



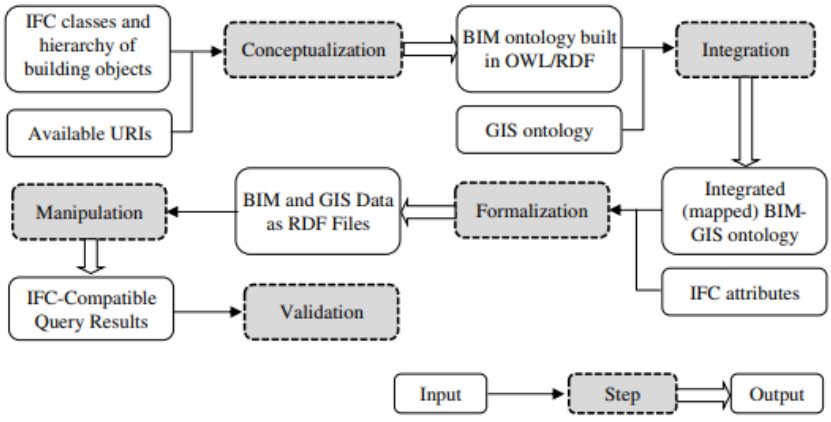
Şekil 4.51 FOSS CAD ve FOSS BIM eklenti gelişim konsepti

FOSS çözümlerinin denenmesiyle BIM yazılım sınırlamaları esnetilerek IFC sınıflandırma analizine ve miras varlıkları öneri şemasına oluşturulmasına imkan tanımaktadır. FOSS yazılımları, ticari BIM yazılımı (örn. Revit veya Archicad) gibi, tarihi yapılarla ilgili önceden tanımlanmış IFC tanımları içermez fakat buildingSMART standartlarına dayanarak yazılımın içine temel mimari aileleri kullanabilmektedir. Bu, mimari mirasının modellemesi söz konusu olduğunda çözümlenmesi gereken kritik bir noktadır. (Diara & Rinaudo, 2020)

4.3.4 Bilgi Teknolojilerinin Entegrasyonu ve Simülasyon

Entegre bir tarihi yapı bilgi modeli, ek bilgi katmanlarıyla doğrudan bağlantılı olan 3B varlıkları görüntüleyebilir böylece çevresel analiz, maliyet analizi, enerji tüketiminin hesaplanması, inşaat süresinin yapısal direnç tahmini vb. farklı işlevselliklere izin veren ekstra bilgilerle modelin gelişmiş bir analizini yapmak mümkün olur. BIM ve GIS, belirli amaçları ve kullanımları olan iki güvenilir teknolojidir. GIS, haritalama özelliklerine ve coğrafi veri tabanlarına sahipken, BIM, özellikle varlıkları nesne tabanlı bir bilgi modeli olarak oluşturmak için kullanılır. Diğer açık kaynaklı kodlar ile sistem zenginleştirilebilir.

Yapı bilgi modelleme (BIM) ve coğrafi bilgi sistemi (GIS) sistemleri arasındaki alan bilgisinin çeşitliliği ve karmaşıklığı nedeniyle, ancak, bu sözdizimsel yaklaşımlar, her sistemde benzersiz olan anlamsal bilgileri tamamen paylaşma yeteneğine sahip değildir. Mevcut BIM ve GIS araçları arasında anlamsal birlikte çalışabilirliği sağlamak için semantik web teknolojisini kullanır. Önerilen yaklaşım birkaç temel adımdan oluşmaktadır: ontoloji inşası, birlikte çalışabilir veri formatları ve standartları aracılığıyla anlamsal entegrasyon ve heterojen bilgi kaynaklarının sorgulanması. (Di Stefano, 2021) (Karan, Irizarry, & Haymaker, 2016)



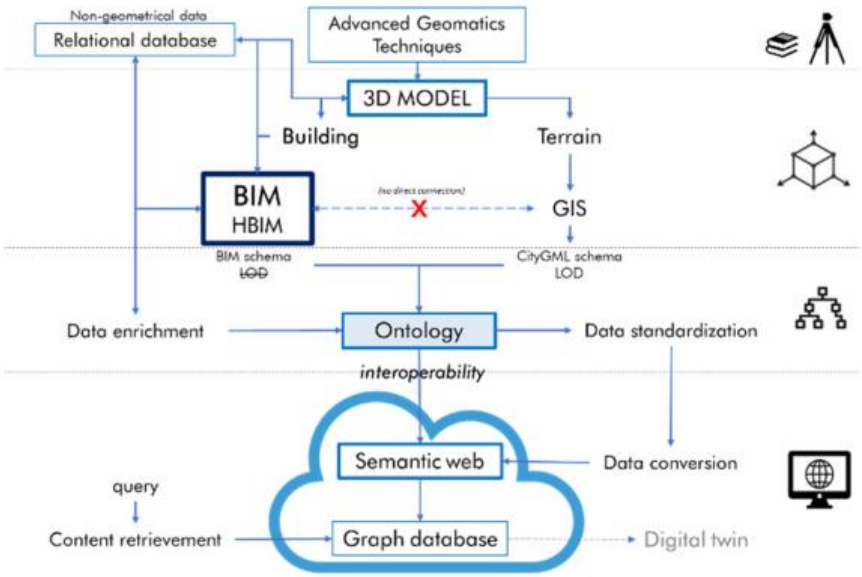
Şekil 4.52 Anlamsal birlikte çalışılabilirlik metodolojisi (Karan, Irizarry, & Haymaker, 2016)

Uyumlu Ontoloji geliştirmek/kavramlaştırma: BIM veya GIS, bilgi teknolojilerinden biri kaynak diğeri hedef olarak gösterilir. IFC, RDF uyumlu çalışabileceği için cityGML şemasını IFC'ye uyarlamak dönüşüm ihtiyacını ortadan kaldırır. Tam tersi bir seçilirse dönüştürme yapılmalıdır.

Ontoloji haritalaması/entegrasyon: kaynak ve hedef ontolojileri arasındaki benzer ilişkileri veya kavramları bağlamak için kullanılır. Bu anlamsal ontoloji, veri standardizasyonu ve veri zenginleştirme işlemlerine izin veren farklı bilgi sistemlerinden gelen verilere dayanan bu bilgi modelinin temelini oluşturacaktır.

Dönüştürme/formülize etme: Ontoloji kaynak ve hedef seçimine semantik web standartlarına çevrilir. Böylece semantik web uygulamaları tarafından işlenebilir ve tüm projenin tüm heterojen verilerini toplayan bir grafik veri tabanı oluşturulabilir.

Sorgulama: bilgileri bir veri kümesinden almak için SPARQL sorgu dili kullanılır. Son olarak, metodolojinin bütünlüğü bir vaka çalışması ile doğrulanır. Web grafik veri tabanına herkesin erişmesini sağlamak, ayrıca uzman olmayanlar, bilgi tanıma için bir sorgu formüle etmek mümkündür. Diğer adım, dijital ikiz modeline bağlantıdır.



Şekil 4.53 BIM-GIS entegrasyon metodolojisi (Di Stefano, 2021)

4.3.4.1 Dijital İkiz

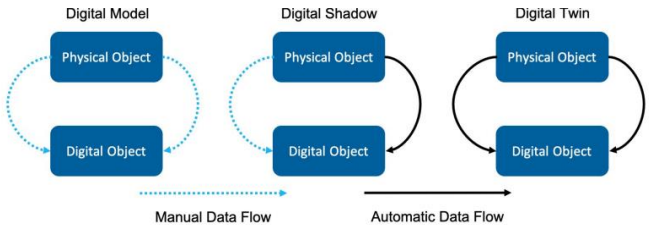
Dijital ikiz, yaşam döngüsü boyunca gerçek ortamda bulunan fiziksel bir nesnenin, öğrenme ve sorgulama için gerçek zamanlı veriyi kullanan dijital bir temsilidir. Yalnızca nesne değil nesneye ait olan parçalar, nesnenin ait olduğu sistem ve tesisi de temsil edilmektedir. Dijital İkiz yaratmak için gerçek ortamda gerçek bir nesne, sanal ortamda sanal bir nesne ve gerçek dünya ile sanal ortam arasında bir bağlantıya ihtiyaç vardır. (Grieves, M., 2016).

Dijital ikiz terimi 1960'lı yıllara kadar dayanır fakat günümüze yakın ilk dijital ikiz uygulaması, 2010 yılında Apollo programındaki Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi'nin (NASA), görev boyunca gerçek uzay aracının durumunun yansıtılmasına veya eşleştirilmesine izin vermek için yapılmıştır. Dijital ikiz, *ilgili nesne ikizinin ömrünü yansıtmak için fiziksel modelin sensör güncellemelerini ve filo geçmişini kullanan as-built aracın veya sistemlerin entegre olasılıksal bir simülasyonu* olarak tanımlanmıştır. Diğer araştırmalar dijital İkizin tanımını basitleştirmiş ve kavramın fiziksel ürün, sanal ürün ve fiziksel ve sanal ürünleri birbirine bağlayan bağlantılı verilerden oluştuğunu belirtmiştir. Çeşitli Dijital İkiz tanımları üç bileşene odaklanır: fiziksel alan, sanal alan ve bağlı veriler. Bu üç bileşen kavramlar ve çerçeveler dijital ikiz kavramına denk gelse de veri entegrasyonu ve otomatizasyonu düzeyinde farklılıklar olduğu için üç sınıf önerilmiştir. (El Jazzar & Nassereddine, 2020) (Fuller, Fan, Day, & Barlow, 2020)

Dijital model (DM) fiziksel nesne ile dijital arasındaki veri akışının manuel yapılması ve değişikliklerin dijital kopya durumu üzerinde doğrudan bir etkisinin olmasından ötürü en az veri entegrasyonuna sahiptir.

Dijital gölge/yansıma (DS, Digital Shadow) Fiziksel ve dijital nesneler arasındaki veri aktarımı otomatik tek yönlü olarak gerçekleşmektedir. Dijital gölge, günün çeşitli saatlerinde bir ikizden geçen çok sayıda bilgiyi yakalayabilir ve basitleştirebilirler. Dijital ikiz uygulama verileri teknik olmayan karar vericilere gölge tarafından gönderilir ve bu veriler anlamsal olarak uygun ve bağlamsal olarak farkında olmasını sağlar.

Dijital ikiz (DT, Digital Twin) gerçek zamanlı çift yönlü tam entegrasyonuyla oluşan modeldir. (Bergs, ve diğerleri, 2021) (Jones, Snider, Nassehi, Yon, & Hicks, 2020)



Şekil 4.54 Dijital model, dijital gölge/yansıma ve dijital ikiz model karşılaştırması (Fuller, Fan, Day, & Barlow, 2020)

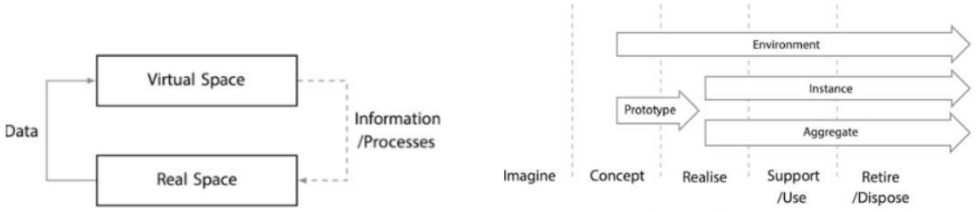
Dijital İkiz, mikro ve makro düzeyde potansiyel veya fiziksel olarak üretilmiş bir nesneyi tam olarak tanımlayan bir dizi sanal bilgi yapısıdır. Dijital ikizler iki tiptir: dijital ikiz prototipi (DTP) ve dijital ikiz örneği (DTI). DT'lerin çalıştırıldığı ortam ise dijital ikiz ortamı (DTE) adlandırılmaktadır. (Grieves, M. 2016) (Jones, Snider, Nassehi, Yon, & Hicks, 2020)

Dijital İkiz Prototip (DTP) Fiziksel ikizi oluşturmak için gereken tüm bilgileri ve bilgi kümlerini içeren bir prototip nesnenin sanal açıklaması.

Dijital ikiz örneği (DTI, Dijital Twin Instance) DTP'den oluşan fiziksel bir varlığın ikizidir. DTI, yaşam döngüsü boyunca fiziksel varlığa bağlı kalır. DTI, sensörler aracılığıyla yakalanan verileri içerir. Yaşam döngüsü boyunca DTI operasyonel verilerle zenginleşir.

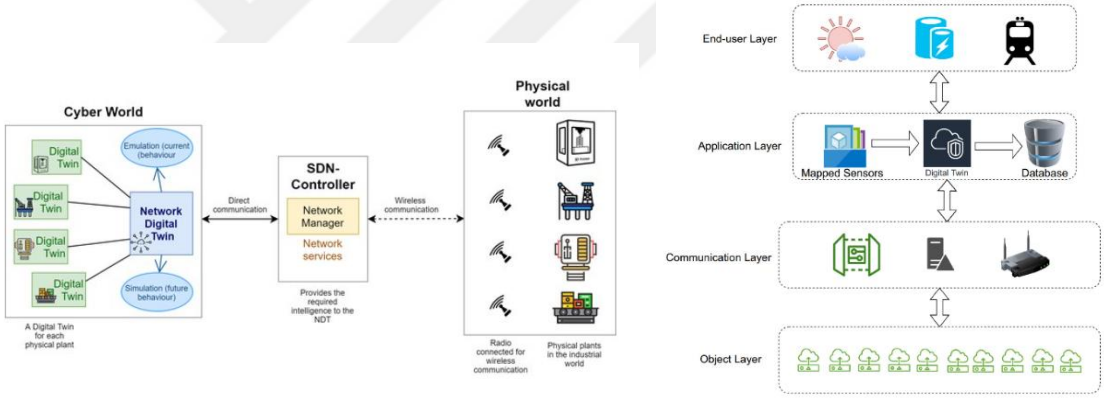
Dijital ikiz toplamı (DTA, Digital Twin Aggregate) Tüm DTI'lerin toplanmasını ifade eden terimdir.

Dijital ikiz ortamı (DTE, Digital Twin Environment) Çeşitli amaçlar için Dijital İkizler üzerinde çalışmak için entegre, çok alanlı bir fizik uygulama alanıdır. Bu işlemler simülasyon, analiz ve performans tahmini ve bilgi sorgulamasını içerir.



Şekil 4.55 Dijital ikiz (Jones, Snider, Nassehi, Yon, & Hicks, 2020)

Ürün yaşam döngüsü bağlamında Dijital İkiz hayata DTP tasarım aşaması olarak başlar. Gerçekleştirme aşamasında üretilen her ürün için DTI oluşturulur ve örneklerin birikimi DTA'yı oluşturur. Simülasyon, modelleme ve değerlendirme gibi sanal tekniklere olanak sağlayan DTE, fiziksel ürünün içinde bulunduğu ortamın sanal gösteriminde DTI'ler hem de DTA'lar hem mevcuttur. Bu modeller statik değil her aşamada senkronize edilebilen ve yaşayan dinamik bir modellerdir. Bir ikiz gerçek zamanla çalışabilir ve her aşamada iletişim halinde olduğu kullanıcıya yapı hakkında bilgi sunabilmektedir.



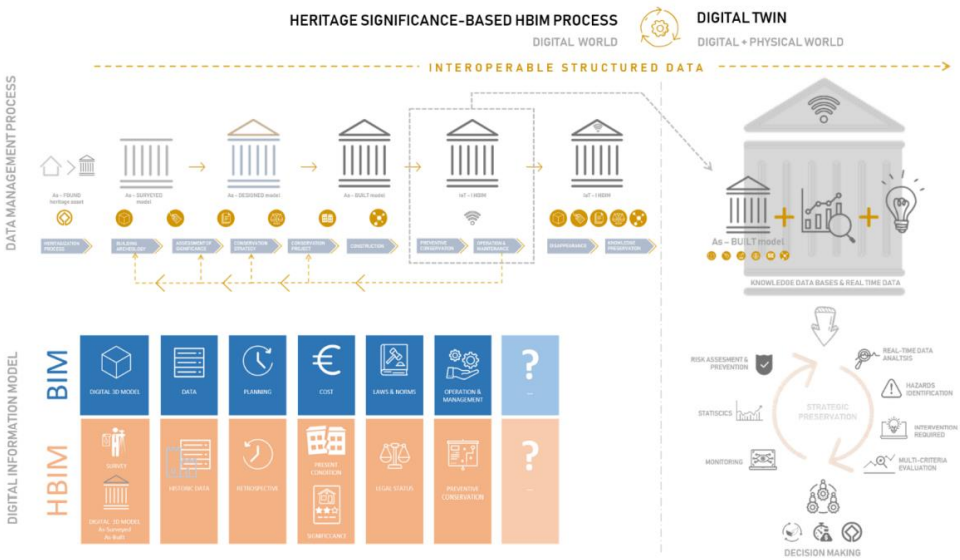
Şekil 4.56 Gerçek zamanlı çalışan dijital ikiz ağı ve etkileşim katmanları (Kherbache, Maimour, & Rondeau, 2021)

Herhangi bir yapıda düşünülen revizyon, bakım ve onarım için sanal ortamlar yaratarak testler ve simülasyonlar yapılabilmektedir. Dijital ikizler hafızasında barındırdığı geçmiş imalat ve onarım bilgilerini kullanarak yapıda karşılaşılabilecek sorunlar ve arızalar için analizler oluşturup çözümler sunabilir. Bütçe ve maliyet kıyaslaması yapabilir.

Nesnelerin interneti (altyapıları ve ev otomasyon teknolojilerinde fiziksel modelden gerçek zamanlı veri yakalamak için daha uygun fiyatlı sensörlerin

geliştirilmesine izin verilmesi, DT konseptinin inşaat sektörüne uygulanmasına daha fazla ilgi duyulmasına neden oldu. CH varlıklarının yönetimi ve korunması için dt'nin uygulanması, yapı fiziği, algılama veri toplama, elektronik ve IoT gibi disiplinlerdeki uzmanların veri yönetimi süreçlerine dahil edilmesi anlamına gelen işbirliğine dayalı entegre bir yaklaşımın benimsenmesini gerektirir.

Dijital ikizin olgunluk seviyesi veri toplama, veri analizi, veriden bilgiye dönüşüm ve bilgi gönderme odaklı aşamalardan oluşmaktadır. İnşaat sektöründe dijital ikiz için kullanılabilecek teknolojiler, akıllı telefon, video, lazer tarama, VR/AR, nesnelerin interneti ve yapay zeka olarak sıralanabilir. Yapay zekanın olmadığı bir modellemede dijital ikizden bahsedilemez. Yapay zekâ, fiziksel ikizi değiştikçe dijital ikizi güncelleyebilir. Bulut tabanlı bir sisteme bağlı akıllı bileşenler, gerçek zamanlı durumu analiz etmeyi ve geçmiş verilerle karşılaştırmayı sağlayan sensörleri kullanarak veri toplayabilir.



Şekil 4.57 HBIM ve dijital ikiz şeması (Jouan & Hallot, 2019)

Koruma uzmanları, varlıkların iç ve dış koşullarını takip edebilmek ve önleyici korumalarını desteklemek için çeşitli algılama cihazları kullanmaktadır. Çeşitli kritik fiziksel parametrelerin gözlemine, kontrolüne ve kaydına dayanan sensörler, bilim adamlarının çevre koşullarında yapıların ve sitelerin bütünlüğünü tehdit edebilecek anormal değişiklikleri tespit etmelerini sağlar. Sensörler tarafından sağlanan verilerin uzun süreli depolanması, bu verileri toplanan bilgilerle

karşılaştırarak kültürel varlıkları ve çevreleri arasındaki etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasına ve koruma projelerinin farklı aşamalarına katkıda bulunabilir. Sıcaklık ve bağıl nem, iklim koşulları gibi iklim kontrolü ile ilgili değişkenlerin yanı sıra, diğerleri hava kalitesi, ışık radyasyonu, akustik performanslar, enerji tüketimi ve yapısal davranışlar (çatlak izleme, titreşimler vb.) görülebilir. Sensörlerin yerleştirilmesindeki ana amaç, potansiyel bozulma süreçlerini ve olası nedenleri tam olarak tanımlamak , tehlikelerin oluşmasını önlemek ve müdahaleler önermek için çeşitli parametrelerin ortak analizini ve simülasyonunu gerçekleştirmektir. (Jouan & Hallot, 2019) Dijital ikizde öne çıkan başlıklar : (Digital Twin for Heritage Restoration, 2021)

Optimizasyon: Enerji verimliliği, enerji denetimi, işletme maliyetleri, havalandırma, nem ve karbon ayak izi gibi Miras performans yönetimi yöntemleri

Simülasyon: Miras yapılarındaki kuvvetleri izlemek, sismik eylemleri uygulamak ve enerji tüketimini izlemek

Sosyal verilerin kontrolü: Miras alanlarında insan faaliyetlerinin, etkinliklerin, canlı trafiğin ve kullanımının izlenmesi / düzenlenmesi

Yaşam döngüsü yönetimi: otomatik gerçek zamanlı miras alanı durumu, doku bozulması, tedarik zinciri operasyonları ve bakım programı, acil durum planı ve yönetimi

Sağlık ve güvenlik: Otomatik gerçek zamanlı risk tespiti, tehlike azaltma eylemleri, afet yardımı, kurallara uygunluk, alan ve bilgi güvenliği.

4.3.4.2 Bina Performansı ve Simülasyon

Yapay zekanın sanal, yapılı ve doğal çevreyi gerçek zamanlı olarak birbirine bağlayan ve BIM dünyasında kendi kendini güncelleyen bir dijital ikizin yaratılmasını sağlayan bir teknoloji olarak kullanılacağı açıktır. Dijital ikiz, simüle edilmiş ve oluşturulmuş gerçek nesneye benzer sanal model olarak tanımlanabilir. Simülasyon modellerinin bir optimizasyon ve inovasyon süreci içinde özetlediği büyük potansiyel göz önüne alındığında, bina bilgi modellemesini dijital ikiz

olarak kullanmak alfasayısal ve üç boyutlu bilgilerin büyük bir deposu haline getirmek mümkündür. Dijital ikiz, harici veri tabanından gelen bilgileri simüle etmek ve işlemek için 3B sanal bir model olarak kullanılmaktadır. Dijital ikiz, zaman, hasar ve maliyet açısından farklı senaryolarının değerlendirilmesini sağlayabilmektedir. BIM, GIS ve IoT'un biraraya gelmesiyle yapıların interneti (*Internet of Buildings, IoB*) kavramı söz konusu olmaktadır. (Miller, ve diğerleri, 2021)

Yapı performans simülasyonu hem yapı simülasyonu hem de yapı enerji modelleme ve simülasyon adıyla da kullanılmaktadır. Tipik bir enerji modeli oluşturmak için gerekli olan asgari bilgiler: saha konum, yönelim ve iklimi tanımlamak, yapı geometrisini tanımlamak, yapı yapım sistemi ve malzemelerini tanımlamak, termal zonlama yapmak, yapının çevre modelini oluşturmak (Doğrudan güneş ışınımını engelleyen bitişik binaların, site engellerinin ve gölgeleme yapılarının modeli), iç kazanımların ve işletme profillerinin (kullanıcı kullanımı) atanması, bina malzeme özelliklerinin atanması (U değeri, ısı transferi, materyal kalınlığı, yoğunluk, güneş ve ışık kaynağını yansıtma), hava sızdırmazlığı modeli, sıhhi tesisat, elektrik tesisatı, manyetik alan oluşturabilecek tesisat, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri detaylandırılması, İç ortam hava kalitesinin ölçülmesi, termal konfor, karbondioksit tüketimi, doğal ve yapay aydınlatma, yenilebilir enerji kaynağı değerlendirme.

Enerji simülasyonlarına ek olarak çoğu yazılım fayda oranlarını ve enerji maliyetleriyle ilgili tahmin yapabilir. Ayrıca simülasyon yazılımları, ihtiyaca göre de sipariş edilebilir. Enerji modeli enerji tüketimini ve enerji kullanım maliyetini tahmin etmek, verimli sistemlerin ve güneş pasif tasarımının değerlendirilmesini sağlamaktadır. (Altan, Padovani, & Hashemi, 2016) Enerji modeli modellemesi yapı enerji modellemesi (*Building Energy Model, BEM*) ve bölge veya şehir yapı enerji modellemesi (*District or Urban Building Energy Modeling, DBEM/UBEM*) olarak iki farklı ölçekte gerçekleşmektedir. Enerji modellemesi geometrik ve geometrik olmayan bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Kullanılan en yaygın veri modelleri Bina Bilgi Modeli (BIM) ve Coğrafi Bilgi Sistemleridir (CBS). Veriler

hem gerçek zamanlı akıllı sayaç ve sensörlerden toplanabilir; gerçek zamanlı veriler olmadığı veya sınırlı olduğu durumda muadil örnekler kullanılabilmektedir. DBEM/UBEM yaklaşımıyla bina simülasyon analizi yapılmak istendiğinde GIS tabanlı, BEM analizi yapılmak isteniyorsa BIM kullanılmaktadır. Simülasyon, iki veri modelinin birbiriyle entegrasyonu veya birinin diğerine dönüşümüyle birleştirilebilir. (Ali, Shamsi, Hoare, & Mangina, 2021)

Nümerik model (*numerical model*) ve simülasyon fiziksel soruna yaklaşık bir çözüm bulmak için bilgisayarlara bağlı olan çok sayıda matematiksel denklemin bir kombinasyonu; fiziksel bir olayın bilgisayar ortamında gerçeğe uygun olarak canlandırılmasıdır. Yapı, çevre ve coğrafi malzeme modellemesinde kullanılan sayısal yöntemler, sonlu elemanlar yöntemi (*finite element method, FEM*), sınır eleman yöntemi (*boundry element method, BEM*), sonlu farklar yöntemi (*finite difference method, FDM*) ve ayrık elemanlar yöntemini (*discrete element method, DEM*) içermektedir. (Science Direct, 2017)

Binaların iç ve dış cephelerinde rüzgâr yükü ve ısıtma/havalandırma uygulamalarının hesaplamalarını yapmak için hesaplamalı akışkanlar dinamiği (*Computational Fluid Dynamics, CFD*) modelleme tekniği kullanılmaktadır. (Hallstrom, 2019)

BIM ve BEM ile ilgili olarak, IFC ve gbXML (Yeşil Bina XML), sektördeki veri alışverişi sürecinden sorumlu en yaygın veri şeması olarak kabul edilmektedir. Ticari alanda çok fazla enerji simülasyon programı vardır. Bu programların kullanılabilmesi için dikkat edilmesi gereken belli başlı kriterler şu şekildedir: (Elnabawi, 2020)

- Ana yetenekler, programlama dili / platformu, lisans, geliştirici / şirket gibi programların genel özellikleri.
- Takım entegre tasarım aşaması, simülasyon motoru, birlikte çalışabilirlik / veri alışverişi, performans kriterleri, uygulamalar / fonksiyonlar.
- Ana güçlü yönler ve sınırlamalar, giriş ve çıkış dosya formatları, hava durumu verileri ve doğrulama.

4.4 Politikalar ve Standartlar

Kültürel miras, dijital ortamda var olabilmesi ve varlığını sürdürebilmesi için teknolojiye uyum sağlamalıdır. Bu nedenle teknolojiyi koruyan ve geliştiren politikalara ihtiyaç duyar. Bu bölümde politikalardan yola çıkarak standardizasyon çalışmaları ile ilgili bilgiler ele alınacaktır.

4.4.1 Dijital Çağ Aktörleri: Dijital Yerliler, Göçmenler ve GKAM

2000'lerin başında Marc Presky tarafından dijital yerli ve göçmen kavramları '*Digital Natives Digital Immigrants*' makalesiyle tartışmaya açılmıştır. Presky, dijital teknolojiyle büyüyen kuşakları için dijital yerli (*digital native*) olarak adlandırırken dijital dünyaya doğmayanları dijital göçmen (*digital immigrants*) olarak gruplamıştır. Yeni kuşaklar, farklı düşünce biçimlerinin göstergesi olarak dijital yerli (*digital native*), doğuştan dijital/dijital doğan (*born digital*), N-gen (*inter-Net geni taşıyan*) ve D-gen (*dijital gene sahip*) gibi isimlerle anılmaktadırlar. (Prensky, 2001) Dijital yerliler için kesin bir kabul olmasa da genel olarak 1980 sonrası doğan kuşaklar dijital yerli olarak tanımlanmaktadır. Web 2.0 dönemiyle dijital dünya kapsamının genişlemesi, 1990'dan sonra doğan kişilerin kuşağı ikinci kuşak dijital yerli olarak adlandırılmaktadır. Web kavramı genişledikçe kuşak tanımları da paralel olarak genişlemeye devam edecektir. Dijital yerliler bilgisayar oyunu, dijital oyunlar, akıllı telefon gibi cihazları doğdukları andan itibaren deneyimledikleri için sonradan öğrenen kişilere göre üstünlük sağlamaktadır. Dijital yerliler, hızlı bilgi edinmeyi sever, eş zamanlı çoklu görevleri ve metin yerine grafik okumayı tercih ederler. Dijital göçmenler ise dijital teknoloji iyi öğrenseler bile geçmişteki edindikleri öğrenme biçimlerinden kolayca vazgeçmeyip interneti birincil araç olarak kullanmak yerine örneğin bir el kitabını okumayı tercih edebilirler. Genel olarak bakıldığında dijital yerli ve göçmen kuşak arasında hızlı-yavaş konuşma, rastgele-adım adım, grafik-metin, bağlantılı-yalnız, oyun-iş, sabır-sonuç, farazi/fantezi-gerçeklik gibi ikilikler ön plana çıkmaktadır. Dijital bölünme olarak adlandırılan bu farklılıkların zamanla azalacağı ve yeni ayrımların ortaya çıkacağını belirtmiştir. (Tombul, 2020)

Kültürel miras kurumları Galeriler, Kütüphaneler, Arşivler ve Müzeler (GKAM, *GLAM-Gallery Library, Archive, Museum*) dünya genelinde tür ve boyutlarda farklılık göstermektedir fakat hepsi 2000'li yılların başından itibaren dijital kaynak kullanımına önem vermektedir. Dijital dünya gerçek dünyaya göre daha hızlı gelişen ve değişen bir dünyadır. Dijitalleştirilmiş içeriği oluşturmak ve kullanmak için birçok uzmanın çabasını ve bakışını bir araya getirmek gerekmektedir. Kullanıcı ve mevcut teknoloji standartları GKAM'ın dönüşümünde önemli rol oynamaktadır. Dijitalleşmeye başlarken gereksinimlerin bilinmesi ve karşılanması gerekmektedir. GKAM kurumundaki dijital bir varlığın, aynı türdeki varlıklarla karşılaştırıldığında ve hiyerarşide dijitalleştireceği, saklanacağı ve sunulacağı anlamına gelmektedir. Doğru meta veriler, kültürel içerik yeniden kullanımı ve bağlamsallaştırma için çok önemlidir. Dijital dünya, kullanıcının katkısıyla bağlamsallaştırmayı daha zengin ve daha kolay hale getirmektedir. Üst veri standartları ve kurumlararası birlikte çalışabilirlik mümkün olursa, kullanıcı kendi sanal koleksiyonlarını oluşturabilir, ilgilendiği konunun arkasındaki hikayeleri öğrenebilir, yeniden kullanabilir ve başkalarıyla paylaşabilir, yazdırabilir vb. (Sotirova, Peneva, Ivanov, Doneva, & Dobreva, 2012)

4.4.3 Standartlar başlığında da değinilen internet sağlayıcıları, web ortam kurgulayıcıları ve sağlayıcıları, bilgisayar programı ve programlama dilleri kodlayıcıları, donanım, yazılım ve standart geliştiren tüm inisiyatifler ve kişisel girişimler çağın paydaşlarıdır. Dijital yerli, dijital göçmen ve ilişkili aktörlerin algılama biçimlerinin dijital çağı yaratanlarla ona yön verenlerin temeline inen genel bir tanımdır.

4.4.2 Politikalar

Dijital çağda bilgilerimiz, belgelerimizi ve fotoğraflarımızı dijital ortamda saklamayı tercih edebilmekteyiz. Dijital bir veri dünyanın herhangi bir yerinde herhangi bir kişi tarafından yaratılabilir. Ortaya çıkan bilgilerin bazıları ileride dijital miras olarak değerlendirilecektir. Bilgileri değerlendirilebilmek ve onlardan faydalanabilmek için erişim ve koruma üzerine birtakım stratejilerin politikaya

dönüştürülmesi önemlidir. Ruan ve Mcdonough dijital doğan veriler için aşağıdaki adımlar tanımlanmıştır. (Ruan & McDonough, 2009)

Farkındalık yaratmak ve farkındalığı etkili eyleme dönüştürmek: Veri yaratıcılarında yaygın farkındalığın oluşturulması, kuruluşların dijital koruma bilinci için harekete geçirebileceği planlar hazırlaması ve dijital koruma konularıyla ilgilenmesi için sorumluluk almalıdır.

İlk verileri korumak için bir sistem kurmak: Veri yaratıcılarının dijital verilerinin özgün hallerini korumaları ve erişilebilir olmaları için yasal teşvikleri sağlanmalıdır.

Uluslararası iş birliği oluşturmak ve uluslararası kabul görmüş standartları benimsemek: Uluslararası iş birliği araştırmacıların temel sorunlarına yoğunlaşabilir aynı zamanda tekrarlanan araştırmalar yapılmasının önüne geçilebilir. Dijital koruma işbirliği bireyde başlayıp ulusal ve uluslararası düzeyde iki adım olarak ele alınabilir.

Etkili metodolojilerin keşfetmek ve yeni ortamların araştırmak: dijital mirasın korunmasında depolama ve formatlar önemli rol oynamaktadır. Uzun vadeli erişim bu alanların geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin E-ink fiziksel bir kağıttaki mürekkep baskını kopyalayıp dijital ortama aktaran tescilli bir teknolojik malzeme türüdür.

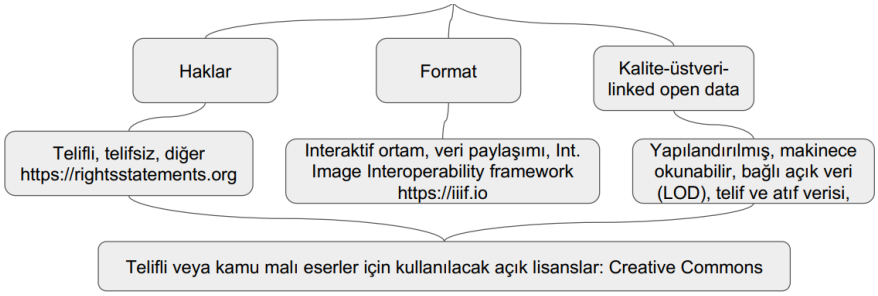
UNESCO Dijital Mirası Koruma Sözleşmesi[90]'nde dijital mirası genel kapsam, dijital mirasa erişim, kaybolma tehdidi, eylem gereksinimi, dijital süreklilik, strateji ve politika geliştirme, saklanması gerekenleri seçme, dijital mirası koruma, kültürel mirası saklama, roller ve sorumluluklar, ortaklıklar ve iş birliği ve UNESCO'nun rolü olarak genel bir tanıma gitmiştir.

2016 yılında bilim adamları ve kuruluşlardan oluşan bir konsorsiyum her yıl Ar-Ge için harcanan milyonca yatırım sonucu ortaya veri kümelerinin FAIR ilkelerine göre yapılmasını böylece bilimin ve araştırmanın sekteye uğraması aynı zamanda mali kayıpların yaşanmasının önüne geçileceğini öne sürmüştür. FAIR veri (*Fair*

[90] **3. Dijital Miras** bölümüne bakınız.

Data), bulunabilirlik (*Findability*), erişilebilirlik (*Accessibility*), birlikte çalışabilirlik (*Interoperability*), yeniden kullanılabilirlik (*Reusability*) ilkelerini sağlayan araştırma verisi anlamına gelmektedir. İlkeler aynı zamanda makine okunurluğunu da vurgulamaktadır çünkü insan büyük veri ile başa çıkmak için giderek daha fazla bilgisayarların hesaplama becerisinden destek almaktadırlar. (Go FAIR, 2016)

Galeri, kütüphane, arşiv ve müze gibi kültür ve sanat kurumlarını yapısal bir dönüşüme hazırlayan dijital çağ, arşiv ve koleksiyonlarda yer alan bilgilerin raflarda, kapalı ortam ve sistemlerde kalmadığı herkes tarafından erişilebilir olduğu bir sistemin temellerini atmaktadır. Açık Kültür *(Open Culture)* olarak adlandırılan bu yapı, tüm kültür ve sanat kurumlarının işleyişinin nasıl değişeceği ve süreçten nasıl etkileneceği sorularını doğurmaktadır. İlkay Holt, 2019 yılında digitalSSM[91]'de gerçekleştirdiği konuşmasında "kültürel alanı düzenleyen evrensel ilke ve standartlar, açık kültür ortamında kurumların hizmet anlayışlarına ve altyapılarına yansıtılabiliyor mu? Koleksiyon ve arşivlerin potansiyelleri, dijitalleşme sürecinde ne kadar korunabiliyor? Erişime açık koleksiyon ve arşivlerin kullanıcılar arasında paylaşımı noktasında nasıl bir yapı öngörülmeli?" sorularına yanıt aramaktadır. Kültür ve miras verilerine/eserlerine kamunun bu şekilde sınırsız erişiminin önündeki en büyük iki engel telif hakları düzenlemeleri ve kültürel değişimin zorluğu olarak tanımlanmaktadır. (Holt, 2019)



Şekil 4.58 "Açık Kültür, Paylaşılabilir İçerik ve Standartlar" sunumu (Holt, 2019)

[91] https://digitalssm.org/

Open Culture hareketi Dünya genelinde bilginin herhangi kısıtlama olmaksızın üretimi ve dağıtımını savunan açık bilgi akvivistlerinin *Open Knowledge* hareketinin bir yansımasıdır. *Knowledge Foundation*, açık (open) tanımını bilgiye (data) erişim, kullanma, değiştirme ve paylaşma anlamındaki açıklık durumunun kaynağı ve açıklığı koruyan önlemlere tabi olmasını ifade etmektedir. *Open Work* aktarılmakta olan öğeyi veya bilgi parçasını, *Open License,* işin sağlandığı yasal koşullarını, *Open Public Domain* (kamu malı – genel kullanım) telif hakkı ve benzeri kısıtlamaların bulunmadığını ifade eder. (Open Knowledge Foundation, 2022)

Open Source, herhangi bir bilgisayar yazılımının makine diline dönüştürülmeden önce programcılar tarafından okunur, anlaşılır, yeni amaçlara uygun değiştirilebilir durumunun okunabilir olarak kamuyla paylaşmasıdır. (Open Source Initiative, 2022) *Open Access,* bir tür erişim veya kullanılabilirliktir. Bu tür bir erişim, yazılım, müzik, film veya haber gibi herhangi bir dijital içerik için geçerli olabilir. (Creative Commons, 2022)

Open Library (Open Library), Internet Arşivi'nin (archive.org) kurucusu Brewster Kahle, erişmenin aslında koruma eylemini harekete geçirdiğini belirterek telif hakkı sorunu olmayan yayınları herkesin erişimine açtığı platformdur. (Tonta, 2012)

Çeşitli oluşumların standart, yazılım ve programlama dillerini geliştirebilmesi böylece entegrasyonun sağlanabilmesi açık yaklaşımı (*openBIM*[92]*, openGIS)*[93]*, openGL*[94]*, openAI*[95] *open Heritage BIM*[96] *vb.)* mevcuttur.

[92] https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/

[93] https://www.ogc.org/

[94] https://www.opengl.org/

[95] https://openai.com/

[96] https://www.inception-project.eu/en/project

4.4.3 Standartlar

Bilgilerin erişilebilir, bütünleştirilebilir ve senkronize olabilir olarak çalışabilmesi için web bilgisayar okunabilir olması gerekmektedir. Yanlış anlaşılmaları azaltmak hatta ortadan kaldırmak için standartlar gereklidir. Standartlar, işlemleri optimize etmeye ve kaliteyi artırmaya yardımcı olur. Uluslararası standartlar, bileşenlerin, ürünlerin ve hizmetlerin uyumluluğunu artırır.

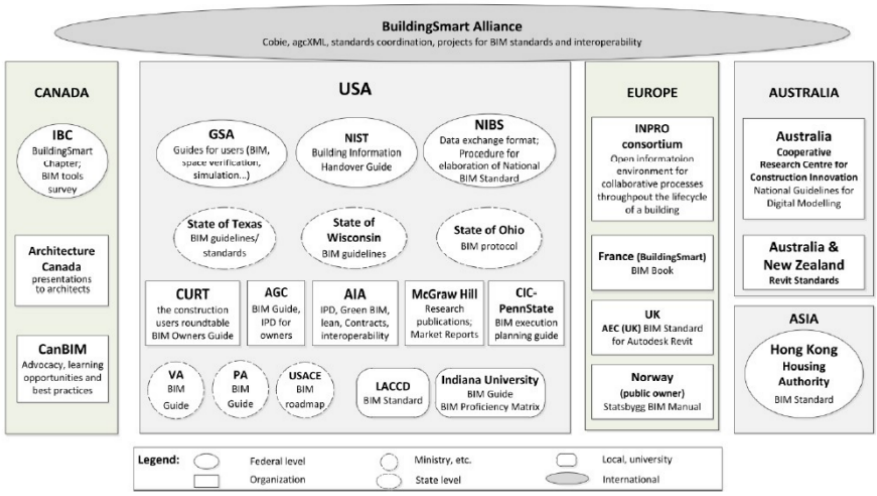
4.4.3.1 BIM, Coğrafi Veri ve Nokta Bulutu Standartları ve İlgili Oluşumlar

Dijital Miras başlıklı üçüncü bölümde dijital mimari mirasın oluşturulması ve korunmasına yönelik HBIM, INCEPTION Projesi gibi yaklaşımlardan genel olarak bahsedilmiş; dördüncü bölümde konuyla iligli açılımlar yapılmıştır. Bu başlıkta ise söz konusu yaklaşımlarla ilişkili standartlara yer verilmiştir.

BIM

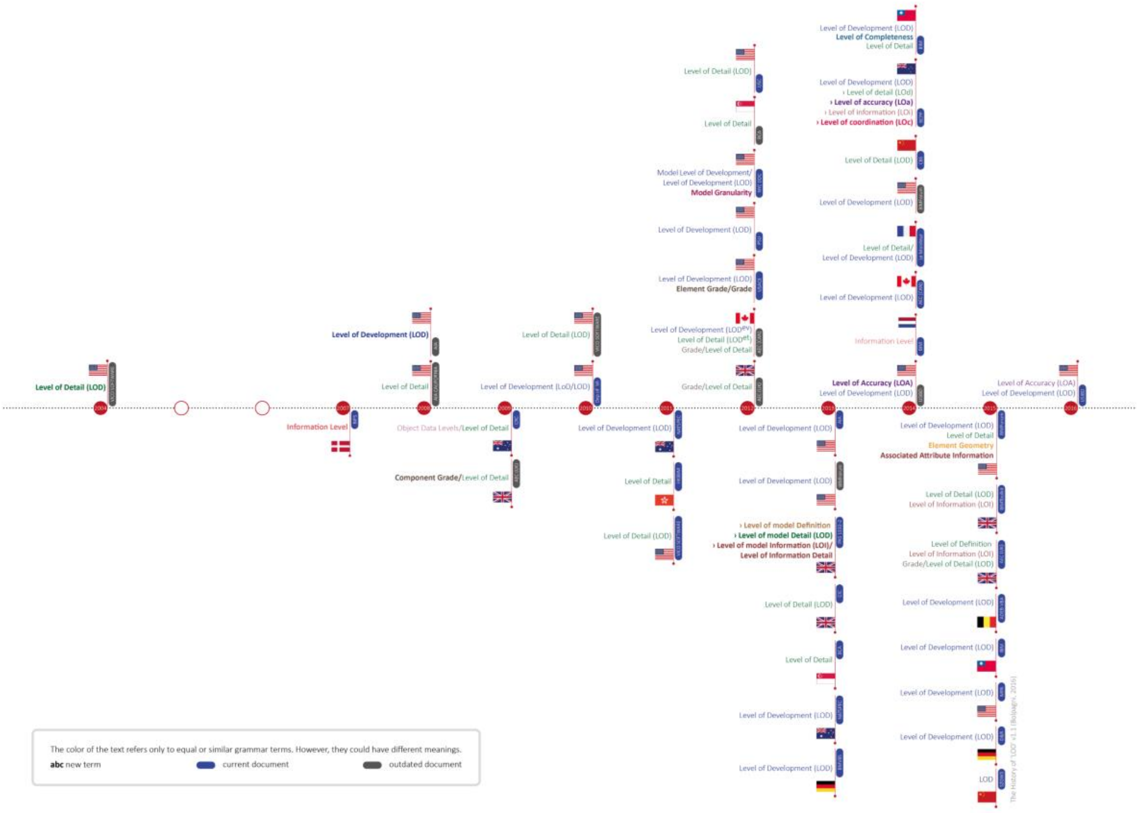
Birçok ülkede meslek kuruluşları, sivil toplum örgütleri, üniversiteler standart ve protokol yayınları konusunda öncüdür. Fakat Türkiye'de herhangi bir kurum tarafından yayımlanmış bir BIM entegrasyon çalışması henüz yoktur. (Tel, 2021) BIM terimlerinin bir kısmına Ademci'nin (2018) Türk yapı endüstrisine BIM'in kazandırılmasını irdeleyen tezinde, bir kısmına da Tel'in (2021) BIM uygulamalarının ulusal yasal çerçevede değerlendirmesiyle ilgili tezinde değinilmiştir. BIM'in mimarlık eğitimine entegrasyonu ile ilgili örnek çalışma ise Yılmaz'ın (2020) mimari tasarımda bilişim programı altında yayımlanan yüksek lisans tezinde sunulmuştur. ISO 19650'a doğrudan değinilmediği ve seviyelerle (LoD, LoA, LoI vb) ilgili karşılaştırmalara bu tezlerde kısmen yer verildiği için bu tez kapsamında koruma bilimi ile ilişkili olarak bazı terimler yeniden ele alınacak ve yeni terimlere yer verilecektir. BIM standartlarına konu olan ve Bölüm 4'te bahsedilen PIM, AIM gibi açılımlar henüz kapsamlı olarak lisansüstü tezlere konu olmamıştır. TSE yapı sektörünün baskısı üzerine Yapı Bilgi Modellemesi Ayna Komitesi'ni kurmuş, 2019 yılında ISO 19650 standartlarını Türkçe'ye çevirmeye başlamıştır. (BIM Teknoloji, 2019)

Yapı Bilgi Modellemesi ve Yönetimi Derneği'ne bağlı BIM4TURKEY[97] isimli platform BIM'in inşaat sektörüne, eğitim sistemine ve kamu kurumlarına entegrasyonunu kolaylaştırmayı hedefleyen bir oluşumdur. Türkiye'de genel anlamda BIM uygulamalarının benimsenmesi için Birleşik Krallık'ta olduğu gibi devlet eliyle girişimler yapılmalıdır. Türkiye'de uluslararası iş ağına sahip kurumlar kendi sistemlerini BIM'e uygun hale getirse de fiyatlandırma, metraj, çizim detayı ve kalitesi gibi teslim paketlerinin kamu ihale kanunlarında belirtilen tanımlara uymadığı ve eşleşmediği takdirde model üretme sürecinden tam anlamıyla veri alınamaz. ABD, Birleşik Krallık gibi resmi BIM standartlarına sahip ülkelerin kamu ihale sistemleri ve yasal düzenlemeleri incelenerek yayımlanmış BIM kitapçıkları aracılığıyla çalışmalara bir noktadan başlanılması gerekmektedir. Ülkelerin yapıya ve çevreye yaklaşımlarındaki farklılıklar nedeniyle anlamsal kopukluklar ve kayıplar olmaktadır. Evrensel ölçekte değerlendirilen mimari mirasta ise yapının biricikliği, belgeye dayalı veya ucu açık bırakılan müdahale etme/etmeme gibi süreçlere sahiptir. Bu nedenle ana hatları ile BIM standardizasyonuyla ilgili öne çıkan başlıklar aşağıda açıklanacaktır.



Şekil 4.59 Dünya genelinde BIM araştırmaları üzerine çalışan oluşumlar (Tel, 2021)

[97] https://bim4turkey.com/tr

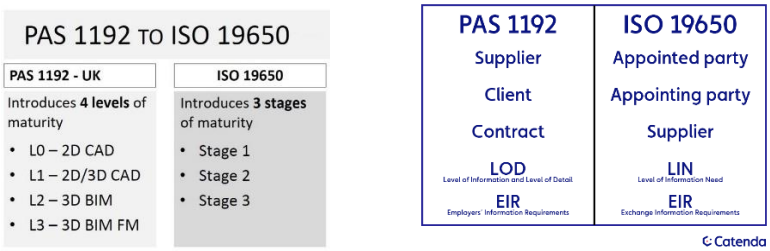


Şekil 4.60 LoD, LoI, LoA, LoG kavramlarının ülkelere göre gelişimi (LOD Planner, 2022)

BIM olgunluk seviyeleri (*BIM Maturity Level*), BIM boyutları (*BIM dimensions*) detay/gelişim seviyeleri (*LoD: Level of Detail, Level of Development, Level of Model Definition*) ve veri sınıflandırma olarak ana başlıkların bilinmesi gereklidir.

<u>BIM Olgunluk Seviyeleri</u>

BIM olgunluk seviyeleri terimi, BIM modelinin standart, format ve araç bakımından kalite seviyesini belirtmektedir. Birleşik Krallık Hükümeti'nin Hükümet İnşaat Stratejisi (2011-2015 ve 2016-2020) ve BIM standartları (PAS1192) olarak hazırladığı çalışmalar ile ön ayak olduğu devamında uluslararası alanda kabul gören seviyeler (PAS1192 ve ISO19650) bütüncül bir özet olarak ele alınacaktır.



Şekil 4.61 BIM standartlarında tanımlanan olgunluk seviyelerinin karşılaştırılması: PAS 1192 ve ISO 19650 koşulları

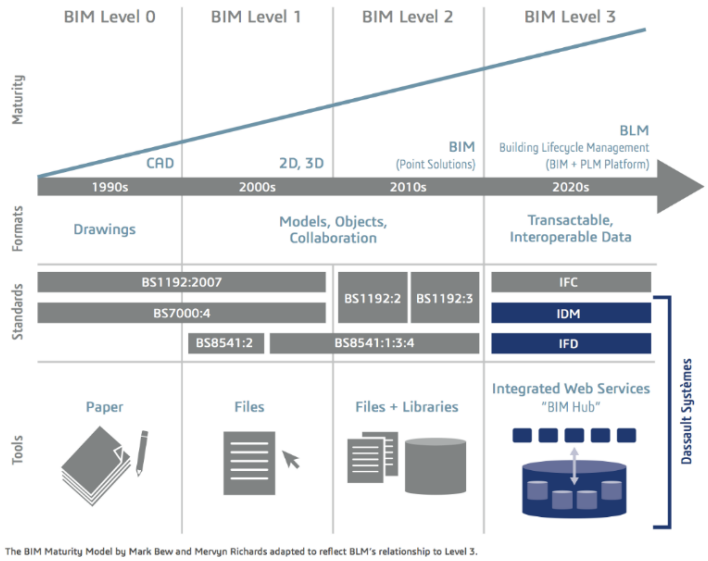
(Google Görseller, 2022)

Birleşik Krallık İnşaat Endüstrisi Konseyi (CIC) tarafından desteklenen ve BSI tarafından yayınlanan PAS[98]'lerin ilki (1192-2) 2013 yılında kullanıma sunulmuştur. BS 1192: 2007'de ayrıntılı olarak açıklanan Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (AEC) bilgilerinin işbirlikçi üretimi için mevcut uygulama kuralları üzerine kurulmuştur. (The BIM Center, 2018)

Birleşik Krallık ve Dünya tarafından kullanılan BSI tarafından oluşturulan PAS1192 (BS1192 2007; PAS1192 2013-2018) standartları, 2019 yılında yerini ISO19650'ye bırakmıştır. BSI, Britanya standartlarının uluslararası standartlar lehine kaldırıldığını ve bu uluslararası standartların Britanya'nın yapmış olduğu çalışmalara dayandığını açıklamıştır.

Birleşik Krallık PAS 1192 (BS1192 2007; PAS1192 2013-2018)'ye göre BIM seviyeleri dört ana başlık altında toplanmıştır.

[98] Halka Açık Bir Şartname (*Publicly Available Specification*, PAS), Britanya Standartlar Enstitüsü (*British Standards Institute*, BSI) tarafından belirlenen yönergeleri izleyerek acil bir piyasa ihtiyacını karşılamak amacıyla belirlenen bir şartnamedir. (The BIM Center, 2018)



Şekil 4.62 Birleşik Krallık BIM Olgunluk Seviyeleri, Bew-Richards üçgeni (2008) (Ademci, 2018)

Seviye 0: Yönetilmeyen kâğıt ve 2B CAD çizim tekniklerinin kullanıldığı anlamına gelmektedir. Ana amaç kâğıt veya elektronik baskı şeklinde üretim bilgisi oluşturmaktır.

Seviye 1: Hem 2B hem 3B CAD çizim kullanımını içermektedir. Genel görselleştirme amacıyla 3B CAD modeli oluşturulur; yasal onay belgeleri ve uygulama bilgileri oluşturulması için 2B CAD çizimi üretilmektedir. Yalnızca BIM (*Only BIM*) seviyesinde herkes kendi verilerini oluşturup yönettiği için farklı paydaşlar ve disiplinler arası düşük iş birliği vardır.

Seviye 2: Yönetilen bir 3B ortamı ifade etmektedir. Dosya tabanlı bir iş birliği yaklaşımı ve kütüphane yönetimini benimsemektedir. Tüm taraflar yerel 3B CAD modelleri üzerinde çalışır ve ortak bir dosya formatı üzerinden bilgi alışverişi yapılır. Böyle bir sistem, kuruluşların federe bir BIM Modeli oluşturmak için harici verileri kendi modelleriyle birleştirmesine olanak tanımaktadır. '*Collaborative BIM*' olarak da adlandırılabilinen bu seviye iş birliğine dayalı çalışma, bu seviyenin ayırt edici yönüdür.

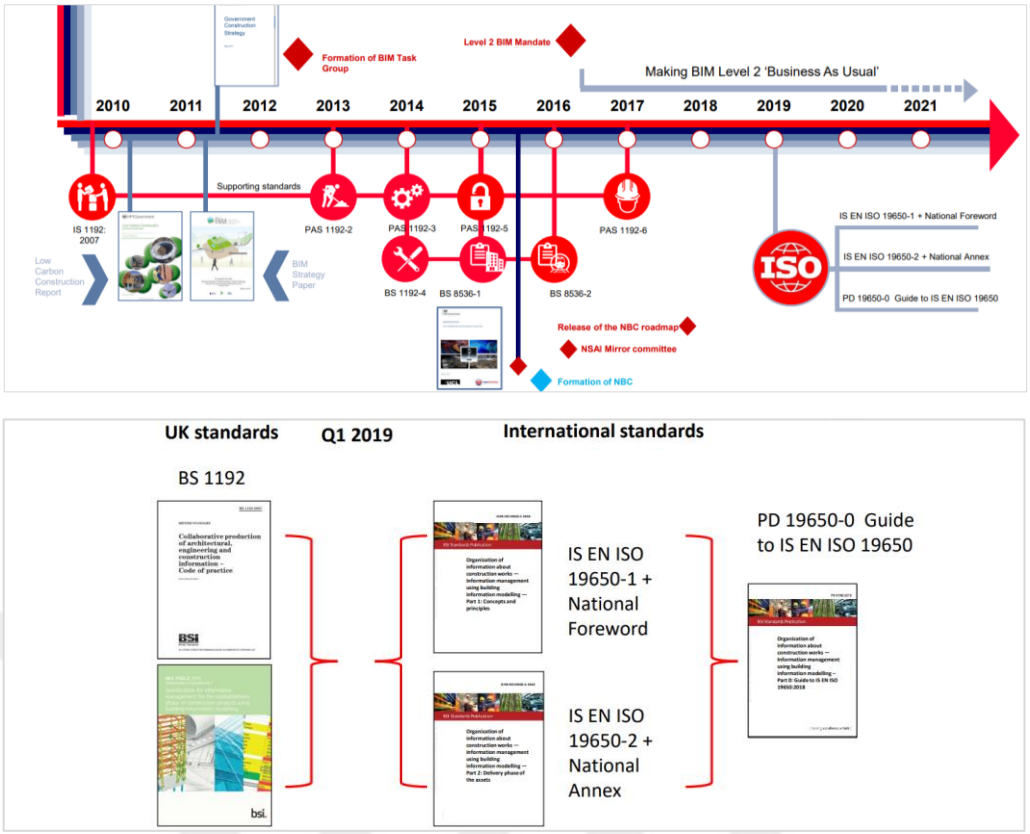
Seviye 3: Tek bir ortamda tüm disiplinlerin proje verilerinin toparlandığı ve IFC (*Industry Foundation Classes*) gibi açık standartlar etrafında oluşturulmuş entegre bir çözümün kullanılmasını önermektedir. Bu, gerçek ve tamamen işbirlikçi

yaklaşımdır. Bu çalışma modeli aynı zamanda 'Açık BIM (*Open BIM*)' ve iBIM (*integrated BIM*, entegre BIM) olarak da bilinir. Seviye 3 ayrıca, telif hakkı gibi sorunları yazılım oluşturucu/okuma/yazma izinleri ve sorumluluk sorunları çözümler getirmektedir. (Sacks, Gurevich, & Shrestha, 2016) (Catenda, 2022)

Seviye 4, 5, 6: Bu seviyeler, ilk dört seviye tanıtıldıktan sonraki yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. (Lorek, 2022)

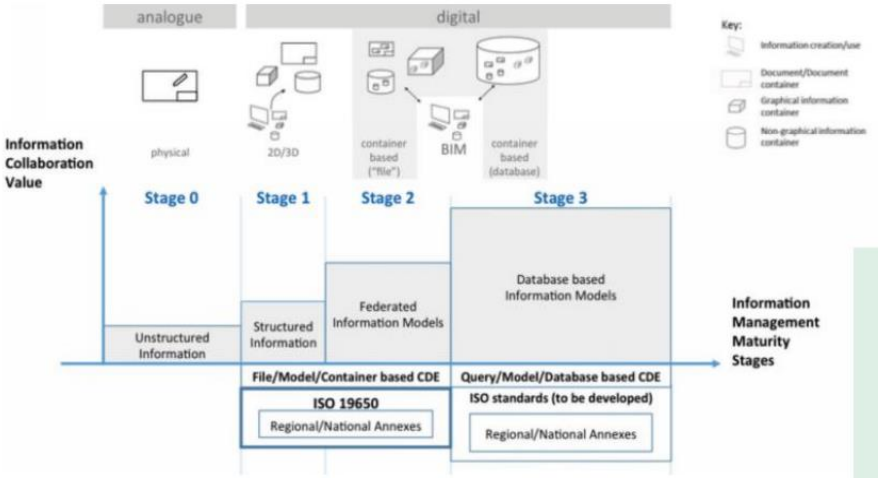
Seviye 4 projenin her aşamasının ne kadar zaman alacağını veya çeşitli bileşenlerin sıralanmasını özetlemeye yardımcı olan zamanlama verilerini; Seviye 5 bilgi modeline maliyet tahminleri, bütçe analizi ve bütçe takibini; Seviye 6 BIM, bir yapının inşa edilmeden önceki enerji tüketimi gereksinimlerinin hesaplamayı sağlamaktadır.

2013-2018 yılları arasında Birleşik Krallık Hükümeti tarafından geliştirilen PAS1192 kodlu BIM standartlarının, ISO19650 standardı altında toplanmasıyla BIM standartları küreselleştirilmiştir. NIBS ve CDBB desteğiyle hazırlanmıştır. 2019 yılından itibaren Birleşik Krallık Hükümeti doğrudan ISO standartlarını kullanacağını açıklamıştır. ISO1650'nin 2018 yılında yayımladığı ilk iki bölümde, PAS1192'nin tanımladığı dört olgunluk seviyesi yerini 3 aşamaya bırakmıştır. İlk iki bölümün yayımlanmasıyla uluslararası, AB ve ulusal düzeyde yeni düzenleyici senaryolar ortaya çıkmıştır. (ISO, 2019)



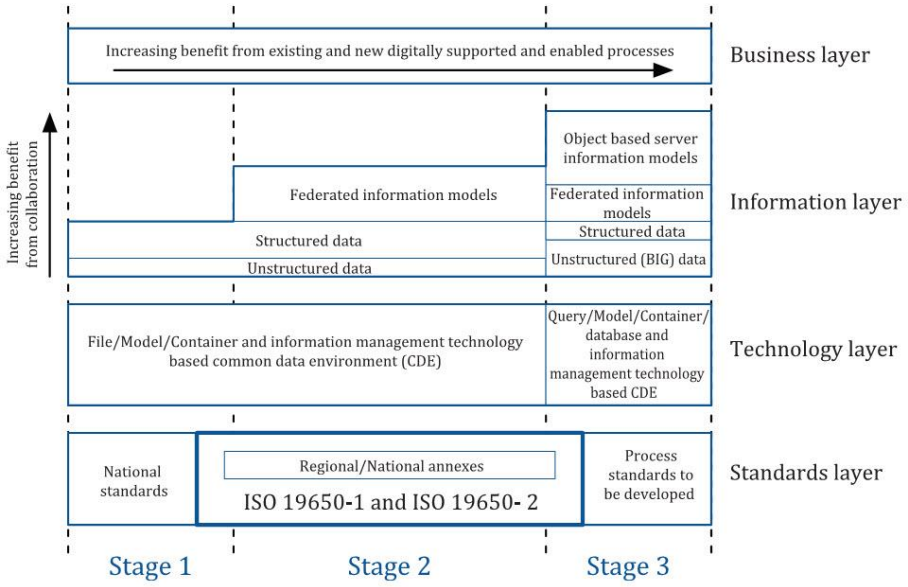
Şekil 4.63 BSI 1192 ve ISO19650 standartlarının gelişimi (UK BIM Alliance, 2020)

*ISO 19650-1 2018 K*avram ve ilkeler, *ISO 19650-2: 2018* Varlıkların teslim aşaması, *ISO 19650-3: 2020* Varlıkların operasyonel aşaması, *ISO / CD 19650-4: Gelişim Aşamasında* Yaşam Döngüsü Boyunca Bilgi alışverişi, ISO 19650-5: 2020: Bilgi yönetimine güvenlik odaklı yaklaşım, ISO 19650-6: *Gelişim Aşamasında* Sağlık ve Güvenlik: PAS 1192-6: 2018 standardından referans alınabilir.



Şekil 4.64 ISO 19650 BIM olgunluk seviyeleri (2018)

(BIM Corner, 2020)



Şekil 4.65 ISO 19650-1'e göre CDE[99] çeşitlerini, katmanlarını ve standartlarını gösteren BIM olgunluk seviyeleri matrisi

(BIM Corner, 2020)

[99] Ortak Veri Ortamı (*Common Data Environment*), herhangi bir proje veya varlık için, her bir bilgi taşıyıcısını yönetilen bir süreç aracılığıyla toplamak, yönetmek ve dağıtmak için kabul edilmiş bir bilgi kaynağıdır. (ISO, 2019)

Aşama 1: 2B CAD çıktıları ve 3B BIM modelleri (bilgi modelleri), proje yönetimi için ulusal düzenleyici

Aşama 2: bireysel disiplinlerin bilgi modelleri (yapısal, mimari, MEP sistemleri vb..), federe ve uluslararası standartlara uygun ISO 19650, inşaat projesinin entegre yönetimini sağlamak

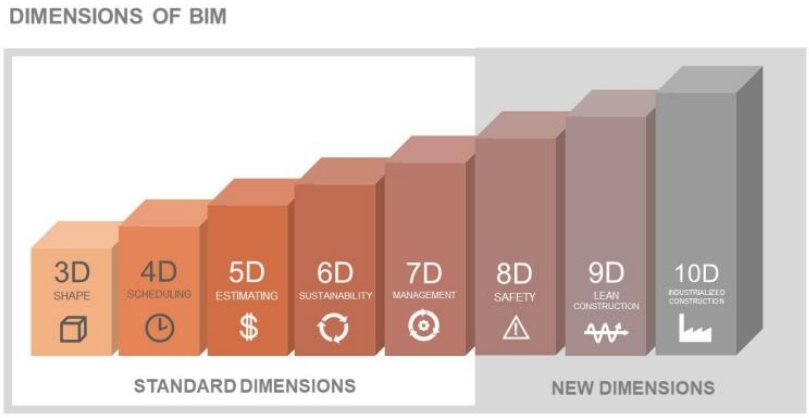
Aşama 3: hemen sorgulanabilen bilgilendirici modellerin yapılandırılmış veritabanı sistemleri, açık BIM'in bir proje yönetim sistemi olarak uygulanmasına ve daha sonra devreye alınmasına olanak tanır.

BIM olgunluk seviyeleri genellikle *BIM boyutlarıyla* karıştırılır. Aslında farklı kavramlardır.

BIM Boyutları

BIM boyutları, bir inşaat projesinin dijitalleştirilmesi sürecinde devreye giren tüm yönleri ve bilgileri tanımlar. 7 farklı boyutta tanımlanmaktadır: üç boyutlu modeller (3B), inşai programlama (4B), metraj ve maliyet (5B), sürdürülebilirlik (6B) ve yaşam döngüsü/tesis yönetimi (7B) şeklinde sınıflandırılmıştır. Ek olarak, üç yeni boyut da tanımlanmaktadır: tasarım ve yapım aşamasında güvenlik (8B), yalın inşaat[100] (9B) ve inşaatın sanayileşmesi (10B). Tüm bu elemanlar bir BIM Seviye 2 veya Seviye 3 modelinde bulunabilir.

[100] Uçtan uca tasarım ve inşaat sürecinde yalın üretim ilkeleri ve uygulamalarının benimsenmesiyle tasarım ve inşaatta operasyonel araştırma ve pratik geliştirmenin bir birleşimidir. İmalattan farklı olarak inşaat, proje bazlı bir üretim sürecidir. (Wikipedia, 2013)



Şekil 4.66 BIM boyutları (ACCA Software, 2019)

Detay Seviyesi, Gelişim Seviyeleri veya Model Tanım Seviyesi

LoD (*Level of Detail, Level of Development, Level of Model Definition*):

LoD kavramı, yeni yapıların farklı aşamaları boyunca hem modelin hem de bilginin nasıl tanımlanıcağı ifade eden BIM insiyatifleri ve ilgili uzmanlar tarafından hazırlanmış BIM sınıflandırmasıdır. Bu kavramın açılımı AEC UK (Birleşik Krallık Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat) ve RIBA (Britanyalı Mimarlar Enstitüsü) tarafından LoD1, LoD2, LoD3, LoD4, LoD5, LoD6 ve LoD7 aralığında *level of detail*, AIA (Amerikan Mimarlar Enstitüsü) tarafından LoD100, LoD200, LoD300, LoD400 ve LoD500 aralığında *level of development* olarak kullanıldığı için bu konuda araştırma yaparken ciddi kafa karışıklığına sebep olabilmektedir. Sistem tarihi yapılara yönelik değildir ancak yapısal sistem, uygulama aşamaları ve ayrıntı düzeyini tanımlamak ve iletmek için kullanılabilmektedir. (Antonopoulou & Bryan, 2017) (RIBA, 2020) Bu seviye eşleştirmesi LoD 2 / 100 (AEC UK-RIBA / AIA) şeklinde formülize edilemektedir. (Evolve Consultancy, 2014). İtalya bağlamında LoD A'dan G'ye göre kodlanmış yedi LoD, BIM yaklaşımının hem yeni yapılara hem de tarihi eserlere uygulanmasını sağlayarak, önceden bilinen bir sistemi ifade eden LOD F'yi tanımlamakta; herhangi bir zaman diliminde gerçek varlığın güncellenmiş sanallaştırmasını ifade eden LOD G'yi sunmaktadır. Yeni yapı ve mevcut miras alanları arasında bilgi açısından bir

eşdeğerlik düzeyine ulaşmanın mümkün olması gerçekçi olmadığından mümkün olduğunca çok bilgi sağlamak "as-built" kavramını "as-is" kavramından ayrılması gereklidir. (Carnevali, Lanfranchi, & Russo, 2019)

Amerikan standartlarında LoD ağırlıklı olarak proje süreçlerini tanımlamaya yöneliktir. Yani geometrik ve geometrik olmayan bilgilerin proje süreci planlamasına göre geri plandadır. Birleşik Krallık standartlarına göre LoD, Ayrıntı Düzeyi ve Bilgi Düzeyinin iki ayrı bölümünü içeren *modelin tanım seviyesi (Level of Model Definition, LoMD)* anlamındadır. Ayrıntı düzeyi, her aşamadaki grafik içeriğinin açıklamasını temsil ederken, bilgi düzeyi geometrik olmayan içeriğin açıklamasını temsil eder. İtalyan standardı, LoD'yi *nesnelerin gelişim düzeyi* olarak tanımlar. Geometrik ve bilgi niteliğine göre sınıflandırır. Üç standart grubuna bakıldığında hiyerarşiler genellikle tasarım odaklı olmaktan çok nesne yönelimlidir; geometri ve bilgi düzeyinde ise nesne iyileştirmeye odaklanılmıştır. Birleşik Krallık tarafından 7 seviye, ABD tarafından 5 seviye ve İtalya tarafından 7 ayrı seviye tanımlandığı için seviyeler arası detay farkı karşılaştırmalı olarak Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.11 Ülkelere göre LoD seviyeleri ve alt seviyeleri

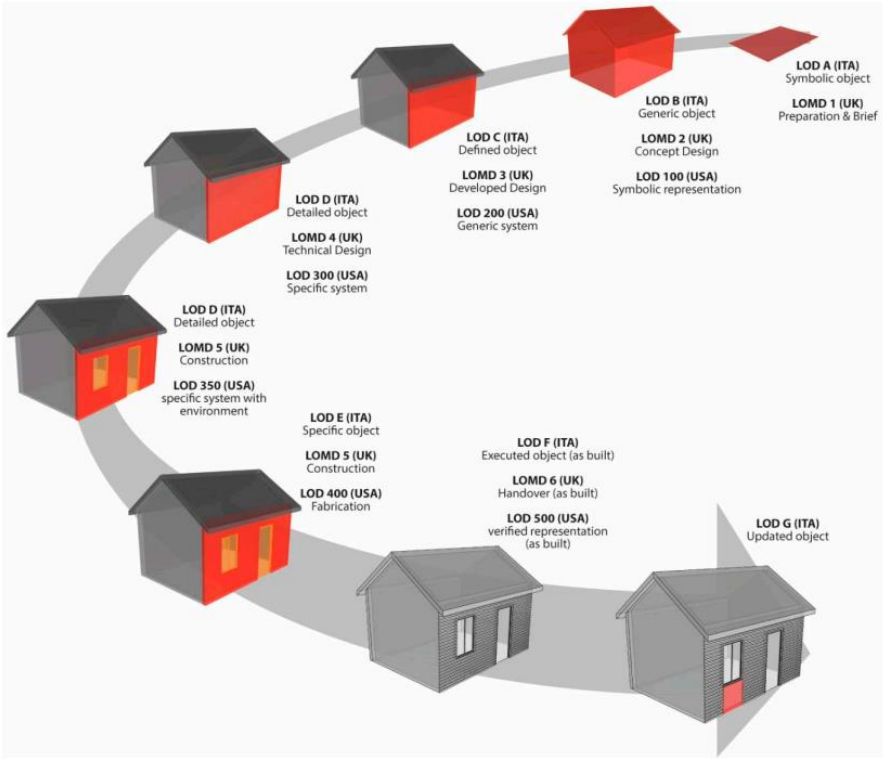
(Karlapudi, Valluru, & Menzel, 2021)

Ülke	**LoD kelimesinin karşılığı**	**Alt Başlıklar**	**Alt Seviyeler**
ABD	Gelişim Seviyesi *Level of Development (LoD)*	LoD: *As Designed*	LoD100, LoD200, LoD300, LoD400
		LoD: *As Built*	LoD 500
Birleşik Krallık	Modelin Tanım Seviyesi *Level of Model Definition (LoMD)*	LoD: *Level of Detail*	LoD1, LoD2, LoD3, LoD4, LoD5, LoD6
		LoI: *Level of Information*	LoI1, LoI2, LoI3, LoI4, LoI5, LoI6
İtalya	Nesnelerin Gelişim Seviyesi *Level of Development of Objects (LoD)*	LoG: *Level of Geometry*	LoG A, LoG B, LoG C, LoG D, LoG E, LoG F, LoG G,
		LoI: *Information Objects*	LoI A, LoI B, LoI C, LoI D, LoI E, LoI F, LoI G,

Türkçeye bu kavramlar bütüncül olarak ele alınıp kazandırılmadığı ya da kabul oluşturulmadığı için çeşitli akademik yayınlarda bile LoD alt başlıkları iç içe geçmiştir. LoD, temelde geometrik ve geometrik olmayan verilerin seviyesi ve doğruluk düzeyini ifade etmektedir. ABD, Birleşik Krallık, İtalya, Hollanda, Danimarka vb. ülkelerde gelişim seviyesi, ayrıntı seviyesi, geometri seviyesi, bilgi seviyesi, eksiksizlik seviyesi, güvenilirlik seviyesi vb. açılımlar LoD için benzer tanımlar getirmektedir. LoD seviyeleri projeye, konuma ve organizasyona göre ön gereksinim sağlamaktadır. (Karlapudi, Valluru, & Menzel, 2021) (Ellis, 2020)

Tablo 4.12 Ülkelere göre LoD seviyeleri kapsam karşılaştırması

Kaynaktaki tablodan Türkçe'ye aynen aktarılmıştır, üst başlıklara göre renklendirilmiştir. (3DSCAN Smart Surveying, 2020) *Ön çalışma ve ekonomik fizibilite*, Belirli/Kesin Seviye**, Yönetsel Seviye***, As Built Seviyesi****, Gerçek ve Tarihsel Durum"*		
ABD (LoD 100 - LoD 500) **AIA G202-2013**	**Birleşik Krallık (LoD 1 - LoD7)** **PAS 1192-2: 2013**	**İtalya (Lod A - LoD G)** **UNI 11337-4: 2017**
	LoD 1* Bilgi aktarımı: istenen performanslar, referans performanslar, bağlamsal kısıtlamalar.	**LoD A*** Gerekirse 2B veya hatta 3B'de sembolik temsil. Geometrik kısıtlamaları ifade etmez. Niteliksel ve niceliksel özellikler tamamen gösterge niteliğindedir.
LoD 100* Modelin bu gelişim düzeyine sahip unsurları, genel olarak şekil, uzantı veya konum bakımından mutlaka sadık olmayan bir sembolle temsil edilebilir. Bunlar yaklaşık bir yaklaşımdır, sadece grafiktir.	**LoD 2*** İlk ihtiyaçlara cevap veren ve ilk proje geliştirmeyi ve ilk analizleri ve maliyet tahminlerini yapmak için kullanılan model.	**LoD B*** Genel geometrik temsil veya yük geometrisi. Niteliksel ve niceliksel özellikler yaklaşıktır.
LoD 200* Modelin bu gelişim düzeyine sahip unsurları, kendilerine ekli belgelere bağlantılar olarak hareket etme olasılığı ile şekillerine, boyutlarına ve konumlarına yaklaşan genel sistemleri temsil eder.	**LoD 3**** Daha önce belirlenen ve ilk analizlerden kaynaklanan stilistik ve teknik gereksinimlere tam olarak cevap veren boyutsal olarak doğru model. İçerdiği bilgiler kesin analizler yapmak için kullanılabilir. Bu seviyede, ilk tahminleri bir sözleşme bütçesi tanımlamak için faydalı hale getirmek mümkündür.	**LoD C**** Tanımlanmış geometrik temsil. Niteliksel ve niceliksel özellikler genel bir şekilde tanımlanmıştır. Tüm benzer varlıklar için geçerlidir.
LoD 300** Modelin bu gelişim düzeyine sahip unsurları, şekil, miktar, boyut ve konum ile tanımlanır ve bunlara ekli belgelere bağlantı olarak davranma olasılığını korur.	**LoD 4**** Gerekli izinleri almak için ilk kontroller için kullanılan boyutsal olarak doğru model. Bu seviyedeki bilgiler, herhangi bir dış uzman teknisyenin katılımına izin verir ve şirketlerin bir teklif sunabilmelerini sağlar.	**LoD D**** Ayrıntılı geometrik gösterim. Niteliksel ve niceliksel özellikler, birçok benzer ürüne özgüdür. Montaj ve bakım için yararlı bilgiler eklenir.
LoD 350** Modelin bu gelişim düzeyine sahip öğeleri, ilişki parametrelerini projede bulunan diğer öğe kümeleriyle de bütünleştirebilmeleri bakımından önceki LOD 350'den farklıdır; Bu şekilde, karşılıklı mesafeler, yolların veya bileşenlerin uzunluğu, kısıtlamalar ve saygılar, atıfta bulunulmadan doğrudan model tarafından ölçülebilir.	**LoD 5***** Şirketler ve uzman teknisyenler için alt sözleşme sözleşmelerini içeren geometrik olarak doğru model. Bilgiler ayrıca çeşitli bileşenler için kurulum talimatlarını da içerir.	**LoD E***** Özel geometrik temsil. Niteliksel ve niceliksel özellikler tek bir sisteme özgüdür. Üretim, montaj ve kurulum ile ilgili bilgiler vardır (ayrıca bakım için de yararlıdır).
LoD 400*** Bu gelişim düzeyine sahip model öğeleri şekil, miktar, boyut, konum, montaj detayları, kurulum talimatları ve üretim özellikleri hakkındaki verileri içerir.	**LoD 6****** Bu aşamada, inşa edilen işin durumu ve bakımı için gerekli bilgiler hakkında bilgi toplanır.	**LoD F***** Yapılanlara özgü geometrik gösterim. Niteliksel ve niceliksel özellikler, döşenen ürüne özgü özelliklerdir. İşin tüm yaşam döngüsü için geçerli olan üretim, montaj ve kurulumla ilgili bilgiler (bakım için yararlı olduğu kadar) vardır.
LoD 500*** Modelin bu gelişim düzeyine sahip unsurları, şekil, miktar, boyut ve konumla ilgili verileri doğrulayarak yerinde doğrulanmıştır.	**LoD 7"** Sahiplik değişikliklerinden başlayarak performansa, koşullara ve bakım sırasında kaydedilen diğer her şeye ilişkin verilerle sona kadar yapılan değişiklikleri içeren ek kayıtlar.	**LoD G"** Belirli bir nesnenin belirli bir tarihsel temsili. Nitel ve nicel özelliklerini işleri önceki duruma göre koydu ve güncel ürün için özel olanlardır. İşin tüm yaşam döngüsü için geçerli olan yönetim, bakım ve / veya onarım / değiştirme ile ilgili bilgiler vardır. Nesnenin bozulma seviyesi de kaydedilir.

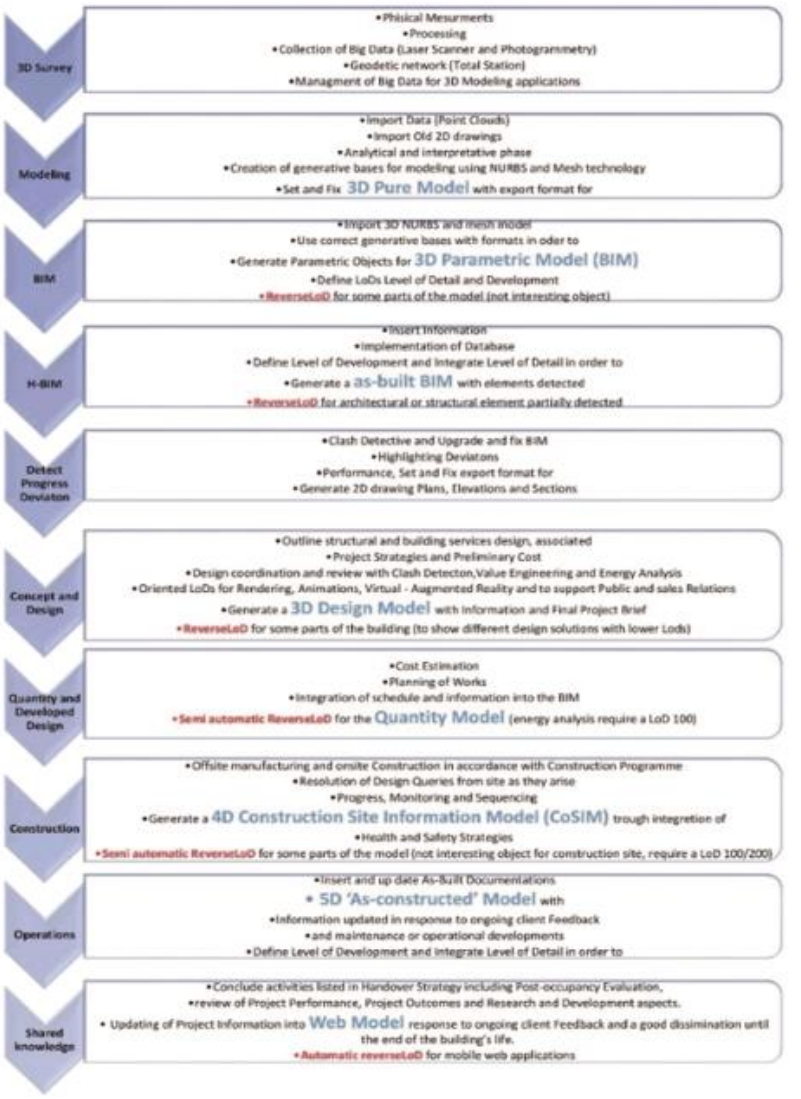


Şekil 4.67 Göreceli karşılaştırma ile İtalya, İngiltere ve ABD bağlamlarında ayrıntı düzeyi (LOD) ilerlemesi

(Carnevali, Lanfranchi, & Russo, 2019)

Banfi (2016), tarihi yapı çözümlemesi mantığında LoD kullanımını ReverseLod (Tersine LoD) ve MixedLoD (Karma LoD) olarak tanımlamıştır. Kültürel miras kapsamında yapılacak çalışmaların LOD 300 ve 500 düzeylerinde olduğunu belirtmektedir. Genellikle LoD 300 modeller, yeni yapıların yönetmek için ideal seviyedir. Fakat mevcut ve tarihi yapılar için doğru bir LoD tanımlamak zordur. Bir lazer tarayıcı ile yapılan dijitalleştirme işleminde yapının malzeme, eleman, yapım tekniği, dekoratif öğeler vb. tanımlanmaz. Mimari ve arkeolojik mirasın korunması ve onarımı için invazif olmayan metodolojilerin kullanılması gerekmektedir. Bitim yüzeyinden iç yüzeyine (yapım sistemine, çekirdeğine) doğru tanımlanın veriler ortaya çıktıkça işlenmesi gerekir. Raspa veya çürütme mantığında düşünülebilir. Yıkıcı (karot vb. sondaj işlemleri) veya agresif yöntemlerle kullanılamaz. Tarihi yapı restorasyonundan yıllar sonra bile veriler çıkabilmektedir. Bu nedenle genelde BIM geliştiricisi ve müşteri arasında yapılan sözleşmede bütüncül bir LoD seviyesi belirlenmesi mümkün değildir. Model farklı

LoD'lere sahip olabilir. Erişilen bilgi, ulaşılan katman anlamında ReverseLOD 300 gibi bir tanıma gidilebilir. (Banfi, 2016) (Brumana, ve diğerleri, 2018) (Brumana, Stanga, & Fabrizio, 2022)



Şekil 4.68 BIM yaşam döngüsündeki farklı model türleri (Banfi, 2016)

LoD haricinde LoG-LoI-LoA ve GoG-GoI-GoA tanımları mevcuttur. Bu tanımların birbiriyle karıştırılmaması için ek başlık olarak açıklama yapmaya ihtiyaç duyulmuştur.

BIM yeni yapılar üzerine geliştirilmiş bir model olduğu için model veya çizimleri *as-design, as-constructed, as-built, as-is, as-manufectured, as-assembled* durumlarıyla tanımlamaktadır. *As-design* (tasarlandığı gibi?) yapı inşaatı

başlamadan önce tasarlanan yapıyı, hazırlanan çizim, model ve analizleri ifade etmektedir. *As-constructed* (inşa edildiği gibi?), inşaat sırasında meydana gelen ve tasarlanan arasındaki sapmayı tanımlayan model durumudur. Model ve ekli dokümantasyonu, inşaat ilerledikçe yeniden ölçüm yoluyla sürekli olarak güncellenmektedir. *As-built* (yapıldığı gibi?) proje sonunda inşaat esnasında tasarlanan ve inşa edilen arasındaki sapmayı tanımlayan çizim ve dokümantasyondur. (Designing Buildings, 2022) *As-manufectured* veya *as-assembled* yüklenicilerin modeli, modelin tasarımcıları veya proje müellifinden bağımsız güncellendiğini tanımlayan ifadedir. Mevcut yapılar için projelendirme ve tespit söz konusu olduğunda *as-is* (olduğu gibi?) terimi kullanılmaktadır. *As-is* genelde el ile ölçüm değil lazer tabanlı üç boyutlu ölçüm cihazlarıyla elde edilen dijital rekonstrüksiyonu ilk adım olarak tanımlamaktadır. Bazen *as-is* ve *as-built* kelimeleri birbirlerinin yerine kullanılabilmektedir. (Wang & Xiong, 2021) Banfi ve arkadaşları *as-found* (bulunduğu gibi?) terimiyle restorasyon ve konservasyon planı yapılmadan önce erişilen tüm verilerin toplandığı modelin durumunu ifade etmiştir. (Şekil 4.89)

Amerikan Mimarlar Enstitüsü LoD kavramını geometri ve bilgiyi birlikte tanmlayan LoD100-500 olarak beş adımda ele almaktaydı. Bu model aşamaları hem model içeriğini hem de model kullanımını ifade ettiği için bu iki değerin sınırlarını bulanıklaştırmaktadır. Aslında, LoD 500 bir ayrıntı düzeyinden çok bir bileşenin *as-built* gerçek durumu tanımlamaktadır. LoD kavramı mevcut ve tarihi yapı bilgi modellerinin de gelişim seviyesini pek açıklayamamaktadır. Bu nedenle LoD altyapısı LoI (*Level of Information*), LoG (*Level of Geometry*), LoA (*Level of Accuracy*) ve LoC (*Level of Coordination*) alt seviyelerinin tanımlanmasıyla daha çok beslenmiştir. Bu kavramların çıkışı ve ülkelere göre gelişimiyle ilgili Şekil 4.60'tan faydalanabilinir.

Bilgi seviyesi (*Level of Information, LoI*): BS EN ISO 19650:2018 'e göre bilgi ihtiyacının düzeyini, bilginin niteliği, miktarı ve tanecikliliği olarak tanımlar. Farklı projelere ve tasarım aşamalarına bağlı olarak, bilgiler geometrik bilgilerden alfasayısal bilgilerden dokümantasyona kadar değişebilir. Bilgi gereksinimlerinin

tanımı, geometrik gösterimin tanımından çok daha karmaşıktır ve çoğu durumda, LOG 100 gibi genel bir gruplama kullanılması mantıklı bulunmaz. Teslim edilecek her proje bilgisinin amacına göre şekillenmesi gereklidir. Bir nesne modelinin özellikleri her şeyi kapsayabilir: fiziksel boyutlar, malzeme, üretici, maliyet gibi nesne özellikleri veya, projeye veya faza özgü özellikleri de içerebilir. (Catenda, 2022)

Geometri Seviyesi (*Level of Geometry, LoG*): Bu tanım, sanal bileşenlerin geometrik detay derecesini açıklamaktadırr. Uluslararası olarak genellikle LoG 100 ile LoG 500 arası adımlarla belirtilir ve ilgili sembollerle gösterilir. (BIMpedia)

Geometri seviyesini tanımlamak için uluslararası bir standart yoktur, ancak bugüne kadar en çok kullanılan Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün (AIA belgesi G202-2013) tanımıdır. AIA LoD tanımı geometri ve bilgiyi beş LoD 100 ile LoD 500 gruplarında birleştirmiştir. Bu tanımlar model içeriği ile birlikte model kullanımını da yansıtmaktadır. LoD 500 ayrıntı düzeyinden çok *as-built* tanımı yapmaktadır. Bu da içerik ve model kullanımı konusunda anlam karmaşasına neden olduğu için geometrik dereceler ayrıca değerlendirilmeye başlamıştır. (Planone, tarih yok)

Doğruluk Seviyesi (*Level of Accuracy, LoA*): Çizimler genelde 2B veya 3B olarak yapı verilerini ortogonal olarak temsil etmektedir. Gerçek dünyadaki koşullar aslında modellendiği kadar ortogonal değildir. Veri yakalama yoluyla elde edilen doğruluk düzeyinin, yakalanan veriler işlendikten sonraki doğruluk düzeyinden farklı olabilmektedir. LoA proje hedeflerinin ve belgelenecek unsurların belirlenmesine, sonuçlar raporlama şeklinin belirlenmesini, sonuçların doğruluk düzeyinin belirlenmesine ve doğrulama yönteminin formüle edilmesini sağlamaktadır. LoA'da tanımlandığı şekilde gereken doğruluğu elde etmek için uygun prosedürler ve ekipman seçilmelidir. LoA, LoD ile karışmamak için iki basamaklı sınıfandırılmıştır: LoA10-LoA50. (USIBD, 2016)

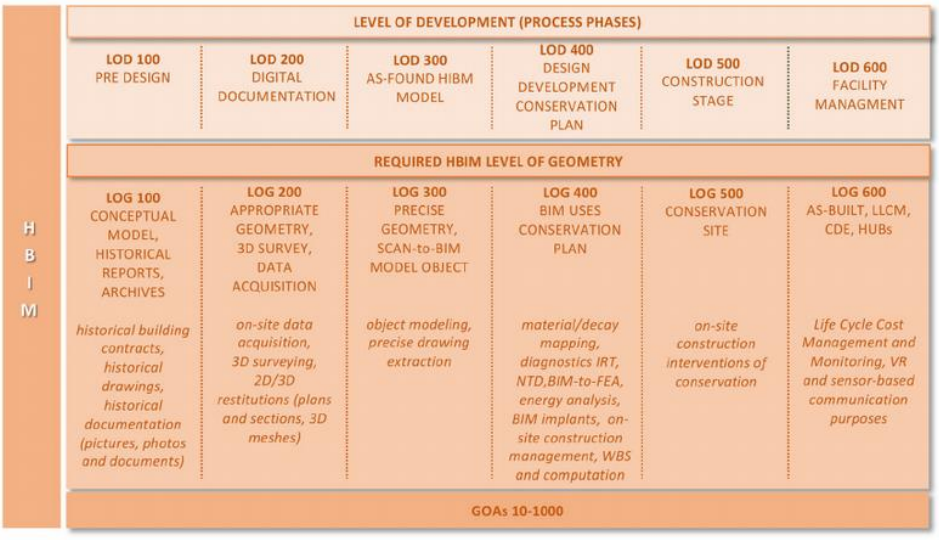
Level	Upper Range	Lower Range
LOA10	User defined	5cm *
LOA20	5cm *	15mm *
LOA30	15mm *	5mm *
LOA40	5mm *	1mm *
LOA50	1mm *	0 *

**Specified at the 95 percent confidence level.*

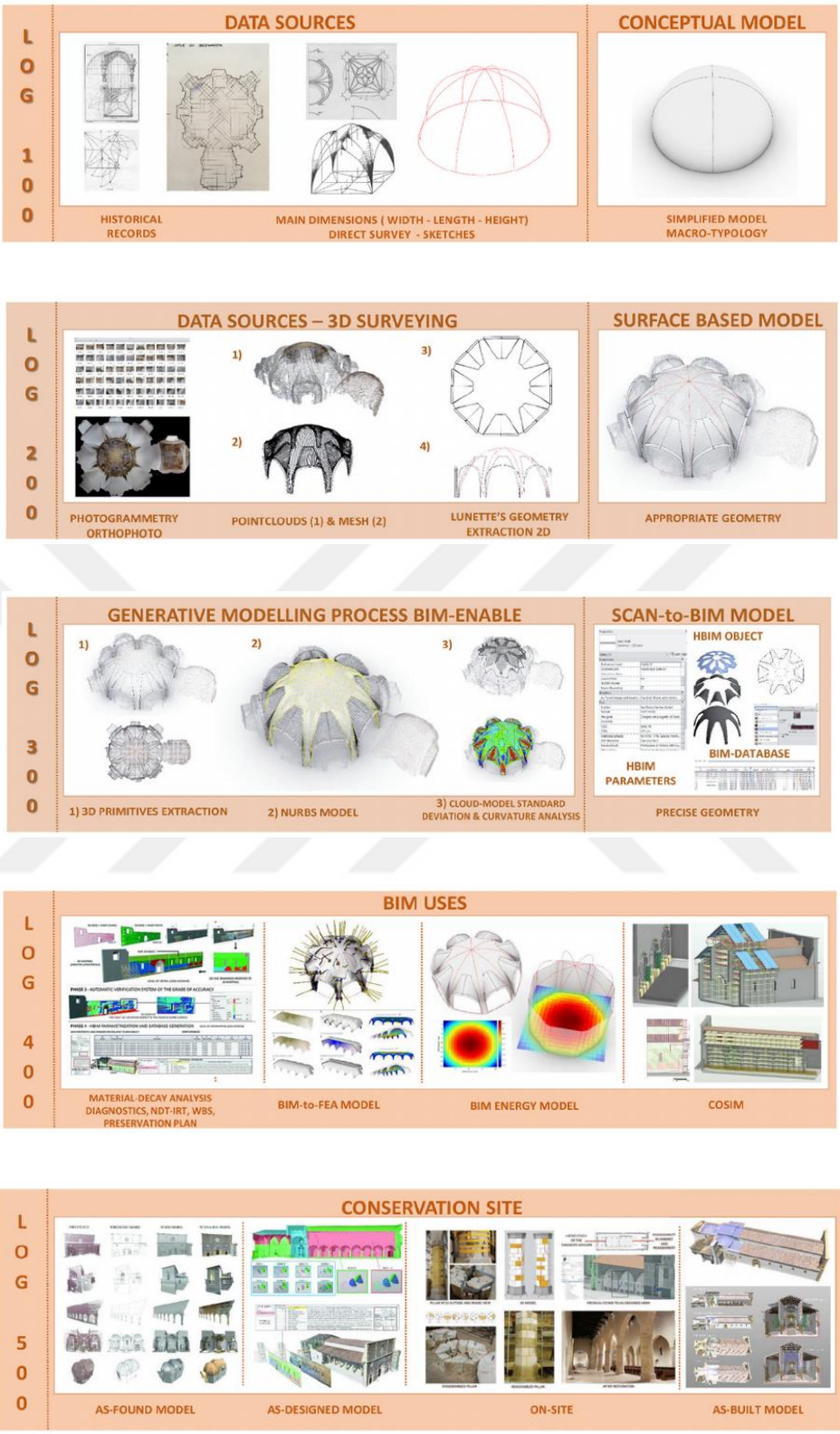
Şekil 4.69 LoA dereceleri (USIBD, 2016)

Koordinasyon Seviyesi (*Level of Coordination, LoC*) bileşenlerin koordinasyon derecesini belirtir. Bileşenlerin çakışmadığı, montaj ve bakım için uygunluğuna bakılıp kalite kontrol önlemleri sırasında model incelemesinin türüne bağlı olarak kusurlu elemanlar sorunlu olarak işaretlenmektedir. Kısmi veya toplam modelin tüm unsurları kritik olmayan olarak sınıflandırıldığı inşaat olgunluğu için koordinasyon seviyesi belirtilmektedir.

GoG-GoA-GoI dereceleri **4.2 Görselleştirme ve Etkileşim: Dijital Sunum ve Çıktı** bölümünde ele alınmıştır. GoG-GoA-GoI dereceleri, farklı uzmanların ilgili olduğu analizler için gerekli aşamaları temsil ederken, LoD-LoI-LoG-LoA-LoC'ler BIM Tasarımı, Şantiye BIM İzleme, Koruma Planı için BIM, BEM (Enerji Analizi), Tesis Yönetimi için BIM, Altyapı için BIM, alanları için özel gereksinimleri tanımlamaktadır.



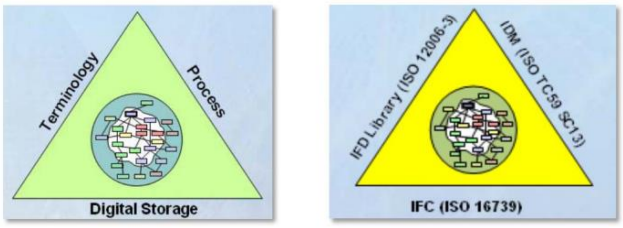
Şekil 4.70 Mimari miras için HBIM LoG ve LoD önerileri (Brumana, Stanga, & Fabrizio, 2022)



Şekil 4.71 HBIM LoG Seviyeleri (Brumana, Stanga, & Fabrizio, 2022)

Sınıflandırma

Bir bilgi akışının sağlanabilmesi için temelde üç temel ayağa sahip olunmalıdır: Bilgi alışverişi biçimi (dijital depolama), değiş tokuş edilecek bilginin seçilmesi ve değişim zamanının belirtilmesi (işlem), değiş tokuş bilgilerin nelere karşılık geldiğini gösteren bir standart anlayış (terminoloji). Bu temel ayaklarla ilgili standartlar aşağıda açıklanmıştır: (Annex, 2015)

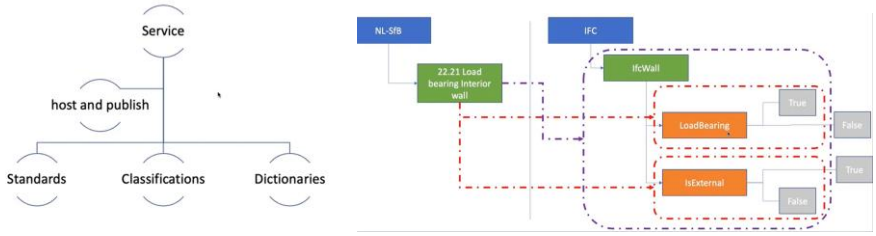


Şekil 4.72 IFD-IDM-IFC İlişkisi (Annex, 2015)

IFC (*Industry Foundation Classes*), buildingSMART tarafından geliştirilen uluslararası arası açık standart/şemadır (ISO 16739-1: 2018). Tüm BIM yazılımlarında okunabilen ve farklı disiplinlerin farklı BIM araçları ile ürettikleri model/veri transferine olanak sağlayan ortak bir dosya formatıdır. IFC şeması, buildingSMART International'ın *openBIM* hareketini destekleyen bir ürünüdür. (buildingSMART, 2022)

IFD (*International Framework for Dictionary*), kavramların/terimlerin anlamsal olarak tanımlandığı ve benzersiz bir kimlik numarası verildiği açık terminoloji standardıdır. IFD kütüphanesi (*IFD Library*), ISO v ICIS tarafından 1990'ladan günümüze kadar kabul görmüş uluslararası standartlardan oluşturulmuştur. ISO TC59/SC13/WG6, ISO 12006-3 yayınlarda sıkça öz edilen standartlardır. IFD grubu buildingSMART International'ın bir üyesidir. (Annex, 2015)

IDM (*Information Delivery Manual*) ya da IDS (*Information Delivery Specification,* Bilgi Dağıtım Şartnamesi), inşa edilmiş bir varlığın yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirdiği/gerçekleştireceği işlemleri ayrı tanımlamak ve bunları gerçekleştirmek için gereken bilgileri ayrıntılandırmak için kullanılan belgelerdir. (Designing Buildings, 2020)



Şekil 4.73 bSDD şeması ve IFC ile ulusal bir yapı elemanları sınıflandırılmasına ait terimlerin haritalanması (buildingSMART, 2022)

bSDD (buildingSMART Data Dictionary, BuildingSMART Veri Sözlüğü) ulusal sınıflandırmaları (Uniclass, Omniclass, Uniformat, Master format, MINnD, NL/SfB vb.) ve özelliklerini (ilişki, kütüphane vb), ulusal standartları, alana özgü veya proje bazlı standartları, proje veya şirket bazında sözleşmeleri, çevirileri, birimleri barındırabilen çevrimiçi bir servistir. BIM modelleyicileri, modellerini zenginleştirmek ve verilerin geçerliliğini kontrol etmek için bSDD'yi kullanmaktadır. bSDD, IFD tabanlıdır. (buildingSMART, 2022) (The NBS, 2022) (BIM Teknoloji, 2019)

Coğrafi Veri

Genel standartlar ortak ve tekrarlanan kullanım için tanım, kural veya rehber olarak tasarlanmış teknik belgeleri ifade eder fakat GIS standardı coğrafi verilerle çalışmak, erişmek, katmanları birleştirmek ve paylaşmak üzere tasarlanmış teknik bir belgedir. İçerik, veri kalitesi, erişim ve kullanım hakları dahil olmak üzere coğrafi bilgilerin ve ilişkili hizmetler ISO19115 meta veri standardında açıklanmaktadır. Federal Coğrafi Veri Komitesi (FGDC) tarafından tanımlanan CSDGM (Dijital Coğrafi Meta Veriler için içerik Standardı) artık geçerli değildir; 2010 yılı itibariyle yerini ISO19115'e bırakmıştır. (GIS Standards, 2022) ISO standartlarında 191.. ile başlayan standartlar genel olarak coğrafi bilgi sistemleri ile ilgilidir. Türk Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü uzaktan algılama laboratuvarları, kuruluşları ve yayınları derlediği web sayfası da bulunmaktadır. (MTA, tarih yok)

GML (*Geography Markup Language*), OGC tarafından coğrafi özellikleri ifade etmek amacıyla hazırlanan XML tabanlı dildir. GML, coğrafi sistemler için bir

modelleme dili ve web ortamında coğrafi işlemler için açık bir değişim biçimi olarak kullanılabilmektedir.

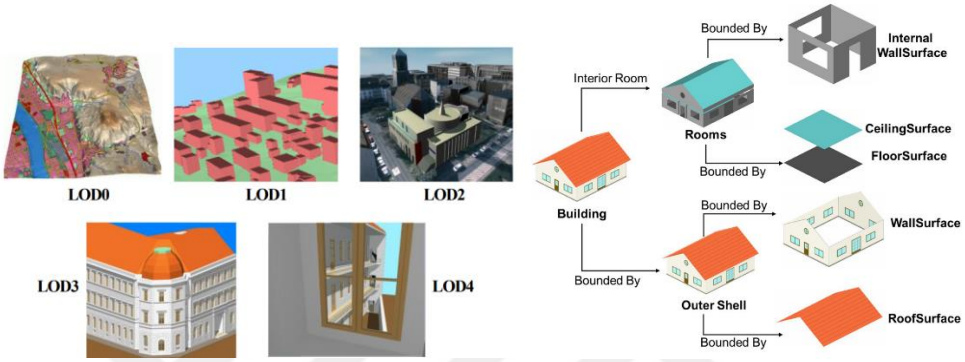
City GML (City Geography Markup Language), sanal 3B şehir modellerinin temsili, depolanması ve değişimi için kavramsal bir model ve değişim biçimi tanımlar. (OGC: Open Geospatial Consortium) XML tabanlı açık veri formatında geliştirilmiştir. CityGML sayesinde nesnelerin geometrik, semantik ve topolojik bilgilerini içeren verilen görselleştirilebilir, sorgulama ve analiz yapılabilir. Semantik bilgiler sayesinde nesnelerin hem konum hem de tematik bilgileri elde edilebilir. Tematik sınıfların çoğu _Feature[101] ve _FeatureCollection temel sınıflarından, uzamsal nesnelerin ve bunların kümelerinin temsili için ISO 19109 ve GML3'te tanımlanan temel kavramlardan türetilmektedir. Tematik model ayrıca genellemeler ve ilişkiler gibi özellik sınıfları arasında farklı türde ilişkiler içerir.

CityGML veri modelinde, sanal üç boyutlu şehir modelleri için en önemli ve gerekli nesne türlerine modülerleştirme uygulanmaktadır. CityGML veri modeli, tematik olarak bir çekirdek modül ve tematik genişletme modüllerine ayrıştırılmıştır. Çekirdek modül, CityGML veri modelinin temel kavramlarını ve bileşenlerini içerir. Çekirdek modüle dayandırılmış olarak her uzantı, sanal 3B şehir modellerinin belirli bir tematik alanını kapsar. Uygulamalar, CityGML uzantı modüllerini kendi özel bilgi gereksinimlerine veya uygulama alanına göre çekirdekle birlikte birleştirmeyi seçebilir. CityGML 2.0 sürümü için, aşağıdaki on üç tematik genişletme modülü tanımlanmıştır: görünüm (*apperance*), köprü (*bridge*), yapı (*building*), kent mobilyası (*cityfurniture),* kent obje grubu, (*cityobjectgroup*), *generics*, alan kullanımı (*landuse)*, rölyef (*relief*), ulaşım (*transportation*), tünel (*tunnel*), bitki örtüsü (*vegetation*), su kütlesi (*waterbody*) ve tekstürlü yüzey (*texturedsurface*). texturedsurface kullanımdan kaldırılmıştır. Enerji simülasyonları için genelde CityGML Yapı Modülü dikkate alınmaktadır. CityGML ayrıca farklı yapı elemanlarını tasvir etmek için yüzey geometrisi temsilini kullanır. CityGML uyumlu uygulamalar, çekirdek modül (*core module*)

[101] **4.2 Görselleştirme ve Etkileşim: Dijital Sunum ve Çıktı** başlığında örneklenmiştir.

ile bağlantılı olarak herhangi bir genişletme modülü kombinasyonunu destekleyebilmektedir.

CityGML, ayrıntı seviyelerini verimli görselleştirdiği ve veri analizini kolaylaştırdığı için desteklemektedir. CityGML 3.0 spesikasyonunda tanıtılan 5 adet LoD vardır. Bir veri kümesinde aynı nesneyi aynı anda farklı LOD'larda temsil edilebilmektedir.



Şekil 4.74 CityGML tarafından tanımlanan LoD seviyeleri (Google Görseller, 2021) (Malhotra, Raming, Frisch, & van Treeck, 2021)

LoD0, üzerine bir hava görüntüsünün veya bir haritanın örtülebileceği iki buçuk boyutlu (2.5 B) bir dijital arazi modeli(d*igital terrain model*)dir. Yapı alanı, yüksekliği ve çatı (ayak izi veya çatı kenarı poligonları ile) LoD0'da gösterilebilir. Yapı modeller en düşük doğrulukla bölgesel ve peyzaj ölçeğinde temsil edilir. Altyapı ve şehir mobilyaları (trafik ışığı, pano, bank vb.) hakkında bilgi içermez. LoD1, yapıları düz çatılı olarak gösteren tek bir geometri bloğunda temsil etmektedir. Yapı hacmi, yapı yüksekliği ve çatı alanı hesaplanır. LoD2'deki bir yapı LoD1 modelinin ayrıntılı çatı bilgisini ve tematik olarak farklılaşmış sınır yüzeylerini temsil etmektedir. Çatı bilgisi, enerji simülasyonu ve yapının gerçek hacmini hesaplayabilmek için önemlidir. Genelde LoD2 ile temsil edilen şehirlerde enerji ilgili analizler yapılmaktadır. LoD3, yapıların kütlesel hareketliliklerini, ayrıntılı çatılarını ve pencere, kapı açıklık gibi elemanları gösteren mimari modellerdir. LoD3 modelleri, yapıları dış cephe ve peyzaj ölçeğinde göstermek için

kullanmaktadır. LoD4, yapıların iç ortamının iç kapı, merdiven, tefriş gibi elemanlarla detaylandırıldığı LoD3 modelini ifade etmektedir. Bu detaylı model, simülasyonlar için kullanılmaz. Son kullanımlarda LoD4, CityGML 3.0'dan da çıkarılmış; gerekli tüm LoD'larda iç ortamın gösterimine izin verilmiştir. (Matrone, ve diğerleri, 2020) (OGC: Open Geospatial Consortium) (Malhotra, Raming, Frisch, & van Treeck, 2021)

Nokta Bulutu

Nokta bulutlarının statik ve dinamik olma durumu, verinin edilme şekli (video tabanlı nokta bulutu, geometrik tabanlı nokta bulutu gibi) ve yapısal durumlarıyla ilgili bilgiler ISO/IEC 23090 başat kodlu standartlarda tanımlanmıştır. Fakat inisiyatiflere aracılığıyla da çeşitli standartlar üretilebilmektedir. Nokta bulutu türü, dosya türü veya biçimiyle değil temel verilerle ilgilidir. Bu konu **4.2.1 Üç Boyutlu Verinin Medyaya Bağlanması** başlığında detaylıca açıklanmıştır. Elde edilen cihaz ve nokta bulutlarının yorumlanma biçimine göre birçok nokta bulut dosya formatı vardır. En çok kullanılanlar dosya formatları BIN, PCD, PTX, OBJ, PLY, XYZ, RCS, RCP ve E57 olarak sıralanmaktadır. Bu dosya formatları içeriği yüzey, eleman, köşe (vertex), serbest eğri, poligon gibi geometrik tanımları desteklemelerine göre değişiklik göstermektedir. Nokta bulutu dosya türleri arasındaki en büyük fark ASCII (7li sistem XYZNRGB) ve ikili sisteminin (binary-bilgisayar dili gibi 1010…) kullanımıdır. E57[102], verileri hem ikili hem de ASCII'DE depolar ve her ikisinin de faydalarının çoğunu tek bir dosya türünde bir araya getirmektedir. (INCEPTION, 2018) (Thompson, 2018) (Point Cloud Library, tarih yok) (CloudCompare, 2022)

[102] http://www.libe57.org/

Tablo 4.13 Seçili örnekler üzerinden nokta bulutların özellikleri

(CloudCompare, 2022) (PointCab, 2021)				
Tür / Dosya Uzantısı	**Açıklama**	**İkili/ASCII**	**Yapılandırılmış (S) / Yapılandırılmamış (U)**	**Özellikler**
ASCII / .asc,.txt,.xyz,.neu,.pts	ASCII formatı (X,Y,Z, vb	ASCII	*.pts, *.xyz | U	Normaller, renkler (RGB), tüm skaler alanlar
BIN / .bin	CloudCompare formatı	İkili	U	Normaller, renkler (RGB), skaler alan (>1), etiket, görüş alanı, görüntü ayarı vb.
E57 / .e57	ASTM E57 formatı	İkili ve ASCII	U ve S	Normaller, renkler (RGB or I), skaler alan (yoğunluk)
FARO / .fls, .fws	FARO formatı	İkili	*fls. | S	Skaler alan (yansıyan değer)
OBJ / .obj	Wavefront mesh	ASCII	U	Normaller, malzemeler ve tekstürler
PCD / .pcd	Point Cloud Library formatı	İkili	Net bilgi bulunamadı	Renkler (RGB), normaller, skaler alan (>1)
PLY / .ply	Stanford 3B geometri format (bulut veya ağ)	İkili ve ASCII	Net bilgi bulunamadı	Normaller, renkler (RGB veya I), bir veya çoklu skaler alan, tek tekstür
PTX / .ptx	LEICA formatı	ASCII	S	Sağlam normaller yükleme zamanında hesaplanabilir
RASTER / .geotiff, vb.	Ortak raster formatlar (GDAL)	İkili	-	Katmalar (skaler alan gibi)
2B imajlar / .jpg, .png, .bmp, vb.	Standart imajlar	İkili	-	-

DIS Group (*Distributed & Interactive Systems Group*), FGDC (*Federal Geographic Data Committee*), OGC (*Open Geospatial Consortium*), ANSI (*American National Standards Institute*), ISO (*International Organization for Standardization*), IEC (*International Electrotechnical Commission*), ASTM (*American Society for Testing and Materials*), IHO (*International Hydrographic Organisation*), ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) GIS ve nokta bulutu üzerine çalışan kurumlardır.

4.4.3.2 Miras Verisi Standartları ve İlgili Kültürel Bellek Kurumları (GKAM)

Nesneye yüklü olan anlam görünür değildir bu nedenle bilginin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için miras verilerinin gelecekte anlaşılabilir ve okunabilir bir standartta düzenlenmesi gereklidir. Bu başlıkta müdahale karar mekanizmalarını etkileyen belgeye erişme ve uygulama standartları ile ilgili başlıklar incelenmiştir.

Kültürel Bellek Kurumları Veri Standartları

Kültürel bellek kurumları bilgiyi kullanma biçimlerine göre üç sınıfa ayırmaktadır: nesne odaklı, nesne odaklı bilgiye yönelen ve bilgi odaklı nesneye yönelen. Çağdaş müzecilik anlayışıyla birlikte müzeler bilgi odaklı nesneye yönelerek kültürel miras kurumları bilgi merkezleri haline gelmiştir. (Özel, 2016)

Kültürel bellek kurumları arasında iş birliği gerçekleştirebilmek için her türlü bilginin bir kayıt ortamında oluşabildiğini yansımasını görebilmek önemlidir. Nesne kataloglamak nesnenin üst verisini oluşturmak ve bu verilere etkili bir şekilde erişimini sağlamaktadır. Üst veri şemalarının oluşturulması için dört ana grup incelenmiştir: (Ayaokur, 2015)

Veri yapısı standartları: Bilgiyi kayıt ya da bir şema olarak şekillendiren üst veri öğeleridir. Yeni teknolojilere uyum sağlama ve var olma sorunuyla karşı karşıya kalabilecek kültürel bellek kurumları için kayıtların yeni teknolojilere uyum sağlayabilecek yapıda olması ve veriyi kullanıcılara açılması sağlayan toplu

kataloglar aracılıyla paylaşılması önemlidir. Müzecilik çalışmalarında CDWA (*Categories fort he Description of Works Art*), ObjectID, *Dublin Core* (DC) gibi veri yapısı standartları kullanılmaktadır.

CDWA, AITF (*Art Information Task Force*) önderliğinde küratör, kütüphaneci, arşivci, teknik uzmanlar tarafından geliştirilen ve kataloglama için temel bir rehber olarak kabul gören bir standarttır. Mimari, sanat, maddi kültür ilgili koleksiyonları tanımlamak ve erişmek için üzere oluşturulmuş kavramsal bir çerçevedir. 500'den fazla tanımlama alanına sahiptir. Zorunlu olarak 9 ana alana ve ona bağlı alt alanların tanımına ihtiyaç duyar.

ObjectID projesi arkeolojik/mimari, kültürel ve sanatsal objelerin koleksiyonlarını belgelemek ve tanımlamak için oluşturulmuş standarttır. Eserin belgelenmesi ve bilgilerinin tanımlanmasını kolaylaştırarak kayıp veya hırsızlık durumunda hızlıca bilgi aktarımı sağlamaktadır. Polis, gümrük kurumları, sanat ticareti, sanat değerleyicileri ile işbirliği içinde geliştirilmiştir. Bu standardın kullanılması yaygınlaştıkça kültür varlıklarının yasadışı ticaretiyle ilgili mücadeleye yardımcı olmaktadır. (Thornes, Dorrell, & Lie, 1999) INTERPOL (*The International Criminal Police Organization*) kültürel varlıkların yasadışı trafiğine karşı mücadele eden polis teşkilatıdır.[103] INTERPOL sadece polis teşkilatları ile değil, ICOM gibi kuruluşlarla da bilgi alışverişini sürdürmekte ve ObjectID sistemini kullanmaktadır. (ICOM) Sistem, uzman veya uzman olmayanlarca kullanıldığı için özel alanlardan çok genel alanları tanımlamaktadır.

Dublin Core üstveri standardı, her türlü veri kaynağı öneriler geliştirmektedir. Bu standart basit ve gelişmiş olarak ikiye ayrılmaktadır. Temelde 15 tanıma yer vermektedir. Gelişmiş DC'de ayrıca kullanıcı provenans ve hak sahibi alanlar bulunmaktadır.

Veri İçerik Standartları: Yapı içerisinde verinin düzenlenmesi ile ilgili kuralları içeren rehberlerdir. Ayrıntılı bilgilendirme sunan iki standart aşağıda tanımlanmıştır.

[103] Diğer bir teşkilatlanma da EUROPOL'dür.

CCO (*Cataloging Cultural Objects*), mimari ve kültürel eserleri yanı sıra bunları temsil eden görsel medyayı tanımlamanıza, belgelemenize ve kataloglamanıza yardımcı olan kılavuzdur. Asgari bir nesne kaydının mümkün olduğu kadar üstveri içermesini önermektedir.

SPECTRUM, (*The International Collections Management Standard*), müze koleksiyon yönetim faaliyetlerinin ve nesne belgelendirme sürecindeki işlemlerin tanımlanması ile nesne tanımlama işlemlerinde ortaya çıkan bilgi gereksinimlerini belirlenmesi üzerine oluşturulmuş iki bölümlük kılavuzdur. (Collections Trust, 2022)

Veri Değeri standartları: Sözcük, terim, tezarus olarak şekillenerek veri öğelerini ve yapısını desteklemektedir. Nesneler ile ilgili kullanılacak terimler veri girişi yapan kişinin tercihlerine göre seçilebilmektedir. GKAM resmi kullanıcısı dışında terminolojiye hakim olmayan birinin nesneye erişmesi için kontrollü sözcükler ve tezaruslar kullanmak, nesneyle ilgili tarama yapılmasını ve erişilmesini kolaylaştırmaktadır.

Paul Getty Trust Müzesi kendi koleksiyonlarına özgü geliştirdiği dört tezarus AAT (*Art & Architecture Theasurus*), TGN (*Getty Thesaurus of Geographic Names*), ULAN (*Union List of Artist Names*) ve CONA (*Cultural Objects Name Authority*) ile sanat, mimarlık ve maddi kültür alanında uzman olan veya olmayan tüm kullanıcılar için terminoloji oluşturmuş ve bilgi sağlamıştır.

Kongre Kütüphanesi (*US Library of Congress*) tarafından geliştirilen TGM (*Thesaurus for Graphic Materials)* ise grafik materyalleri konu ve tür/format bazında indekslemek için bir araçtır. Özel isim içermeden insan toplulukları, olaylar ve konum bilgisi de dahil olmak üzere geniş konu içeriği tanımlama için kontrollü sözcükler sağlamaktadır. (Library of Congress, 2023)

ICOMOS ISCS 2008 yılında yayımlanan taş ve taş yüzey bozulmaları tanımlayan *Glossary On Stone Deterioration Patterns / Glossary On Stone* yayını ile Avrupa Birliği tarafından fonlanan ve 2015 yılında yayımlanan Avrupa'daki mimari miras elemanlarından duvar ve duvar boyalarını tanımlayan *European Illustrated*

Glossary of Conservation Terms for Wall Paintings and Architectural Surfaces yayını materyalleri ortak terminolojide buluşturmuştur. (ICOMOS, 2021)

2.2.2 Ontoloji ve Semantik Spektrum bölümünde ele alınan sözlük, terimler sözlüğü/açıklayıcı sözlük, veri sözlüğü, veri kataloğu ve tezarus olarak açıklanmıştı.

Türkiye'de mimari miras ile ilgili kullandığımız matbu sözlükler ve sözlük içeren yayınlar Doğan Hasol'un Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Metin Sözen ve Uğur Tanyeli'nin birlikte hazırladığı Sanat Kavram ve Terimler Sözlüğü, Doğan Kuban'ın Mimarlık Kavramları, Oktay Aslanapa'nın Türk Sanatı, Celal Esad Arseven'in Sanat Ansiklopedisi, Reşad Ekrem Koçu'nun İstanbul Ansiklopedisi ve kültür odağında çalışan Cevat Erder, Cengiz Bektaş, Reha Günay gibi değerli mimarların derledikleri çalışmalar akla ilk gelenlerdir. Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve çevrimiçi olarak erişilen terim ve deyimler sözlüğüdür. (Vakıflar Genel Müdürlüğü, tarih yok) Bu sözlükler genelde terimleri açıklamalarına ve kökenlerine yer veren açıklayıcı sözlüklerdir. Veri sözlüğüyle yönelik Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi'nin 2019 yılında yayımladığı "Veri Sözlüğü Oluşturma Metodolojisi-Ulusal Veri Sözlüğü Sistemi"[104] kitapçıkta uluslararası standartlara göre veri sözlüğünün nasıl oluşturabileceğine dair adımlara yer verilmiştir. Bu sözlüğün yapılma amacı kamu, kurum ve kuruluşlarının bilgi sistemlerindeki entegrasyon zorlukları, tekrar eden ve çelişen verilen olması, bilişim sistemlerin dil birliğinin oluşturulamaması, veri sahipliliği belirsizliği gibi sorunların önüne geçmek olarak sıralanmıştır. Türkiye'de hayata geçirilmiş veri sözlükleri Ulusal Sağlık Veri Sözlüğü (USVS, 2006 ve 2014)[105], Av Yönetimi Veri Sözlüğü (2015) ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı Veri Sözlüğü (2015) dür. Kültürel mirasa yönelik oluşturulmuş bir veri sözlüğüne ve veri kataloğuna erişilememiştir. *Getty Thesaurus of Geographic Names*'e benzerlik gösteren Türkiye'deki yer adları, yer adlarının kökeni, kaynakça

[104] https://cbddo.gov.tr/projeler/ulusalverisozlugu/dokumanlar/
[105] https://e-saglik.gov.tr/TR,7141/usvs.html

ve koordinat bilgisi içeren kişisel girişimler sonucu oluşturulmuş sözlük *NisanyanMap*[106]'tir.

Veri formatı değişim standartları: GKAM'ın en çok kullandığı veri formatı değişim standartları LIDO (*Lightwieght Information standards*), CDWA Lite, Museumdat, SPECTRUM XML, CIDOC CRM (*ICOM International Committee for Documentation-Conceptual Reference Model*) dir. Kısa tanımlarına aşağıda yer verilmiştir.

CDWA Lite, CCO ve CDWA'ya temellendirileren sanat ve mimari zorunlu kültür kayıtlarının tanımlandığı bir XML şemasıdır. CDWA Lite kayıtlarının OAI (*Open Archives Initative*) kullanarak diğer kataloglara katkıda bulunması planlanmıştır. OAI, Dijital arşivleme standartlarının oluşmasını için CCSDS (*Consultative Committee for Space Data Systems*) tarafından OAIS (*Open Archival Information System*, Açık Arşiv Bilgi Sistemleri) geliştirilmiştir. OAIS Referans Modeli, dijital arşiv için kavramsal bir modeldir. Referans modelin öncelikli amacı, sektörler ve meslek grupları arasında tartışmaya yardımcı olabilecek ve arşivlerin ve dijital koruma sistemlerinin spesifikasyonunu kolaylaştıracak ortak bir kavram ve temel tanım kümesi sağlamaktır. Dijital korumada kullanılan terminolojinin çoğu 2002 yılında ISO14721 standardına dönüştürülen bu modelden gelmektedir. (libguides, 2021) (CCSDS, 2010)

Museumdat, müze kayıtlarının bulunduğu veritabanı yapılarının, formatlarının ve arayüzlerinin farklı olmasından kaynaklı yaşanan sorunların gidermek, müzelerin zorunlu alanlarını yayımlamak ve erişmek üzere oluşturulmuş harmanlama formatıdır.

CDWA Lite ve Museumdat şemalarının birleşmesiyle oluşan LIDO, XML harmanlama[107] şemasıdır. Farklı üstveri formatına sahip koleksiyon yönetim

[106] https://nisanyanmap.com/

[107] Harmanlama yaklaşımı, tüm tanımlanan alanlardaki tüm Web sitelerinin (sistemlerin) web örümcek prgoramları aracılığı ile daha önceden belirlenmiş koleksiyon kuralları ile izlenmesi ve otomatik olarak arşivlenmesi anlamında kullanılmaktadır. (Özbağ, 2010) (Kreymer & Pehlivan, 2020)

sistemlerinin ve katalog veri tabanlarının ortak bir platformda bir araya gelmesini amaçlamaktadır.

SPECTRUM XML şeması, SEPCTRUM koleksiyon sistemine dayandırılarak hazırlanmıştır ve farklı koleksiyon yönetim sistemleri arasında nesne kayıtların değişimi için format sağlamaktadır. (Collections Trust, 2022)

CIDOC-CRM, kültürel miras verilerinin değişimi için nesne merkezli ana ontolojik referans modelidir. Bu ontoloji ilk olarak müze eserlerinin standart tanımının ve bakımının oluşturulması amacıyla oluşturulmuştur. Tarihi yapılarla ilgili bilgilerin resmi ve spesifik bir şekilde temsil edilmesine olanak sağlamak amacıyla ISO standardı 211227 standardı, CIDOC CRM referans alınarak oluşturulmuştur. CIDOC CRM üst veri standardı değil, üst veri standartlarını açıklamayı ve gelecekte oluşacak üst verilere temel oluşturmaya amaçlayan referans modeldir. (CIDOC CRM)

ISO'nun kültürel, mimari ve dijital miras alanlarına dair genel çalışmaları ağırlıklı olarak bilgi, belgelendirme, arşivleme ve fotoğraflama ile ilgilidir. (ISO 21127, ISO/TR 19815, ISO/TR 19263, ISO 19264, ISO5127, ISO21110 vb.).

Mimari Restorasyon ve Konservasyon Kabulleri

Tarihi yapılar yapının strüktürel durumu, bulunduğu iklim koşulları, nem sorunu, yapıda kullanılan malzemenin fiziksel/kimyasal/petrografik yapısal durumu ve yapılan müdahalelere bağlı olarak farklı koruma sorunlarına sahip olabilir. Gerçekleştirilecek müdahale kararlarının oluşturulması bu sorunların tespitine ve müdahale aşamasında kullanılacak yeni malzemelerin özelliklerinin bilinmesine bağlıdır. Taşınmaz kültür varlıklarının belgelenmesi, analiz edilmesi, koruma (restorasyon ve konservasyon) projelerinin ve raporlarının hazırlanmasında bu kabuller ve yöntemler kılavuz olarak değerlendirilmeli; koruma kararları çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre geliştirilmelidir. Bu projeler gerek proje aşamasında gerek sahada gerek laboratuvarda disiplinler arası bir ekibin ortak çalışmasıyla gerçekleşebilir.

Uygulama süreci başlamadan veya uygulama süreci içinde oluşturulacak herhangi bir konservasyon raporunda proje konusu olan taşınmaz kültür varlığının konum ve kimlik bilgileri, örneğin alındığı yerin analitik proje ile ilişkisi, alınan örneklerin alınma, saklanma yöntemleri, gözleme dayalı ön tanımları, deney programı ve uygulanan deneylerin standartları, elde edilen verileri sunan tablo, grafik ve açıklamalar gibi ön bilgilerin ardından sonuç kısmında bozulma nedenleri ve süreci, müdahale edilecekse uygulamada kullanılacak malzeme ve teknikler, periyodik kontrol ve bakım programı gibi bilgiler bilimsel kaynaklara dayandırılarak aktarılması gereklidir. Deney programları doğal ve yapay taş, harç, kalemişi, malakari, kireç, metal, ahşap gibi malzemelerin kullanıldıkları yer de dikkate alınarak malzemenin karakteri, cins tayini, bozulma durumu, korunmuşluk düzeyi ile ilgili farklı bilgilere göre hazırlanmalıdır. Deney programlarının içerikleri (fiziksel özellikler, petrografik analiz ve mikroskobik inceleme, eskitme testleri, mekanik özelliklerin saptanması vb) 1960'lı yıllardan beri gerçekleşen restorasyon ve konservasyon araştırmaları sahada veya laboratuvar ortamında test edilerek kabul gören bu yöntemler giderek standartlaşmaktadır. (Ersen & Verdön, 2016)

Koruma biliminde genellikle kullanılan standartlar *American Society for Testing and Materials* (ASTM), *Building Research Establishment* (BRE), *Conseil Europeén pour la Normalisation* (CEN) ve *International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures* (RILEM), *NORmalizzazione MAteriali Lapidei* (NORMAL) aittir.

2001 yılında CEN, taşınır ve taşınmaz kültür varlıklarını koruma çalışmalarında bilimsel standartlara uygun yöntemlerin kullanılması için CEN/TC346 (*Conservation of Cultural Property Heritage*) adında standardizasyon oluşturma çalışmasını başlatmıştır. Çalışılan ve yayımlanan bu standartlar korumada kullanılan genel terim ve tanımlar, taşınır ve taşınmaz mirasın mevcut durumunun ve malzeme bozulmalarının incelenmesi/raporlanması, mikroklima değerlendirmesi, tarihi yapı malzemelerinden örnek toplanması, taşların karakterizasyonu ve özgün yapı malzemelerine uyumlu yeni malzeme seçiminde

yapılacak deneyler üzerinedir. İlk standart oluşturma çalışmaları IBN/BIN (*Institut Belge de Normalisation*, Belçika), AFNOR (Association Française de Normalisation, Fransa), UNI (*Ente Nazionale Italiano di Unificazione*, İtalya), BSI (*British Standards Institution*, Birleşik Krallık), AENOR (*Asociación Española de Normalización*, İspanya), NEN (Nederlands Normalisatie Instituut, Hollanda), NSF (Norges Stadardiseringsforbund, Norveç), SNV (Schweizerische Normen-Vereinigung, İsviçre) ve CSNI (*Czech Standards Institute*, Çek Cumhuriyeti) katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kurumlar *Genel Yönergeler ve Terminoloji Grubu, Malzeme Grubu, Yöntemlerin ve Koruma Malzemelerinin Değerlendirilmesi Grubu, Çevre Grubu* ve *Taşıma ve Paketleme Grubu* şeklinde oluşturdukları 5 ana grup ile standart oluşturmaya yönelik çalışmayı başlatmışlardır. CEN tarafından geliştirilmiş ve TSE tarafından kabul edilmiş 5 tanesi taşınmaz kültür varlıkları ve 10 tanesi ise test metotları ile ilgili olmak üzere toplamda 15 standart bulunmaktadır. Bu standartların haricinde taşınmaz kültür varlıkları ve deney yöntemleri ile ilgili hazırlanmakta olan standartlar da mevcuttur. (Böke & İpekoğlu, 2015) 2007 yılından sonra ICOM-CC (International Council of Museums Conservation Committee), IIC (*International Institute for Conservation*), ECCO (*European Confederation of Conservator-Restorers),* UIA (*The International Union of Architects*), IFLA P&C (*International Federation of Library Associations and Institutions - Preservation and Conservation Section*) gibi çeşitli örgütlenmeler de bu çalışmalara katkı koymuştur. (Vassina, 2015)

TSE, CEN'e üye olmasına rağmen uluslararası alanda kabul görmüş ve TSE tarafından da yayımlanmış standartlar Türkiye'de hazırlanan çağdaş koruma projelerinde ve uygulamalarında kullanılmamaktadır. Türkiye'de kurul onayından geçen koruma projelerinin ihale dosyası ve maliyet hesabı "Eski Eser Birim Fiyat Listesi" üzerinden yapılmaktadır. Bu hesaplama yöntemi, hatalı yöntem ve uygulanabilirliği test edilmemiş malzeme kullanımını tanımlamalarına sahiptir. Bu hesaplamadan sonra 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu çerçevesinde ihaleye çıkılmakta uygulamayı yürütecek firma belirlenmektedir. Uygulama işini yapacak firma niteliğe değil niceliğe göre belirlenmektedir. Ayrıca proje müellifleri uygulama sürecinin dışında kalmaktadır. (Böke & İpekoğlu, 2015)

Tablo 1. Taşınmaz Kültür Varlıkları ile ilgili Basılı Standartlar

STANDART NUMARASI	TSE - STANDART BAŞLIĞI*	CEN - STANDART BAŞLIĞI
TS 15898 EN 15898:2011	Genel ana terimler ve tarifleri *(Türkçe Metin)*	Main general terms and definitions
TS 16096 EN 16096:2012	Kültürel miras yapıların mevcut durumunun incelenmesi ve raporlanması *(İngilizce Metin)*	Condition survey and report of built cultural heritage
TS 15758 EN 15758:2010	Eserlerin yüzey sıcaklığı ve hava sıcaklığını ölçmek için kullanılan cihazlar ve yöntemler *(İngilizce Metin)*	Procedures and instruments for measuring temperatures of the air and the surfaces of objects
EN 16242:2012	Kayıt yok	Procedures and instruments for measuring humidity in the air and moisture exchanges between air and cultural property
TS 15759-1 EN 15759-1:2011	İç hava – Bölüm 1: Kiliseler, şapeller ve diğer ibadet yerleri için kılavuz *(İngilizce Metin)*	Indoor climate – Part 1: Guidelines for heating churches, chapels and other places of worship

TSE Standart başlıkları, kurumun web sitesinde yayınlandığı Türkçe çevirisidir. Bildiri metni içinde standart başlıkları gözden geçirilmiştir.

Tablo 2. Test Metotları ile ilgili Basılı Standartlar

STANDART NUMARASI	TSE - STANDART BAŞLIĞI*	CEN - STANDART BAŞLIĞI
EN 16085:2012	Kayıt yok	Methodology for sampling from materials of cultural property – General rules
EN 16455:2014	Kayıt yok	Extraction and determination of soluble salts in natural stone and related materials used in and from cultural heritage
TS 16302 EN 16302:2013	Boru yöntemi ile su emme ölçümü *(İngilizce Metin)*	Measurement of water absorption by pipe method
TS 15801 EN 15801:2009	Suyun kılcal emiliminin tayini *(İngilizce Metin)*	Determination of water absorption by capillarity
TS 16322 EN 16322:2013	Kuruma özelliklerinin tayini *(İngilizce Metin)*	Determination of drying properties
TS 15886 EN 15886:2010	Yüzeylerin renk ölçümü *(İngilizce Metin)*	Colour measurement of surfaces
TS 15803 EN 15803:2009	Su buharı geçirgenliğinin tayini *(İngilizce Metin)*	Determination of water vapour permeability (δp)
TS 15802 EN 15802:2009	Statik temas açısının tayini *(İngilizce Metin)*	Determination of static contact angle
EN 16581:2014	Kayıt yok	Surface protection for porous inorganic materials. Laboratory test methods for the evaluation of the performance of water repellent products
EN 16515:2015	Kayıt yok	Guidelines to characterize natural stone used in cultural heritage

TSE Standart başlıkları, kurumun web sitesinde yayınlandığı Türkçe çevirisidir. Bildiri metni içinde standart başlıkları gözden geçirilmiştir.

Tablo 3. Taşınmaz Kültür Varlıkları ile ilgili Hazırlanmakta olan Standartlar

	STANDART NUMARASI	BAŞLIK
TAŞINMAZ KÜLTÜR VARLIKLARI	BS EN 16572	Glossary of technical terms concerning mortars for masonry, renders and plasters used in cultural heritage *(Kültürel mirasta kullanılan duvar harçları, kaplamalar ve sıvalar ile ilgili sözlük)*
	00346033 PRE-W1	Guidelines for improving energy efficiency of architecturally, culturally or historically valuable buildings *(Mimari, kültürel ya da tarihsel değeri olan yapıların enerji verimliliğini geliştirmek için ilkeler)*
	prEN 15795-2	Indoor climate – Part 2: Ventilation *(İç mekan iklimi – Bölüm 2: Havalandırma)*
	00346003 PRE-W1	Glossary of damage *(Hasar sözlüğü)*

Tablo 4. Test Metotları ile ilgili Hazırlanmakta olan Standartlar

	STANDART NUMARASI	BAŞLIK
TEST METOTLARI	00346037 PRE-W1	Waterlogged archacological wood – Guidelines for characterization *(Suya doygun arkeolojik ahşap – Karakterizasyon rehberi)*
	00346025 PRE-W1	Characterization of mortars found in cultural heritage *(Kültürel miras yapılarda kullanılan harçların karakterizasyonu)*
	BS EN 16682	Procedures and instruments for measuring moisture content in objects and building materials *(Eserlerin ve yapı malzemelerinin nem içeriğini ölçmek için kullanılan cihazlar ve yöntemler)*
	EN 16782	Cleaning of porous inorganic materials. Laser cleaning techniques for cultural heritage *(Gözenekli inorganik malzemelerin temizlenmesi. Kültürel miras için lazer temizleme teknikleri)*
	00346028	Integrated pest management (IPM) *(Tümleşik zararlı yönetimi)*

Tablo 5.1. Proje Hazırlama Aşamalarında Kullanılacak Standartlar
Belgeleme–Analiz

PROJE HAZIRLAMA AŞAMALARI		KULLANILACAK STANDARTLAR
BELGELEME		TS 15898 Genel ana terimler ve tarifleri ***Main general terms and definitions*** TS 16096 Kültürel miras yapıların mevcut durumunun incelenmesi ve raporlanması ***Condition survey and report of built cultural heritage***
ANALİZ	GENEL	00346003 PRE-W1 Hasar sözlüğü ***Glossary of damage*** CEN/TC 346/WG 10 Tarihi ahşap yapılar ***Historic timber structures*** 00346033 PRE-W1 Mimari, kültürel ya da tarihsel değeri olan yapıların enerji verimliliğini geliştirmek için ilkeler ***Guidelines for improving energy efficiency of architecturally, culturally or historically valuable buildings*** TS 15759-1 İç hava – Bölüm 1: Kiliseler, şapeller ve diğer ibadet yerleri için kılavuz ***Indoor climate – Part 1: Guidelines for heating churches, chapels and other places of worship***
	MİKROKLİMA	BS EN 16682 Eserlerin ve yapı malzemelerinin nem içeriğini ölçmek için kullanılan cihazlar ve yöntemler ***Procedures and instruments for measuring moisture content in objects and building materials*** TS 15758 Eserlerin yüzey sıcaklığı ve hava sıcaklığını ölçmek için kullanılan cihazlar ve yöntemler ***Procedures and instruments for measuring temperatures of the air and the surfaces of objects*** EN 16242 Havadaki nemi ve hava ile kültürel varlık arasındaki nem değişimini ölçmek için prosedür ve cihazlar ***Procedures and instruments for measuring humidity in the air and moisture exchanges between air and cultural property*** prEN 15795-2 İç mekan iklimi – Bölüm 2: Havalandırma ***Indoor climate – Part 2: Ventilation*** CEN/TC 346 – WG7 İç ve dış havanın ölçülmesi ve tayini ***Specifying and measuring indoor/outdoor climate***

Tablo 5.2. Proje Hazırlama Aşamalarında Kullanılacak Standartlar
Analiz–Restorasyon

PROJE HAZIRLAMA AŞAMALARI			KULLANILACAK STANDARTLAR
ANALİZ	MALZEME		TS 16096 Kültürel miras yapıların mevcut durumunun incelenmesi ve raporlanması ***Condition survey and report of built cultural heritage*** EN 16085 Malzeme örneklerinin alımı için metodoloji - Genel kurallar ***Methodology for sampling from materials of cultural property – General rules*** EN 16515 Kültürel mirasta kullanılan doğal taşların karakterizasyonu için ilkeler ***Guidelines to characterize natural stone used in cultural heritage*** EN 16455 Kültürel mirasta kullanılan doğal taşlar ve benzeri malzemelerden çözünen tuzların çıkartılması ve belirlenmesi ***Extraction and determination of soluble salts in natural stone and related materials used in and from cultural heritage***
		HARÇLAR	00346025 PRE-W1 Kültürel mirasta kullanılan harçların karakterizasyonu ***Characterization of mortars found in cultural heritage*** BS EN 16572 Kültürel mirasta kullanılan duvar harçları, kaplamalar ve sıvalar ile ilgili sözlük ***Glossary of technical terms concerning mortars for masonry, renders and plasters used in cultural heritage***
	YENİ MALZEME SEÇİMİ		EN 16302 Tüp yöntemi ile su emme ölçümü ***Measurement of water absorption by pipe method*** EN 15801 Suyun kılcal emiliminin tayini ***Determination of water absorption by capillarity*** EN 16322 Kuruma özelliklerinin tayini ***Determination of drying properties*** EN 15886 Yüzeylerin renk ölçümü ***Colour measurement of surfaces*** EN 15803 Su buharı geçirgenliğinin tayini ***Determination of water vapour permeability (δp)*** EN 15802 Statik temas açısının tayini ***Determination of static contact angle*** EN 16581 Gözenekli inorganik malzemeler için yüzey koruması. Su itici malzemelerin performans değerlendirmesi için laboratuvar test yöntemleri ***Surface protection for porous inorganic materials. Laboratory test methods for the evaluation of the performance of water repellent products***
RESTİTÜSYON			
RESTORASYON			TS 15898 Genel ana terimler ve tarifleri ***Main general terms and definitions*** EN 16782 Gözenekli inorganik malzemelerin temizlenmesi. Kültürel miras için lazer temizleme teknikleri ***Cleaning of porous inorganic materials. Laser cleaning techniques for cultural heritage*** Analiz aşamasında kullanılan standartların verileri

Tablo 4.14 Kültürel miras CEN standartları (Böke & İpekoğlu, 2015)

4.4.3.3 Web Standartları ve İlgili Oluşumlar

W3C (World Wide Web Consortium, Dünya Çapında Ağ Konsorsiyumu)

Dünya Çapında Ağ Konsorsiyumu (World Wide Web Consortium ya da kısaca W3C), 1994 yılında webin mucidi Tim Berners-Lee tarafından MIT ve CERN bünyesinde kurulmuş WWW standartlarını (HTML, MathML, XHTML, XML, SVG, PNG vb) belirleyen uluslararası bir kuruluştur. W3C'nin misyonu, Web'i tam potansiyeline ulaştırmaktır. (W3C, 2022) Birliğin standartlarına uyan web tarayıcıları *Mozilla Firefox, Opera, Internet Explorer, Apple Safari, Google Chrome, Yandex Browser, Microsoft Edge* olarak sıralabilir.

Tezin **2 nolu bölümünde Teknoloji ile Ortaya Çıkan Temel Kavramlar** web ve web yapısına ilişkin genel bilgiler verilmiştir. OWL, bilgisayarlar tarafından yorumlanacak ve uygulamalar tarafından ayrıştırılacak şekilde tasarlanmıştır. RDF ve RDFs'nin üzerine inşa edilmiştir. OWL, üç alt dile sahiptir: OWL Lite, OWL DL (OWL Açıklama Mantığı, OWL Description Logics: OWL Lite içermektedir) ve OWL Full (OWL DL içermektedir). OWL2, OWL özelliklerinin geliştirilmişidir. SPARQL, Anlamsal Web için sorgulama yani akıl yürütme dilidir. Sunucular, çoğu durumda kutudan çıkmış SPARQL sorgularını destekler. Başlangıç ontolojisine erişim kapısı bir SPARQL uç noktası olacaktır. (W3C, 2003)

IIPC (*International Internet Preservation Consortium*, Uluslararası İnterneti Koruma Konsorsiyumu)

Uluslararası İnterneti Koruma Konsorsiyumu, gelecek için internet içeriğini koruma çabalarını koordine etmek üzere kurulmuş kültürel miras kurumlarının (galeri, kütüphane, arşiv, müze, üniversiteler ve diğerleri) üyeliğine açık uluslararası bir organizasyondur. (IIPC)

Internet Arşivi (*Internet Archive*)

İnternet Arşivi, arşivlenmiş metadata, ses çevirileri, kitap, müzik, film ve filmlere ve sayfasına ücretsiz erişim sunan, kâr amacı gütmeyen bir dijital kütüphanedir. *Wayback Machine*, yayından kaldırılmış web sayfalarının içerik ve sürümlerine

ulaşma imkânı sunan bir arama motorudur. Örneğin akademik yayınlarda kaynak gösterilen linklere erişim sağlanamıyorsa veya web site yayından kaldırıldıysa bu arama motorundan araştırma yapılabilir. Platformda hesap oluşturup kaybolmasından çekindiğiniz web sayfalarını kaydedebilirsiniz. Bazı web sitelerinde w*ayback machine*, tarafından arşivlendiğine dair ibaresi gördüğünüzde bu linkin zaman kapsüle kaydedildiği anlamına gelmektedir. Bu tez kapsamında erişilemeyen digitalheritage2018.com gibi sitelere buradan erişilmeye çalışılmış eğer kayda girdiyse site haritasıyla ilgili metinsel verilere ulaşılabilmiştir. 2016-2020 yılları arasında site yasal statüye sahip olmasına rağmen Türkiye tarafından engellendiği için bu döneme denk gelen Türkiye'ye ait web siteleri Wayback Machine'de bulunamayabilir. (Internet Archive)

schema.org

Verileri internet ve web ortamın yapılandırılması için şema oluşturma, sürdürme ve tanıtma amacı güden iş birliğine dayalı bir oluşum ve kod sözlüğüdür. Bu kod sözlükleri varlıkları, varlıklar ve eylemler arasındaki ilişkileri kapsamakta ve nitelikli belgelenmiş bir uzantı modeli aracılığıyla kolayca genişletebilmektedir. Verilerinizi şema etiketleme (schema Markup) yöntemiyle arama motorlarının içeriklerinizi kategorize ederek dizine eklemesine yardımcı olmaktadır. Makine okumasına izin veren geliştiricileri kullanmaktadır: RDF, J-SON vb. Veri türleri ve ilkel veri türleriyle ilgili şema etiketleri sunmaktadır. Veri türleri grubunda gömülü metin olmayan objeler (AudioObject, ImageObject, VideoObject), kişi, yer gibi şemalar yer almaktadır. (Schema, 2022)

rhizome.org

Rhizome burs, sergi, komisyon ve yazılım geliştirme programı aracılığıyla internet sanatını ve kültürünü destekleyen ve dijital koruma sağlayan bir oluşumdur. (Rhizome, 2021)

4.5 Dijital Koruma

Dijital formatlarda üretilmiş metin, web sayfası, veri tabanları, çizim fotoğraflar vb. materyaller kültürele mirasın bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu materyallere her zaman internet üzerinden ulaşmak mümkün değildir. Belirli bir süre veya amaç için oluşturulan içerikler, web ortamından kaldırılabilir. Bu nedenle web arşivleme, dijital korumanın bir parçası olarak ele alınmaktadır. Web içerisinde bir şekilde var olmuş öğelerin niteliklerine göre ayrıştırılması ve anlamlı hale getirilmesi için çeşitli ulusal ve uluslararası inisiyatifler tarafından düzenleme çalışmaları yapılmakta ve teknolojiler geliştirilmektedir. Bu kapsamda var olmuş öğeler çeşitli mevzuatlarla tanımlanmaya çalışılmaktadır. Bu bölümde ilgili kavramlarla ilgili temel başlıklarla açıklanmaya çalışılacaktır.

4.5.1 Dijital Koruma ve Web Arşivleme

Kültür varlıklarının çeşitli ölçek ve nitelikte belgeleme çalışmalarının tamamlanması ve üretilen bilgilerin korunması için mevcut sistemlerin iyileştirilmesi gereklidir. Kültür varlıkları ile ilgili farklı nitelikteki verilerin toplanması, yapılandırılması, işlenmesi, değerlendirilmesi ve erişilmesi ile oluşan bilgi yönetim süreci, dijital koruma çalışmalarının temelidir. Kültürel miras kurumları işlevlerine ve amaçlarına uygun bilgileri toplamakta ve hizmet olarak sunmaktadır. Dijital formatta üretimlerin sürekli artması, kültürel miras kurumlarının hizmetlerini değiştirip geliştirmiştir. Bilgiye erişimin devamlılığı ve bilginin yaşatılması yalnızca materyallerin depolanması, korunması ve arşivlenmesi yoluyla sağlanabilir. Elektronik/dijital kaynakların korunması ve arşivlenmesi, basılı kaynaklara göre daha problemlidir. Çünkü, bilgiye erişimi sağlamak için hem içerik hem de teknoloji korunmalıdır. Dijital koruma, süreç içerisinde dijital materyallerin çeşitli teknikler ve stratejiler doğrultusunda saklanması ve erişilmesi için yapılan işlemlerin tamamıdır. Mevcut dijital materyallerin güncel tutulması ve erişilebilir olması bir gerekliliktir. Dijital korumanın ortaya çıkış gerekçeleri depolama ortamı / veri taşıyıcı sorunu, donanımın eskimesi-eksikliği, yazılım ve format eskimesi sorunu, içeriğin ve

içeriği tanımlayan bilgilerin kaybolması, iç ve dış ataklar (yazılım hatası, virüs, korsan saldırılar vb), ekonomik sorunlar, organizasyonel sorunlar, doğal afetler olarak sıralanabilir. Dijital arşivler için süreç içerisinde birçok farklı *dijital koruma stratejileri* geliştirilmiştir (NDSA, 2020): verilerin kopyalanması/yedeklenmesi, yenileme, teknoloji koruma, dijital arkeoloji[108], analog yedekleme (örn. Dijital fotoğrafların mikrofilme alınması), normalleştirme (arşiv için önceden tanımlanmış standart formata dönüştürme), göç (temel karakteristik özellikler korunarak başka formata geçirme), öykünüm[109] (benzeştirme). Günümüzde dijital arşivleme kapsamında Dublin Core, OpenURL, Açık Arşivler Girişimi Üst Veri Harmanlama Protokolüne (OAI-PMH) uygun standartta üretilen veriler ile birçok proje yürütülmektedir. (Özbağ, 2010)

Kongre Kütüphanesi tarafından beyan edilen formatlar da hem analog hem de dijital biçimlerin fiziksel ve teknik özelliklerinin hiyerarşilerini tanımlamaktadır. Böylece verilerin hayatta kalma şansını artıracak ve içeriğin gelecekte de erişebilirliği sağlanacaktır. (Library of Congress, 2023) (Şekil 4.1)

Kütüphane, arşiv ve müzeler sahip olduğu bilimsel ve kültürel içeriği web aracılığıyla erişime açmaktadır. Standartların geliştirilmesi ve birlikte çalışılabilir sistemlerin kurulmasıyla bütünleşik arama yapılabilmektedir. Bu uygulamaların yaygınlaştırılmasıyla bilimsel ve kültürel mirasın korunmasındaki sorumlu olan paydaş sayısı da artmakta bu şekilde bilgiler evrenselleşmektedir. Basılı kaynakların dijitalleştirilmesinin yanı sıra 2000'li yıllardan itibaren araştırmacılar kültürel miras çalışmalarında kullanılmak üzere sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları geliştirmişlerdir. Dijital koruma amaçlı Web'in arşivlemesi Web'in sınırlarının tanımlanmaması ve dondurulamayan yapısı nedeniyle karmaşıktır. Web her türlü kaynak için bir yayın aracıdır. Farklı yapı ve formatta durağan/dinamik materyaller barındırmaktadır. Aynı zamanda veri tabanları, etkileşimli sayfaları içermekte ve erişim için arayüz sağlamaktadır. Web

[108] Zarar görmüş veya eskimiş donanım ve yazılımlardaki bilgileri kurtarmak için bilgilerin tekrar kullanılır formatlara ve ortamlara taşınması amaçlayan stratejidir.
[109] Kullanılmayan sistemlerin, gelecekte kullanılacak bilgisayar sistemleri üzerinde çalıştırılması, kullanabilir, erişilebilir ve gösterilebilir hale getirilmesidir.

arşivlenmesine yönelik web içeriğinin kalitesi, webin kendini koruması ve tüm web arşivlenmesinin olanaklı olmadığına ilişkin tartışmalar devam etmektedir. Web arşivleme için yapılan bu ucu açık tanım, web arşivlemesi ile ilgili aşamaların tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır: seçim ve seçime bağlı kürasyon, tarama (*crawling*), depolama, erişim ve koruma. Özbağ (2010), yüksek lisans tezinde bu konuya detaylıca değinmiştir. (Özbağ, 2010)

Web ortamındaki içerikler, web örümcekleri kullanılarak otomatik olarak toplayan web arşivlerinin yanı sıra ulusal kütüphaneler, arşivler ve çeşitli kuruluşlar (NLA, IIPC, Internet Archive vb)[110] dijital doğan/dijitalleştirilmiş materyallerin toplanması, düzenlenmesi, (HTML, kodlama, videolar, fotoğraflar vb.) korunması ve arşivlemesi çalışmaları yürütmektedirler. (Kreymer & Pehlivan, 2020) Dijital bir varlığın yaşamının devam edebilmesi ile ilgili en büyük problem ortamdan kaynaklıdır. Ortam donanım, yazılım, işletim sistemleri ve tarayıcılar, eskime ve devralma tehdidi altındadır. Çalışmaları belgelemenin, etkileşimi sürdürmenin ve yeniden kurmanın ve belirli bir bağlamı veya ortamı yeniden yaratmanın zorluklarına sahiptir. İnternetin kendisi, sürekli değişime ve kendi potansiyel güvenlik açıklarına tabi olan kararsız bir ortamdır. Bu zorluklar ışığında, sanal dünyada "dijital doğan/doğuştan dijital" kültürel mirasın korunması için varlığın yaratılma ve korunma sürecinin paralel olarak düşünülmesi gerekir. Koruma düşüncesinin önemi ve gelişimi "dijital doğan/doğuştan dijital" kültür mirasın bütünlüğünü ve özgünlüğünü güvence altına alma, gelecekteki erişim ve yeniden kullanım olanaklarını etkinleştirme, insanların geçmişe odaklanmasına ve çağdaş kültürü algılamasına yardımcı olma, doğuştan gelen dijital bilgilere sürekli ve anlamlı erişimin sağlanması, etkinliğin benzersizliği/tarihsel bilimsel veriler/ham ölçümler vb. gibi değerli verileri etkili bir şekilde kaydetme ve ebediyen kaybedilen veri tehdidinden kaçınmamızı sağlar. Teknolojinin gelişimiyle dünyanın herhangi bir yerinde, herhangi bir zamanda herhangi bir kişi tarafından dijital bir varlık oluşturulabilir. Doğuştan dijital mirası korumak için birtakım ölçütler belirlemek, önkoşulları yaratmak ve koruma stratejisi belirlemek varlığın

[110] **4.4.3. Standartlar** başlığında açıklanmıştır.

niteliği tanımlamak ve korumak açısından önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda farkındalık yaratmak, etkili metodolojileri keşfetmek ve yeni ortamlar araştırmak, ilk verileri korumak için bir sistem kurmak, uluslararası iş birliği oluşturmak ve uluslararası kabul görmüş standartları benimsemek gibi koruma stratejileri önerilmektedir. Dijital koruma bilincinin bireylerde ve kuruluşlarda daha yaygın olması ve yaygınlaşması gerekmektedir. Uluslararası kuruluşlar dijital korumanın bilincinin ötesine geçmeli ve her an etkinleşebilecek bir plan oluşturup gerekli atamaları yapmalıdır. (Ruan & McDonough, 2009)

4.5.2 Dijital Küratörlük

Küratörlük mesleği, Roma İmparatorluğu'ndan günümüze ulaşmış bir meslek alanıdır. Günümüz Avrupa'sının idari ve hukuk sisteminin temelini oluşturan hukuk siteminde, küratörler kendi işlerini idare edemeyen "köle, reşit olmayan, akıl sağlığı yerinde olmayan, çaresiz hastalıklardan muzdarip olan, sağır, savurgan" kişilere atanırdı. Romalılar döneminde küratörler sadece insanları değil temizlik, ulaşım, polislik, asayiş gibi kamu hizmetlerinden de sorumluydu. Romalılar küratörlük sistemini kurarak değerli olan varlıkları yönetecek bir sistem oluşturmuşlardı, gerçek özneler ile belirsiz ya da karanlık alanda varlıklılarını sürdürüyorlardı. Küratör, korunan nesneyi/özneyi en arzulanır halinde tutmak ile görevliydi ve türlü tehlikeden korumakla görevli kişiydi. Orta çağda ise Hristiyan Katolik Kilisesi'nin hiyerarşisinde "curate" bir cemaatin başında bulunan, bir bölge ya da mahalle papazına yardımcı olan ya da cemaatin ruhlarını koruma ya da iyileştirme (*cure/cura*) sorumluluğunu verildiği din görevlisi olarak tanımlanmıştır. Modern zamanlarda, küratörlüğün tarihçesi ile ilgili yapılan tartışmalarda, koleksiyondan sorumlu kişi olarak tanımlanan küratör, koleksiyona katılan nesnelere iyi bakmak, onları korumak ve savaş galipleri tarafından yazılan tarihin temsilcileri olduklarını bilerek eğitiliyorlardı. II. Dünya Savaşı'ndan sonra müze küratörü zamanla sergi yazarı (müellifine) konumuna geçti ve bugünkü küratörün rolü tarif edilmeye başlanmıştır. (Madžoski, 2019)

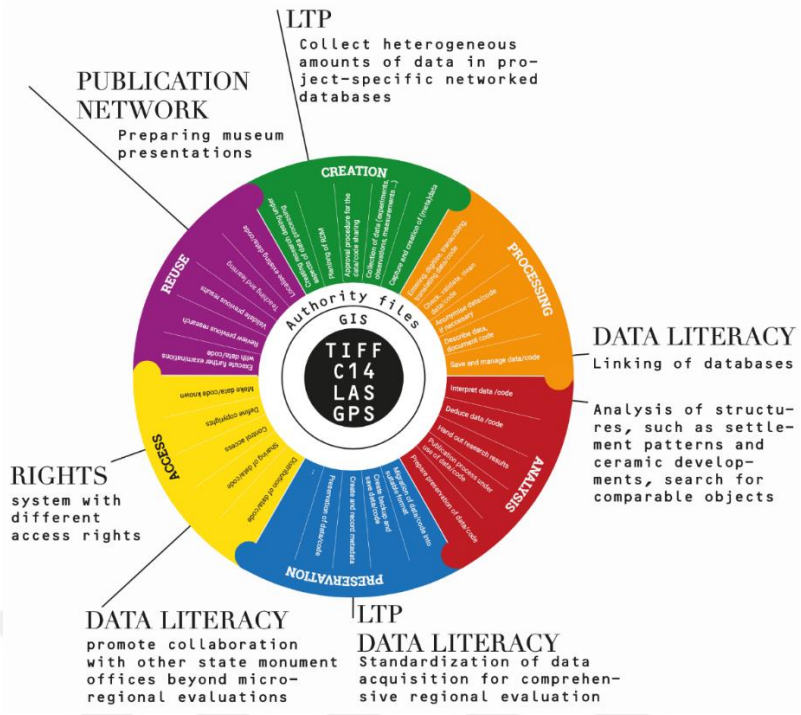
Gelişen teknolojilerle birlikte nesnenin dijitalleştirilmesi ve dijital varlıkların oluşması 20. yüzyılın bir getirisi olmuştur. Galeri, kütüphane, arşiv, müze ve çeşitli bellek kurumları, depolama ve arşivleme kaygıları ile dijitalleştirme, gelişen ve değişen teknoloji ile dijital verinin oluşması ile de dijitalizasyonu hızlandırıcı bir araç olarak kullanmışlardır. Böylece dijital veri olgusunun depolanmasının yanı sıra, korunması, sunulması, temsili, aktarımı yani yönetimi ile alakalı olarak dijital kürasyon kavramı ortaya çıkmıştır. Veri kürasyonu ve dijital kürasyon arasında önemli bir fark vardır. Veri kürasyonu, verinin uzmanlar tarafından kullanımına hazır hale getirilmesidir. Dijital kürasyon ise, dijital materyalin şimdi ve gelecekteki kullanımının güvenilir olması yapılacak tüm süreçleri ve işlemleri kapsar. Verinin kullanımı ve algılanma biçimi her disipline göre farklılık gösterebilir. Birçok disiplini içinde bulunduran çalışmalarda tanımları karmaşıklaşabilir bu durumun önüne geçebilmek için veri yönetimi ile ilgili süreçler tüm paydaşlarla beraber tasarlanmalıdır. (Sarıcaoğlu, 2021)

Dijital koruma amacıyla oluşturulmuş arşivlerde kürasyon amaç ve kapsama göre değişiklik göstermektedir. Temel olarak üç işlevi sağlamaktadır: materyal seçimi ve değerlendirme, dijital objelerin bilgi objesine dönüştürülmesi ve objeye erişimin sağlanması, koruma altına alınan dijital objelerin kullanılabilirliğinin ve erişilebilirliğinin sağlanması. (Özbağ, 2010)

Dijital Koruma Merkezi (DCC[111]) tarafından hazırlanan *Küratörlük Yaşam Döngüsü Modeli* verinin arşive alınması ve derlenmesinden sonra geçmesi gereken aşamalara grafiksel olarak bir bakış açısı oluşturmaktadır. Model, bir kurum veya oluşum içindeki faaliyetleri planlamak amacıyla kullanılabilir. Böylece işlevselliği haritalamak, rolleri ve sorumlulukları tanımlamak ve uygulamak için bir standartlar ve teknolojiler çerçevesi oluşturmak kolaylaşacaktır. Gerekli ek adımların veya disiplinlerin gerektirmediği eylemlerin belirlenmesi ve süreçlerin ve politikaların yeterince belgelenmesinin sağlanması sürecine yardımcı olabilmektedir. (Higgins, 2008)

[111] https://www.dcc.ac.uk/

Mimarlık alanında dokümantasyon standartları ve veri modellemesi tasarım, inşa süreci, saha araştırmaları, mimari mirasın korunmasında kritik ve yapıcı bir rol oynamaktadır. Araştırma verileri mimari koruma ve planlama kavramlarının temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle çeşitli bilimlerden gelen veri türleri, standartlar, araştırmalar, nesne ve malzeme özellikleri, (tarihsel) CBS, fotoğraflar, bölümler, kat planları, görünümler, modeller ve daha birçokları birbiriyle uyumlu ve birlikte kullanılabilir hale gelmelidir. Bu verileri kullanmak için kamu kurumlarında, GKAM'larda ve üniversitelerde bu araçların kullanılması gereklidir. Kullanıcı gruplarına bağlı olarak veri türleri ve formatları birçok yaşam döngüsü aşamasından geçebilmektedir. Yapılar söz konusu olduğunda tüm ölçeklerde parametrik ve akıllı referans nesneler aracılığıyla bilgiler ayrıntılı olarak bağlanabilmekte; sekronize modeller ile bilgi alışverişini teşvik etmek ve riskler konusunda şeffaflık yaratmak mümkün olmaktadır. Bu nedenle veri alışverişleri için standartlar, arayüzler ve yazılım platfromları yapıların tüm yaşam döngüsünde kullanılacak şekilde entegre edilmelidir. Miras veri modelleri ve saha planlarının kapsamlı bir şekilde oluşturulmasına yönelik dünya genelinde bir eğilim vardır. Bunlar bilgi tabanlarına ve meta verilerle genişletilmektedir. Şekil 4.75 NFDI4Culture'ın anıtlarla ilgili çalışan kamu kuruluşlarının ihtiyaç duyabileceği veri döngü şemasını sunmaktadır. Koruma kurumlarında bina etütleri, kazı projeleri, arşivleme, envanterleme sistemleri, saha denetimleri gibi aynı anda birkaç proje üzerinde çalışabilmektedir. Bu senaryoya göre toplanan veri kümelerinin doğası gereği heterojen olmasına rağmen tüm verileleri projeye özgü veritabanlarına toplamak ve bunları bağlamak istenebilir. Bunu sağlamak için yerelden başlayarak ofisleri veri standartizasyona teşvik etmek gerekir. Bu eksiklikler, karşılaştırılabilir mimari miras verisi oluşturulmasına ve yapı analizlerinin değerlendirilmesine engel olmaktadır. (NFDI4Culture Community, 2022)



Şekil 4.75 Anıtlarla ilgili çalışan kamu kuruluşları için hazırlanmış NFDI4culture veri yaşam döngüsü modeli (NFDI4Culture Community, 2022)

4.5.3 Müellifin Konumu ve Söz Hakkı

Küreselleşme çağında ve günümüzün hızlı tüketim toplumu karşısında, bir devletin kültürel mirasına gömülü tarihsel bilgi ve kültürel değerin tanımlanması ve yorumlanması hem benlik hem de ulusal kimlik oluşturmanın anahtarı haline gelmiştir. Dijital miras, dijital çağda ortaya çıkan yeni bir kavramdır. Bu tez kapsamında ilk iki sırada yer alan kavram uluslararası koruma örgütlerinin tanımları kapsamında ele alınmıştır. Hukuki anlamda bakıldığında üç anlam öne çıkmaktadır: (He, Ma, & Zhang, 2017) (Yılmaz E. M., tarih yok)

- Dijital araçlarla üretilen uzun vadeli değeri ve önemi olan benzersiz kaynaklar ve bilgiler (kalıcı değere sahip dijital doğan kaynaklar): değerli dijital miras
- Kültürel miras ve dijitalleştirme: dijitalleştirilmiş kültürel miras
- Sanal alandaki web tabanlı haklar ve varlıklar: devralınabilir sanal mülk

Terminolojiye bakıldığında hukuk alanında dijital miras *digital inheritance* olarak değerlendirilmektedir. Yılmaz (2022) tezinde dijital varlıkları sosyal medya

hesapları, e-posta hesapları, alan adları, kripto paralar ve çevrimiçi oyunlar olarak sınıflandırmıştır. Dijital miras hakları için külli halifiyet ilkesi, kişilik hakkı, haberleşme gizliliği ve kişisel verilerin korunması, miras bırakan ve servis sağlayıcı arasındaki sözleşme ilişkisi açısından hukuki tanımlar yapılmaktadır. (Yılmaz İ. , 2022)

Devralınabilir sanal mülkiyet hakkı (*inheritable virtual property*), 2005 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde, ölen bir kişinin çevrimiçi hesabına erişimle ilgili bir dava, dikkatleri sanal ağlarda/internette var olan dijital bilgilere erişim konusuyla gündeme gelmiştir. Dijital miras kapsamında daha sonra, e-posta hesabı ve parolaları, bulut sürücüsünde depolanan veriler, çevrimiçi kişisel fotoğraf albümü, sanal para birimi ve bir sonraki nesle aktarılabilecek web tabanlı haklara ve varlıklara atıfta bulunmaktadır. Avrupalı ülkeler bu fikri miras kavramına dahil etmeye başlamışlardır. Dijital mirasın bu özel yorumu, UNESCO tarafından sağlanan tanımından farklıdır. (He, Ma, & Zhang, 2017)

Dijitalleşme ile birlikte yeni birkaç hak türü de ortaya çıkmıştır. Bu hakların ortaya çıkış nedenlerinden biri, dijitalleşmenin kurumlar arası ve disiplinler arası bir süreç içerinde oluşmasıdır. Yasal kaygıları çeşitlilik gösteren miras sahipleri laboratuvar ve kültürel politika yapıcı / yönetici olan bellek kurumlarını birleştirir. Dijital miras için hak yönetimi bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Bununla birlikte, fikri mülkiyet haklarının tam olgunlaşmamıştır. (Sotirova, Peneva, Ivanov, Doneva, & Dobreva, 2012)

Haklar konusunda WIPO[112], ICOM, UNESCO ve diğer bazı girişimler vardır. Materyal değerlendirilirken ticari, kültürel, etik, tarihi, ahlaki, dini veya manevi nitelikteki çok çeşitli konuları dikkate almak gereklidir. Kültürel içerik için dijital haklar yönetimi, çözülememiş bir konudur. Sahtecilik Karşıtı Ticaret Anlaşması (ACTA[113])'nın, uluslararası platformda fikri mülkiyet haklarının uygulanması için standartların yer aldığı bir sözleşmedir. Bu sözleşme ile ilgili son tartışmalar, konunun karmaşıklığını ve benimsenmediğini göstermektedir. (Wikipedia, 2012)

[112] https://www.wipo.int/
[113] https://tr.wikipedia.org/wiki/Anti-Counterfeiting_Trade_Agreement

2011 Yılında WIPO ve ICOM, dijitalleştirilmiş kültürel eserlere erişim ve bunların yaygınlaştırılması için ortak tartışma çerçevesi oluşturmaya ve fikri mülkiyet ve telif hakkı sorunlarını çalışan sözleşme imzalamışlardır. (WIPO & ICOM, 2011)

Türkiye'de fikri ve sınai haklar 1951 tarihli 5846 nolu Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu (FSEK) tarafınca korunmaktadır. 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'na göre; mimarlık eserleri "Mimari Projeler" ve "Yapı" olarak iki ayrı grupta tanımlanmaktadır. Yargısal anlamda bakıldığında ise mimari projelerde ve yapıda; hususiyet, özgünlük, estetik düzey gibi kavramlar tartışma ve anlaşmazlık konuları olarak gündeme gelmektedir. Mimarlık eserleri, güzel sanat eseri başlığı altında sayılmış ve yasal koruma kapsamına alınmıştır. (Yücel Tunç, 2015) Bu yüzden herhangi bir modelleme kullanımında ayrıca fikri mülkiyet haklarını belirtmeye gerek olmadığı düşünülmektedir. BIM konusunda Telif Hakkı sahipliği konusu düşünüldüğünde proje paydaşları (İşveren, AEC, As-Built aşamasına getiren yüklenici vb) ile birlikte bilgi modelinin geliştirildiği unutulmamalıdır. Yapı Bilgi Modellemesi ile ilgili kısımda geleneksel proje telim sürecinden iBIM sürecindeki iş birliğinden bahsedilmiş; iBIM kapsamında dijital ortamda tasarım ekibinin işin başında yapımcı, üretici ve ana tedarikçilerle bir araya getirilmesi ve Bütünsel Tasarla ve İnşa Et (*Integrated Design and Build*) ve Bütünsel Proje Teslim (*Integrated Project Delivery*) modellerinin uygulanmasıdan bahsedilmiştir. BIM'in temel ilkelerinden biri tüm bilgilerin tek bir modelde (bütünsel veya birleştirilmiş modeller) toplanması ve tüm paydaşların istediği anda kontrollü erişim alanında güncel bilgilere ulaşabilmesini sağlamaktır. BIM modeli, yapılandırılmış bilgler sayesinde kopyalanması daha kolay bir ortam sunmaktadır. Fakat BIM modelinde bilginin düzenlenmesinde kullanılan metodolojinin özgünlüğü sayesinde çizgi ve yazılardan oluşan 2B bir çizime oranla hırsızlığın anlaşılması ve kanıtlanması çok daha basit olmaktadır. BIM telif haklarıyla ilgili konuları genişletmiştir. Geçerli olduğu alanlar şu şekilde özetlenmiştir: (Doğançay, 2014)

- BIM modeli (bütünsel ya da birleştirilmiş modeller)
- BIM model desteği (ayrı model hazırlayıcı ya da ortak-müellif)
- BIM model bileşenleri (ekipmanlar, doğramalar, kapılar vb)
- BIM modelindeki işlenebilir çizimler (2 boyutlu CAD dosyaları vb.)
- BIM modelindeki işlenebilir tablo ve listeler (Excel dosyaları vb.)

Telif hakkının hak sahibine tam bir sahiplik hakkı verdiği düşünülmektedir. Telif hakkı bir güvencedir, mülkiyet hakkı değildir. Telif hakkı bir ürünün üzerindeki hakkın kimde olduğunu ve neler yapılabileceğini tanımlamaktadır. Bu hakların çerçevesi ve BIM ile bağlantısı konusu ile ilgili alttaki başlıklar sıralanabilir: (Doğançay, 2014)

- Müellif Hakkı ve Manevi Haklar
- Kullanımına Müsaade Etme Karar Hakkı
- Kimlerin Kullanacağına Karar Verme Hakkı
- Kullanım İçin Bedel Talebi Hakkı
- Başka Projelerde ve Farklı Amaçlarla Kullanım Hakkı

Türk inşaat sektöründe BIM farkındalığının düşük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle Türkiye'de fikri mülkiyet hakları ve model öğelerinin telif hakları konusunda bir yasa, regülasyon vb. bir çalışma bulunmamaktadır. BIM, ancak hizmet sözleşmeleri kapsamında süreçle ilgili sorumluluk paylaşımı yapabilmektedir. (Tel, 2021)

Yapı ile ilgili bilgileri yönetmek için de kullanılan veri ağına (*web of data*) dayalı teknolojilerin güvenlik sorunu tartışmaya açık bir konudur. Güvenlik sorununun, üretkenlik ve birlikte çalışabilirlik ile dengelenecek şekilde çözüme kavuşturulması önemlidir. Gelişim aşamasında ağır güvenlik önlemlerinin alınması fırsatların azalmasına neden olabilir. (Törmä, 2014)

Public Domain[114] yani *Kamu Malı* kavramı, telif hakkı süresi bitmiş veya hiçbir zaman telif hakkı ile korunmamış eserler için kullanılmaktadır. İlk tanımda eserin mevzuatına tabii olduğu ülkede geçerli fikri haklar kanununda belirtilen koruma

[114] **4.4.2 Politikalar** başlığında açıklanmıştır.

süresi, ikinci tanımda ise telif haklarından feragat edilmiş olması söz konusudur. Bu kavram ilk defa 2004 yılında, avukat Lawrance Lessig tarafından kullanılmıştır. (Creative Commons Türkiye, 2020)



Şekil 4.76 Creative Commons lisans koşulları ve lisans spektrumu (Creative Commos Türkiye, 2020)

Telif hakları kişinin yaratıcılığından doğan haklarını korumak ve desteklemek için ortaya çıkan bir olgudur. Fakat dünyanın pek çok ülkesinde telif hakkı konusu, 1950'lilerin kanunları ile yönetildiği için açık kültürün temelinin oluşturan kamunun bilgiye ve kültürel mirasa erişimini kısıtlamaktadır. Telif hakları kanunlarını modernleştirmesi teknolojinin sağladığı faydaların kanunlara yansıması, kamu yararına olacak içeriklere kısıtlama olmaksızın erişilebilmesi, istisnaların tanımlanması gibi çabalarla sürmektedir. 2019 yılında Avrupa Parlamentosu'nda oylanan yeni telif hakları yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle CC BY atıf lisansı ve CC0 *public domain* lisanslarının kullanımını resmi olarak kullanılmaya başlamıştır. Kamu Malı konusunda etkin çalışmalar gerçekleştiren başlıca organizasyonlar arasında Communia ve Creative Commons sayılmaktadır. Communia, kamu malı eserlerin alanının genişletilmesi, kültür ve bilgiye erişimin ve yeniden kullanımının artması için politika düzeyinde çalışmalar gerçekleştiren bir sivil toplum örgütüdür. Paylaşılabilir dijital koleksiyonların hak yönetimi, format ve üst veri kalitesi için ilke ve standartlar nitelendirmesi için Creative Commons (CC) açık lisansları kullanılmaktadır. Açık lisanslar telifli eserin bazı haklarının saklı olduğunu ve internet ortamında hangi şartlarla paylaşıldığı anlamına gelmektedir. Görselde CC lisanslarının dört ana koşulu ve kamu malı

lisansları şemalaştırılmıştır. Creative Commons telifli eserler için dört ana koşulun (BY, SA, NC, ND) kombinasyonu olan altı lisansı (BY, BY-SA, BY-ND, BY-NC, BY-NC-SA, BY-ND-SA); kamu malı eserler için ise, PDM ve CC0 lisansları kullanmaktadır. PDM kanunen telif süresi sona ermiş eserler için, CC0 ise telif haklarından feragat edilmiş eserler için kullanılmaktadır. Sadece eserlerin görüntülenebilmesi ve dijitalleştirilmiş bir koleksiyon elde edilmesi önemli değildir. Kamu malı niteliğindeki eserlerin insan ve makine tarafından okunabilir (örneğin arama motorları, dijital arşiv vb.) uluslararası üst veri standartlarına sahip olması, yasal konumuna ve kullanım iznine uygun olarak hizmete sunulmasıdır. Bu koşullar paylaşılabilirlik ve yeniden kullanılabilirlik açısından çok önemlidir. GKAM'ların ve çeşitli kültürel miras veri sağlayıcılarının açık lisansları benimsemeleri için *Creative Commons* başlıca nedenleri şu şekilde sıralamıştır: (Holt, 2019) (Creative Commons, tarih yok)

- Telif sahibi ile kullanıcı arasındaki bağlantıyı sağlar böylece iletişimi hızlandırır, kullanımı artırır, yaratıcılığı ve gelişimi sağlar.
- Kurumların kültürel mirasa erişimini misyonu sağlar ve dijital alanı genişletir. Kurumun çevrimiçi varlığını ve toplumsal etkisini güçlendirir.
- Koleksiyonların yeniden kullanılabilirliğini sağlar ve yeni çalışmalar için teşvik eder.
- Yeterince temsil edilmeyen içeriğin potansiyel olarak kullanımını artırır böylece eşitlik ilkesini güçlendirir.
- Çeşitli organizasyon veya kalıcı çevrimiçi sergiler aracılığıyla yeni değerler yaratır.
- Araştırma ve öğrenim kurumlarının kullanımının artırmasıyla açık eğitim kaynağı oluşturma fırsatı sunar.

5
DİJİTAL MİMARİ MİRAS BAĞLAMINDA KORUMA OLASILIKLARI

Bu tezin amacı bilgisayarın, internetin ve webin hayatımıza girmesiyle birlikte ortaya çıkan yeni bakışların 2000'li yıllardan itibaren bir çerçeveye alınma ve tanımlama güdüsüyle ortaya çıkan yaklaşımların bir kesitini sunmak ve gündemi yakalamaya çalışmaktır. Tez konusu içeriği ve etkileşimde olduğu disiplinler düşünüldüğünde oldukça geniş ve dinamiktir. Tez boyunca disiplinler arası çalışmanın, ortak dil yaratmanın ve birbirinden haberdar olmanın ne kadar önemli olduğuna dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Bu bölümünde bu geniş çerçevenin Türkiye yansımasına bakmak ve tespit yapmak için sahada ve ofis ortamında restorasyon sürecine dair tecrübe edindiğim Sultanahmet Camii üzerinden referans sorular üretilmiştir. Konun merkezi Sultanahmet Camii değildir, merkez dijital miras konusuna bütüncül bakıştır. Ontoloji tabanlı sistem adımlarını tanımlamak için bu referans sorular üzerinden bir kurgu yapılmaya çalışılmıştır.

5.1 Mimari Mirasın Korumasında Aktörler, Yetkili Kurum Yönetmelikleri ve İşleyiş

Türkiye Cumhuriyeti'nde mimari mirası korumada yetkili kurumlar aşağıdaki tabloda listelenmiştir (Coşkun, 2012) (Kambek, 2021). Coşkun'un (2012) tezinde kurumların geçmişi ve işleyişi, Kambek'in (2020) tezinde ise kültürel miras projelerinin etkin ve doğru yönetilmesi için model önerisi geliştirilmiştir. Tezin bu bölümde proje yönetimin girdisi oluşturan kurumlara, geçerli mevzuatlara ve birim fiyat tariflerine özet bir bakış sunulacaktır.

Tablo 5.1 Türkiye'de kültürel mirasın korunmasından sorumlu kurumlar, paydaşlar ve mevzuatlar (Coşkun, 2012) (Kambek, 2021)

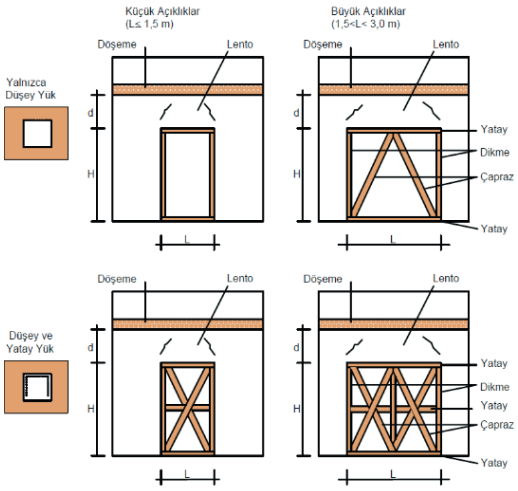
Kurum	Geçerli Mevzuat veya Kurullar, Yürürlüğe Girdiği Yıl	Birim Tarifleri
Kültür ve Turizm Bakanlığı, (KTB)	2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 1983 KTVKYK[115] ve KVKBK 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'n 3. Maddesi I Bendi Kültür Varlıkları İhale Yönetmeliği 2013 Korunması Gerekli Kültür Varlıklarının Onarımları ve Restorasyonları ile çevre Düzenlemesine İlişkin Mal ve Hizmet Alımlarına Dair Usul ve Esaslar, 2022* Alan Yönetimi Yönetmeliği, 2005[116]	KTB Birim Fiyat Tarifi
Vakıflar Genel Müdürlüğü, (VGM)	5737 Sayılı Vakıflar Kanunu, 2008 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'nun 2. Maddesinin K Bendi, 2009 26993 Sayılı Vakıf Kültür Varlıkları İhale Yönetmeliği, 2008 263 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı, 2018 (Vakıf Kültür Varlıklarının Onarımları ve Restorasyonları ile Çevre Düzenlemesine İlişkin Mal ve Hizmet Alımlarına Dair Usul ve Esasları) Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu, 2017, ICOMOS Türkiye Komitesi iş birliğiyle*	VGM Birim Fiyat Tarifi
Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü (KVMGM)	30474 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 2018*	
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB)	6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkındaki Kanun, 2012 Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Komisyonları	ÇŞB Birim Fiyat Tarifi
Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)	Tarihi Köprüleri Bakım ve Onarım Sorumluluğu KTVKYK 430 Nolu İlke Kararı, 1996 KTVKYK 716 Nolu İlke Kararı, 2006 (1269 nolu ilke kararı ile değişiklik, 2019) Tarihi Köprüler Şube Müdürlüğü	KGM Birim Fiyat Tarifi
Belediyeler ve Valilikler	İl Özel İdareleri Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlıkları Koruma Uygulama Denetim Büroları (KUDEB) Belediye Kanunu, 2005	-
Milli Savunma Bakanlığı (MSB)	MSB ve KTB arasındaki protokol	MSB Birim Fiyat Tarifi
Milli Saraylar İdaresi Başkanlığı	Restorasyon Atölyeleri ve Tamirat Geleneği 2863 sayılı Kanun 10. Madde MSİB Bilim ve Değerlendirme Kurulu MSİB Mal ve Hizmet Alımları Yönetmeliği, 2019	-
Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı Başkanlığı (TİKA)	1992 Dışişleri Bakanlığı, 1999 Başbakanlık, 2018 Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile KTB TİKA Hizmet Alımları Sözleşmesi	-
TSE	Kültürel Mirasın Korunmasına üzerine Standartlar CEN, CEN39, TSE 36 CEN/TC 346 *Conservation of Cultural Property* - Kültürel Varlıkların Korunması TSE TK11 nolu İnşaat İşleri İhtisas Kurulu'na bağlı İzolasyon, Kaplama ve Yardımcı Yapı Malzemeleri Teknik Komitesi Ayna Komitesi Üyeliği	
Üniversiteler, Enstitü ve Araştırma Merkezleri	Tarihi Çevre Değerlerlerini Araştırma Merkezi, ODTÜ Mimarlık Tarihi ve Restorasyon Enstitüsü, İTÜ Mimar Sinan Araştırma Merkezi, MSGSÜ Kültür Varlıkları ve Sanat Eserleri Malzeme Uygulama ve Araştırma Merkezi, MSGSÜ Tarihi Mirası Koruma Uygulama Araştırma Merkezi, YTÜ Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma Uygulama ve Araştırma Merkezi, FSMVÜ	
Diğer Kurumlar	Milli Emlak Müdürlüğü Sağlık Türkiye Hudut ve Sahiller Sağlık Genel Müdürlüğü Kıyı Emniyet Müdürlüğü TMMOB Mimarlar Odası STK: ICOMOS Türkiye, UNESCO Türkiye, Europa Nostra Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu, TAÇ Vakfı, ÇEKÜL, Tarihi Kentler Birliği, Kültürel Mirası Koruma Derneği, Türk Tarih Vakfı, Mimari Restorasyon Kültür Varlıklarını Koruma Derneği, Mimarlık Vakfı vb.	
Yayın Kuruluşları	Yapı Endüstri Merkezi Mimarlık Vakfı ve Enstitüsü Özel, Devlet, STK ve Üniversite Yayınları	

[115] KTVKYK: Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Yüksek Kurulu; KVKBK: Kültür Varlıkları Koruma Bölge Kurulu
[116] İstanbul Tarihi Alanları Alan Başkanlığı 2006, Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alan Başkanlığı 2014, Kapadokya Alan Başkanlığı 2019

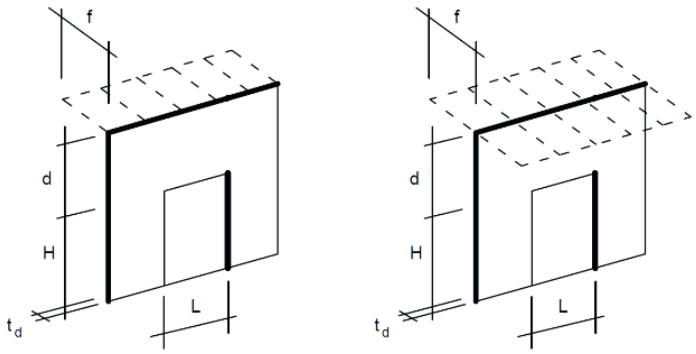
Bölüm 3'te kültürel varlıkların korunmasına ilişkin güncel uluslararası tanımlara ve 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu (1983)'nda kültür varlıklarının tanımdan bahsedilmiştir. Bu kanun haricinde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürürlüğe konan "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" ile "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" afet planlamasına ve "Bina Enerji Performans Yönetmeliği" ile "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik" yapı performans analizine dair tarihi yapılarla ilgili çeşitli referanslar vardır. Bu referanslar genel olarak şu şekildedir:

"Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" (2015)'te '11. Kısım' tarihi yapılara ayrılmış; Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun görüşünün alınması esastır ifadesi yer almakta fakat kullanılacak malzemelerin yangın dayanımıyla ilgili optimum görüşler belirtmektedir.

"Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" (2018) 'Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar' ekinde 'Bölüm 1: Genel Hükümler' ve 'Bölüm 15: Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar' bölümlerin kapsamında "Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların, deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır" ifadesi yer almaktadır. Tarihi yapıların deprem analiziyle ilgili VGM ve ICOMOS Türkiye ile hazırladığı "Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu" (2017) mevcuttur. Kılavuzdaki başlıklar **temel tanım ve kavramlar**, **araştırma ve bilgi toplama** (alan ve laboratuvar deneylerinde termografi, jeoradar gibi yöntemlerin kısa tariflerine yer verilmiştir), **tarihi yapılarda kullanılan malzemeler ve hasarları** (malzeme odaklı hasarlar: agrega, kerpiç, tuğla vb), **tarihi yapılarda yapım sistemler, yapısal modelleme ve değerlendirme** (statik, hareketli, deprem yükü ve diğer yüklerin yapıya etkileri) , **müdahale yöntemleri** (esaslı onarım alt başlığında döşeme, bağlantı gibi noktasal yöntem önerileri) ve **deprem odaklı afet ve acil durum yönetimi** (yapı elemanları üzerinden temel hasarlar) şematize edilmiş geometrik anlatımlarla sistemlerin çalışma prensipleri müdahale yöntemleri aktarılmıştır. (Vakıflar Genel Müdürlüğü, 2013)

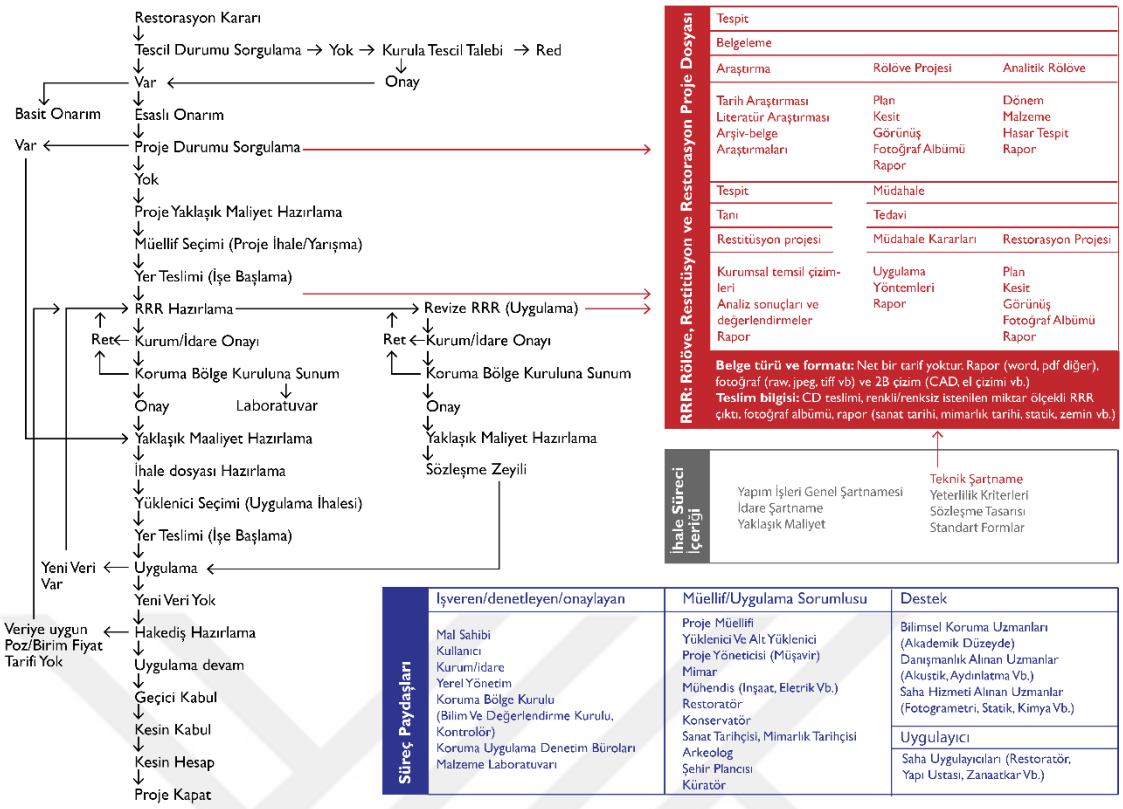


Şekil 5.1 Kapı ve pencere boşluklarının desteklenmesi



Şekil 5.2 Dış ve iç duvarda geometrik parametrelerin gösterimi

Enerji Verimliliği Kanunu (2007) ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) tarihi yapılarla ilgili bir kapsam belirtilmemiştir. Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (2017) madde 2 (4)'te korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen yapılarda gerekli önlemler, "Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulunun görüşü alınarak yapının özelliğini etkilemeyecek biçimde uygulanır" ifadesi yer almaktadır. Yönetmelik ekinde genel yapı işlevi ve mahal komşuluk ilişkileri üzerinden sınıflandırmalar yapılmıştır.



Şekil 5.3 VGM koruma projeleri yönetimi için kapsam, süreç ve paydaş haritalaması[117]

Türkiye'de mimari koruma projelerinin projelendirilmesi ve restorasyon kararının alınmasıyla birlikte sırasıyla tescil sorgulama ve oluşturma, proje sorgulama, proje yoksa en az bedel ile projelendirme için ihale açma veya ihaleye açmadan doğrudan projelendirme hizmeti alma, onaylanan proje çizimleri üzerinden en az bedel üzerine kurgulanan ihale ile yüklenici seçilmesi, seçilen yüklenicinin hakediş ve analiz (yeni poz, yeni veri vb) için projelendirme yapması şeklinde ilerlemektedir. Temelde proje müellifine ve uygulama seçimine dayalı bu iki aşamalı sistem, koruma projeleri karakterine uygun değildir. Çünkü koruma projeleri sahadan gelen veriyle çizimlerin sürekli güncellendiği ve bu çizimler üzerinden müdahale kararlarının belirlendiği dinamik bir yapıya sahiptir.

Taşınmaz kültür varlıklarının ihale süreci "TMMOB Mimarlar Odası Taşınmaz Kültür Varlıklarının Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projelerine İlişkin Teknik

[117] Sert (2012), Kambek (2020) ve Teknik Şartname (2015) yayınlarından faydalanarak geliştirilmiştir.

Şartname" (2015) ve "Tek Yapı Ölçeğinde Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projeleri Teknik Şartnamesi"nde (resmi yayın yılı bilinmiyor)' mimari hizmet olarak rölöve restorasyon projeleri ve destekleyici yazılı ile görsel belgeler ve mühendislik dallarında yapılması gereken her türlü proje olarak tanımlanmıştır.

Mimari hizmetleri kapsayan çizimsel belgelerin içeriği plan, kesit, görünüş ve ölçeği vaziyet planı için serbest, rölöve-restitüsyon-restorasyon projeleri için 1/50, ihtiyaç duyulduğu takdirde 1/20 sistem detayı ve 1/10, 1/5 ve 1/1 nokta detaylar şeklinde tariflenmiştir. Ayrıca tipoloji çalışmaları için ayrıştırma ve çizelge talep edilmektedir.

Yazılı belgeler başlığı yapının mekânsal, mimari, strüktürel ve bezeme özelliklerinin araştırma sonuçları, tanım, açıklama, analiz ve raporlarını içermesini gerektiğini ifade eden cılız bir bilgilendirmeye sahiptir. Çizimsel ve yazılı belgelerde bakım programının içeriği ile ilgili dair bir ifade yoktur.

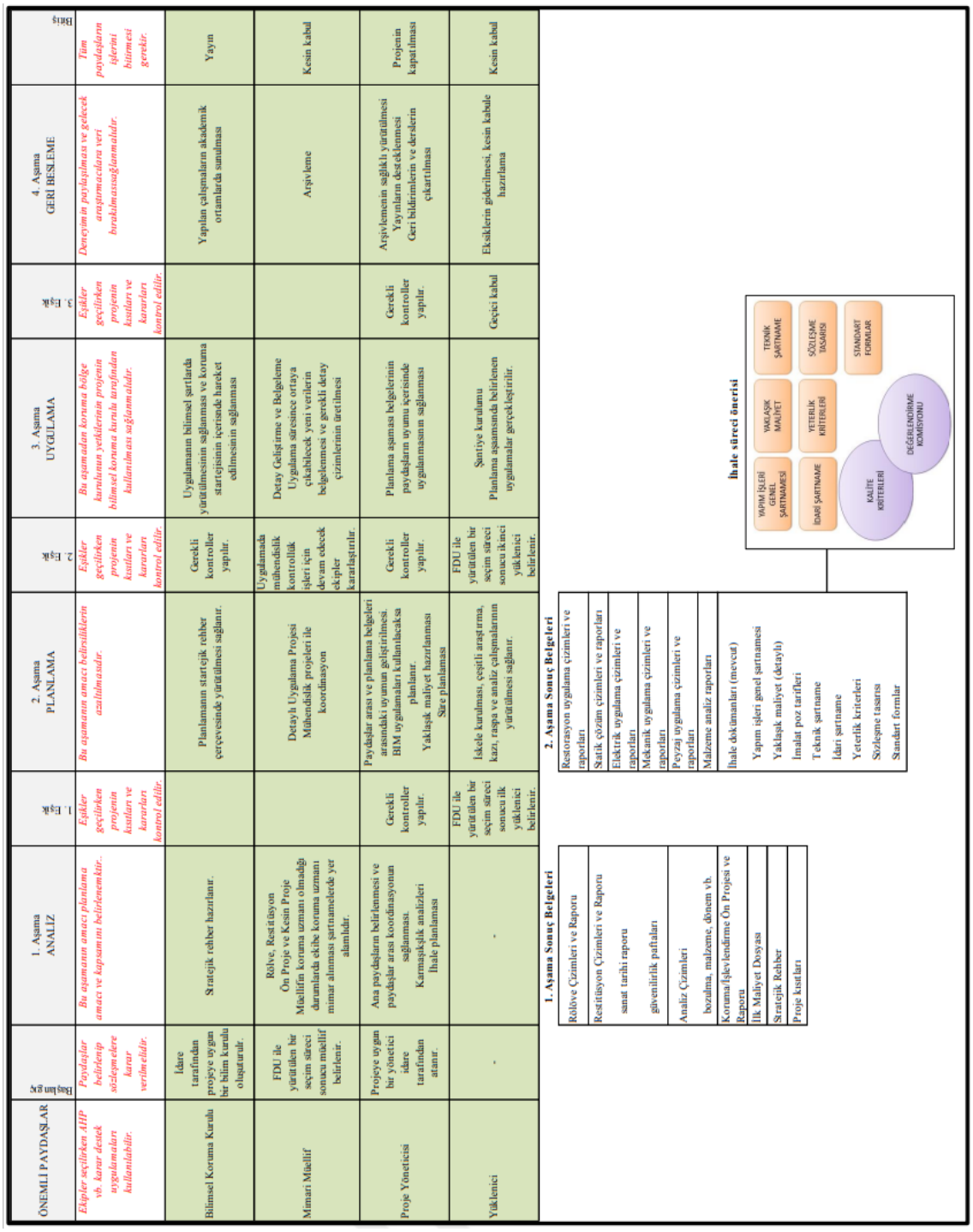
Görsel belgeler fotografik ve ileri belgeleme teknikleri olarak sınıflandırılmıştır. Fotografik belgeleme için çekim yakınlık-uzaklık bilgisi, kameranın çekim yüzeyine paralel duruşu, fotoğraf numaralandırılması ve çekim yönlerinin paftalar üzerinden belirtilmesiyle ilgili birkaç satırlık bilgiler bulunmaktadır. Fotoğraflarda eşel, emaye eşel ve çizgisel ölçeğin bulundurulması gibi tarifler de yer almamaktadır. 3 boyutlu belgeleme, 3 boyutlu lazer tarayıcı cihazlar ve benzeri teknikler için idarenin talebi doğrultusunda özel şartnamede belirtileceği bilgisi eklenmiştir. Özel şartname, teknik şartnamede tariflenmemiş belgedir; idare tarafından çizimlerin sayı ile niteliği değiştirilmek istendiğinde veya ileri belgeleme teknikleri kullanılmak beklendiğinde bu belge talep edilen işin yaklaşık maliyetini de içerecek şekilde oluşturulmaktadır.

Şartnameye bakıldığında içerik ve ölçeklerle ilgili genel tarifler bulunsa da dijital sürdürülebilirlik adına asgari düzeyde uluslararası kabul gören verinin türü/formatı (ham veri, dwg, dxf, pdf, word vb) kalitesi (52V, çözünürlük, vb) standardı (ISO, Dublin Core vb), verilerin elde edildiği asgari cihaz nitelikleri (teknik, kapasite, konumlandırma bilgi vb), ucu açık bırakılmış temel dosya klasörleme adımlarını, klasörleme kodlarını ve hangi kurum arşivine dosya

kopyalarını yükleneceğini belirten bir ekin ihaleyi açan kurum tarafından belirtilmesi gerekliliği ilk göze çarpan belgeleme sorunudur. Çizimsel, yazılı ve görsel belgeler ilgili kurulun tescil ve proje onayı için bir ön adımdır fakat belgelerin sürekliliği için bilgi ve belge yönetimi adımının sürece entegre edilmesi gereklidir. Yüklenici aşamasında da periyodik olarak çizimler, raporlar ve görsel belgeler onaylandıktan dosya sistemini koruyacak şekilde gerekli arşiv kurumuna planlanacak aralıklarla teslim etmeye devam etmelidir.

Kambek (2021) doktora tezinde koruma projeleri yönetim süreçleri için koruma projeleri teslim sistemi, yönetim sistemi, karmaşıklık analizi ve kalite unsuru içeren ihale süreci ile ilgili kapsamlı ve mevcut sistemi köklü değişiklik yapmadan iyileştiren bir model önermiştir. (Şekil 5.4) Fakat önerdiği modelde kalite unsurunu veri üzerinden değerlendirdiğimizde asgari düzeyde ihale sürecinde oluşturması gereken çizim ve belgeler (analiz aşaması sonuç belgeler, planlama aşaması sonuç belgeleri) ve bunların içeriği açıklamıştır. Koruma projeleri yönetimine yönelik yaptığı sonuç değerlendirmesinde koruma projelerinin çok paydaşlı yapısı, birçok bilgiyi entegre olarak temsil edilmesi ve yönetilmesi için BIM teknolojisine ve yapay zekaya dikkat çekmiştir. Gelişmiş ülkelerde bu teknolojilerin kültürel varlıklar için aktif bir şekilde kullanıldığını belirtmiştir. Kamu ihale süreci önerisine **optimum kullanılması gereken teknoloji kriterleri, dijital miras verisi standartları ve dokümantasyon adlandırma/numaralandırma prosedürü** de eklenmelidir.

Şekil 5.4 Kambek (2021) tarafından koruma projeleri yönetim süreci model önerisi



5.2 Bilgi-Belge Edinimi ve Süreç Yönetimi

Tezin bu bölümünde proje yönetiminin girdisini oluşturan dijital verinin Türkiye'deki farkındalığına yer verilecektir.

Tarihi yapılarla ilgili perspektiften bakıldığında **Şekil 4.64** ve **Şekil 4.65**'te gösterilen el çiziminden yapı yaşam döngüsü modeline kadar adımların tariflendiği ISO19650'ye ait şemada Türkiye **Aşama 1** ve **Aşama 2** arasında bir yerdedir. Bu aralık analog ile dijitalleşmeye geçiş arasında bir yerde olduğunu anlamına gelmektedir. Kültürel bellek kurumları takip ettiği uluslararası kuruluşların standartlarına uyum sağlayarak veri kalitesiyle ilgili belli standartları yerine getirebilmektedir. Kültürel bellek kurumlarının işleyişini değerlendirme ayrıca bir uzmanlık gerektirdiği için kurumların sadece şantiye ve araştırma alanlarıyla ilgili temaslarından bahsedilecektir.

Sultanahmet Camii (SAC) restorasyonunun proje müellifi, VGM eski kontrolörü ve ana yüklenici şantiye şefine bilgi ve belge edinimleriyle ilgili sorular yöneltilmiştir. Soruların sırası ana hatlarıyla şu şekildedir: restorasyon kararı hazırlığı, işveren durumundaki kurumun proje ve uygulama için ihale hazırlığı, ihaleyi alan proje müellifinin projelendirme süreci ve ana yüklenicinin uygulama ve uygulamaya yönelik projelendirme sürecinde bilgi, belge ve çizimlerin aktarılması. (EK-E)

İlk soru SAC'nin restorasyon kararının nasıl alındığıdır. SAC'nin restorasyon kararının periyodik bir bakım esnasında değil kamu ve camii kullanıcılarından gelen bir talep ve bir minarenin mukarnasından düşen püskülün tehlikeli bir noktaya inmesi doğrultusunda oluştuğu belirtilmiştir. Türkiye'de tarihi yapılarla ilgili periyodik bakım stratejisi ve takibi ile ilgili sistem veya program olmadığı bilinmektedir. Yapı eğer restorasyon geçirmiş ise projenin müellifi proje paketi içerisinde ya da ana yüklenici, alt yüklenici ve uygulama yapan zanaatkarlar tarafından bir öneri program geliştirilmiş olabilmektedir. Fakat bu programlar işveren kuruma iletilip değerlendirilmeye alındığına dair net bir yorum yoktur. Kurumda çalışan uzmanların hassasiyetine bağlı olarak önerilerin değerlendirilebileceği ifade edilmiştir. Genel olarak bir yapının restorasyon kararı

sistematik bir takip sistemine değil bütçe planlaması, siyaset ve seçim politika baskıları, toplumsal önem, temsil ettiği değer, göz önünde bulunma durumu yani stratejik konum, tehlikeli duruma gelindiğinin birileri tarafından fark edilmesi gibi talep sonucunda değerlendirmeye alınmaktadır.

İşveren konumundaki kurumlar bir sonraki senenin veya dönemin hazırlık bütçesini programlamak ve ihale hazırlığında bulunmak için yaklaşık maaliyet hesapları yapmaktadır. Bu hesaplar, kurum içerisindeki uzman kişilerin kurum arşivindeki verilere dayanarak TMMOB Mimarlar Odası, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği ve VGM tarafından yayımlanan yapı yaklaşık birim maliyetlerindeki yapı sınıfı, zorluk katsayısı, sadelik değeri, metrik bilgiler vb. girdiler ve hesabı yapacak kurum uzmanlarının deneyimlerinden faydalanarak belirli kotlar referans alınarak hesaplanmaktadır. Burada kurum hafızasının dönemdaş ve aynı işlevde olan yapıların şekil gramerlerine, süslülük derecelerine, ortaya çıkan bulgulara veya yerinde üç boyutlu belgeleme tekniklerine dayalı gözden geçirdiği ve kılavuz niteliğinden formüle ettiği bir hesap yöntemi olmadığı belirtilmiştir. Yani yaklaşık maliyet hesapları üzerinden yeni bir yaklaşık maliyet hesabı oluşturulduğu anlaşılmaktadır. Bu hesaplama tabii ki kurum içinde yetkin, donanımlı ve tecrübeli kişiler tarafından yapılmakta, kurum bürokrasinin içinden geçirilmektedir. Fakat yine de kişi hassasiyetine, dikkatine ve deneyimine bağlı olarak hesaplama yapılmaktadır. Yeni restorasyon projeleri yapıldıkça yapı yaklaşık birim maliyetlerinde sadelik değeri, zorluk katsayısı[118] gibi bilgiler aslında güncelliğini yitirmektedir.

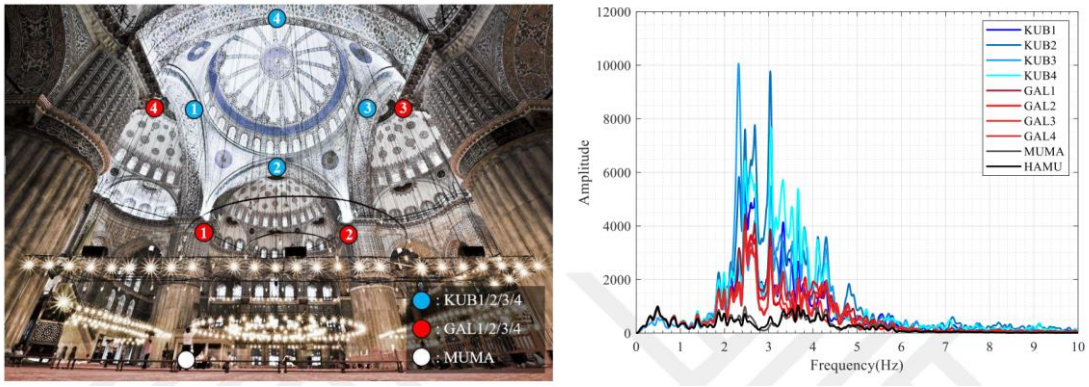
Proje ihalesi Teknik Şartname'de istenenleri uygun fiyata hazırlayacağını taahhahüt eden tüzel kişilikler tarafından kazanılmaktadır. Tarihi yapılarda bu sürecin istisnai olarak yürütülmesi gerektiği ile ilgili tartışmalara Kambek (2020)'nin doktora tezinde ele alınmıştır. Bilgi ve belge edinimiyle ilgili konuya dönersek SAC proje müellifi projelendirmeye başlamadan önce VGM tarafından kendisine kurum arşiv taraması, organizasyon şeması (araştırma yaparken iletişimde olabileceği departmanlar, koleksiyonlar vb.) önceki restorasyon

[118] Teknik şartnamelerde belirtilen zorluk katsayıları.

projeleri, örnek projeler, bakılmasını önerdiği kaynak listesi, restorasyon kararına girdi olan saha tespitlerini içeren rapor varsa restorasyon başlamadan önce VGM tarafından alınmış üç boyutlu tarama verisi, varsa simülasyon analizleri veya mevcut durumu belgeleyen ve teşvik eden üç boyutlu tarama, (yapı ve hacim) akustik ölçümler, aydınlık değerleri (gün ışığı ve yapay), enerji verimliğine dair çalışmalar (termal kamera ölçümleri, pencere boşluklarından gelen soğuk hava sızıntısı tespiti ve öneri detaylar, iklimlendirme cihazlarının yetersizliği ile ilgili raporlama ısı kaçışı vb.), yapı üzerindeki rüzgar ölçümleri, kullanıcı trafiği ve anketleri vb. gibi çalışmaların verilmediği muhtemel bu bilgilere sahip olunmadığı söylenmiştir. Kontrolörün hassasiyetine ve ilgisine bağlı olarak kurum arşivindeki veriler kontrolör tarafından proje müellifine iletildiği belirtilmiştir. Fakat VGM'nin arşivinin araştırmaya sonuna kadar açık olduğunun altı çizilmiştir.

Ayasofya, Süleymaniye Camii, Fatih Camii, Mihrimah Sultan Camii ve Sultanahmet Camii'yi kapsayan beş yapının sismik ölçümlere dayalı yapısal hareketliliği Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nın, Kandilli'de bulunan Yapı Sağlığı İzleme Laboratuvarı[119] tarafından 2012 yılından beri izlenmektedir. Dönmez (2021) yüksek lisans tezinde camiinin sismik sensör verilerini değerlendirmiştir. Sultanahmet Camii'nin hakkında Ekim 2012 ile Kasım 2020 arasında kaydedilen ve büyüklükleri değişken iki yüzden fazla veri MatLab'da kodlanmış komut dosyaları aracılığıyla işlenmiştir. (Dönmez, 2021) 2015 yılında Sultanahmet'te gerçekleşen bombalı saldırının verileri de sensörler tarafından kaydolmuştur. Şantiye süreci boyunca bu sensörler yerinden sökülmemiştir ayrıca Prof. Dr. Eser Çaktı öncülüğündeki ekip saha ekibine verilerle ilgili sözlü bilgilendirmede bulunup sunum yapmıştır. Fakat şantiye ekibi tarafından sunum gösterimi dışında herhangi bir belge paylaşılmadığı belirtilmiştir. Bu tez araştırması esnasında verilerin yazılı bir kaynağa dönüştürüldüğü tespit edilmiştir.

[119] https://eqe.boun.edu.tr/tr/yapi-sagligi-izleme-laboratuvari



Şekil 5.5 Sultanahmet Camii içerisindeki sismik sensörlerin konumları

Şekil 5.6 Yatay: MW 6.8 Ege Denizi depreminin fazı

(Kaynak'ta Şekil 4.60) (Dönmez, 2021)

Proje müellifine edindiği verileri niteliği ile ilgili soru yöneltildiğinde içerik olarak nitelikli olduğunu fakat verilerin ulusal sürdürülebilir kriterlerine uygun, işlenerek kullanabilir bir hale getirebileceğine dair bilgisi olmadığını söylemiştir. Hatta kendisi üç boyutlu tarama teknolojisini SAC için kullandığını, sahada ölçüm yapmaya gelindiğinde cihazı kullanan harita mühendisine hangi noktalara hangi sıklıkta atış yapması gerektiğini belirttiği söylemiştir. Elde edilen verinin harita mühendisi tarafından kabaca işlendikten sonra kendisine ulaştırıldığı ve onlarda iki boyutlu olarak AutoCAD dosyasında çalıştıklarını ifade etmiştir. Yani sahadan üç boyutlu veri toplansa da teknik şartnamede belirtilen ortogonal bakış açısıyla projelendirilmeye gidilmiştir. Burada aslında üç boyutlu veri eğer ki sürdürülebilir bir formata sahipse yapının üç boyutlu modelini elde edebileceğimiz anlamına gelmektedir. Proje müellifi projelendirdiği tüm tarihi yapılarda ortogonal olarak çizimlerini yaptığı için SAC'nin ölçeğinin büyük olması, sahada manuel veya geleneksel yöntemlerle kısıtlı süre içinde çizim yapmanın güç olduğunu düşünerek iki boyutlu veri elde etmek amacıyla üç boyutlu ölçüm yaptırdığını ifade etmiştir. Burada değinilmesi gereken konular teknik şartnamede teknolojik cihazların kullanımıyla ilgili önermede bulunulmaması, teşvik edilmemesi, teknoloji kullanan kişinin elde ettiği veriden tam kapasite faydalanamaması veya kapasitesi hakkında bilgiye sahip olmamasıdır. Örneğin bu durumun sonucu olarak ortaya çıkan CAD dosyasının idealde olması gerekenden 100 kat daha ağır olmasına neden olmuştur. Teknik ofis çalışmalarını yaparken idealde 100 KB olarak

çalışması gereken iki boyutlu bir dosyayı, üç boyutlu ölçümün iki boyutlu izdüşümü olarak çalıştığı için yaklaşık 1-2 GB değerlerinde çalışmıştır. Bu teknik ofisin donanım ve yazılım açısından daha maliyetli ve nitelikli bilgisayar kullanmasını gerektirmiştir. Ofis, bu dosyaları hafifletmek üzere programlı temizlik çalışmalarını tüm şantiye süresi boyunca yapmak zorunda kalmıştır. Bu konuya değinilmesinin gerekçesi şudur; Bölüm 4.3 Analiz ve Yorumlama bölümünde semantik bilgiyi ve geometriyi bütüncül olarak temsil etmek için koruma uzmanlarının çeşitli bilgi teknolojilerini kullanarak entegre ve gerçekçi bir model üretmeye çalışılmasından bahsedilmişti. Projeyi BIM ortamında tasarlayan mimar (mühendis ve diğer), koordinat bilgisi, nokta bulut veya temiz olmayan CAD dosyalarını nasıl kullanacağı ile ilgili bilgileri BIM yöneticisinden almaktadır. BIM yöneticisi, uygulamalı teknolojiler gibi bir birime bağlıdır; bu kişi mimar, mühendis ve veri bilimcisi olabilir. Proje mimarı dosyaların BIM'e bağlanma sorunu veya dosyalarının nasıl temizleyeceği gibi konularla ilgili yönlendirmeleri bu birimden/kişiden almaktadır. Özetle şöyle denilebilir, projeyi BIM'de üreten mimar ve entegrasyon problemlerini çözmek üzere çalışan BIM yöneticisi; proje yönetim sürecinde teknolojik yakınsama üzerine çalışan bir uygulamaları teknolojiler alanı da vardır. CIDOC-RM, NFID4Culture, GIS vb. alan ontolojileri düşünüldüğünde kültürel miras üzerine çalışan BIM yöneticisinin kapsamı daha da genişlemektedir.

Bilgi edinimiyle ilgili süreç ana yükleniciye yöneltildiğinde proje müellifinden depolama alanı yüksek CAD dosyası, rölöve-restitüsyon-restorasyon raporları, proje müellifinin saha tespit esnasında çektiği fotoğrafları aldığını belirtmiştir. Verileri çizim olanların hakediş ve metraj hesapları için CAD, raporları hem basılı hem PDF ve fotoğrafları JPEG olarak aldığını fakat CAD çizimleri hariç formata dikkat etmediğini, fakat yaşadığı teknik zorluklardan ötürü bir sonraki projesinde bu alanda profesyonel hizmet almayı düşündüğünü dile getirmiştir.

Her şantiye kendi süreçlerini takip edebilmek adına bir dijital dosya klasörleme ve envanterleme stratejisi geliştirmek zorunda kalmaktadır. İmajlar, taramalar, uygulama projeleri hakedişe alınmış dosyalar, etüt edilen dosyalar, ofis çalışanların süreçte takip ettikleri ve projelendirdikleri noktalar ve kişisel çalışma

klasörleri, proje müellifinde gelen kaynak dosyalar gibi. Proje yönetimi nasıl ki profesyonel bir süreç ise dokümantasyon yönetimi de aynı profesyonelliği getirmektedir. Karar mekanizmaları her kararını belgelendirmeye dayandırmaktadır. Şantiye ofisi perspektifinden bakıldığında tarihsel veriler ve saha bulguları üzerinden raporlama yapıldığı için genelde yüklenici kadrolarında bulunan sanat tarihçileri ve arkeologlar aracılığıyla tematik bir dokümantasyon yönetimi ve envanterleme yapılmaktadır. Saha uygulamalarını takip eden mimar, mühendis veya restoratör uygulamaya yönelik ayrıca bir klasörleme sistemi geliştirmektedir. Bu iki temel dosya yönetim süreci birbirinden beslenen sistemlerdir. En büyük örnek fotoğraflama olabilir. Fotoğraf klasörleme stratejisi ofis ve saha uygulamalarında farklılaşabilmektedir fakat ortaklaşması gereken noktalar vardır. Sahada genelde uygulama önce, imalat aşaması ve uygulama sonrası. Bu değerli bilgiler yüklenicinin hassasiyetine bağlı olarak harddisk ve CD gibi taşınabilir fakat fiziksel bozulmaya müsait depolama alanlarına yüklenmektedir. Çizimlerin ve fotoğraf albümlerinin kaynağı olan dosyaları talep etmemektedirler. Yayın hazırlığı, fotoğraf seçimi gereksinimi doğduğunda CD ve *hard disk* gibi donanımlarla kopyalama yöntemiyle dosyaları alabilmektedir. Fakat bu dosyalarda dijital sürdürülebilir esasları veya strateji dikkatine alınarak bir talep oluşturulmaz. VGM tarafından hakediş dosyası ve fotoğraf albümlerinin genelde çıktıları dışında sistematik bir depolama alanı yaratılmamaktadır. Bir sonraki paragraflardan bahsedilen Vakıf Bilgi Sistemlerinden hem müellif hem de yüklenici haberdar olmadığını ifade etmiştir.

Konuyu özetlemek gerekirse işveren, proje müellifi ve ana yüklenici birbirlerinden alacakları dosyanın bitmiş görüntüsünün nasıl olduğunu (1/50 kesit vb.) bilmekte, yani çıktı olarak projeleri almakta, ayrıca CD kopyasını istemektedir. Fakat bitmiş görüntünün içeriği, standartları, verinin makine okunabilir düzeyde olması, veri potansiyeli, veri kalitesi yani dijital korumaya yönelik bir girişimleri yoktur. VGM'de dosyalar alınıp onaylandıktan sonra matbu olarak arşiv biriminde bir dosya numarasıyla kaydedildiği ve arşiv biriminin CD kopyaları dosyasıyla birlikte saklandığı ifade edilmiştir.

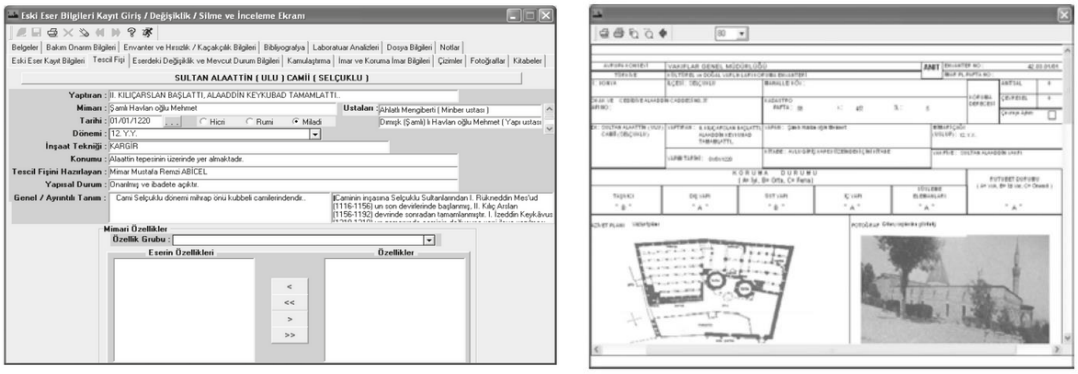
Kültür varlıklarının belgelenmesi ve envanterinin çıkarılması görevi, 2863 sayılı "Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu" ile Kültür Bakanlığı ve Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir. Dişli ve Günel (2015), 2004 yılında yayımlanan VGM için hazırlanan Sayıştay Raporunda "taşınır ve taşınmaz tüm tarihî eserlerin tespit edilmesi amacıyla kurumsal bazda, yok olma riski taşıyan eserlerin önceliklendirildiği sistemli bir çalışmanın yapılmadığı ve yapılan tespitin tam ve sağlıklı olması için kullanılması gereken teknolojik araçlardan yeterince yararlanılmadığı" vurgulamıştır. Bu tespit sonucunda devlet kurumları arasında ortak bir envanter oluşturma girişimi 2005 yılında Kültür ve Turizm Bakanlığı, Vakıflar Genel Müdürlüğü, Türk Tarih Kurumu ve Türkiye Bilimler Akademisi arasında imzalanan bir protokol ile bir koordinasyon kurulu oluşturulmuş, protokol gereği kulturvarliklari.org[120] sitesi kurulmuş fakat güncel durumda siteye erişim yoktur. Türkiye Kültür Mirasları başlıklı bu bütüncül proje, kataloglama çalışmasının ötesine geçmemiştir. VGM'nin girişimde bulunduğu daha sistematik envanterleme ve yönetimi sistemleri de vardır: Vakıf kültür varlığı, envanter, Sanat Eserleri Bilgi Yönetim Sistemi (SEBYS, 2002), Vakıflar Genel Müdürlüğü Sayısal Yönetim Sistemi (VGMSYS, 2007) Entegre Vakıf Otomasyon Sitemi (EVOS, 2012). (Günel & Dişli, 2015)

Sanat Eserleri Bilgi Yönetim Sistemi (SEBYS) 2002 yılında hayata geçen vakıf kültür varlıklarına ait künye bilgilerinin tutulduğu ve ilk kayıtların tutulduğu dijital bilgi sistemidir. Bu sisteme yapının adı, türü, bulunduğu bölge, il, ilçe, belde, köy, pafta, ada, parsel numarası, adresi, mülkiyeti, sahibi, vakıf adı ve kurul kararlarını içeren temel bilgiler girilebilmekte ve tescil fişi oluşturulabilmektedir. Söz konusu sistem metinsel işlemlerin yürütüldüğü ve yazılı veri girişinin yapıldığı bir programdır. Görsel ve çizimsel belge yüklenmesine imkân vermemektedir. Bu nedenle 2007 yılında çizimsel ve görsel belgelerin yüklenmesine izin veren Vakıflar Genel Müdürlüğü Sayısal Yönetim Sistemi'ne (VGMSYS) geliştirilmiştir.

[120] Bu site hacklenmiştir. Bilgilere erişim yoktur. Bu nedenle köprü link kaldırılmıştır. Erişim tarihi: 30 Aralık 2022.

Vakıflar Genel Müdürlüğü Sayısal Yönetim Sistemi (VGMSYS) yurt içi ve yurt dışı vakıf kültür varlıklarına ait mimari ve mühendislik çizimleri, teknik raporlar, kurul kararları, mülkiyet belgeleri, fotoğraflar, onarım fişleri vb. belgelerinin çeşitli formatlarda (.tiff, AutoCAD, .jpeg) aktarıldığı dijital sistemdir. Arşivde bulunan eski eserlere ait dosyalarda taranan bilgi notları, yapının envanteri ve onarımı sırasında çekilen fotoğraflar, rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri de bu mühendislik yazılımı içerisinde yer alabilmektedir.

Entegre Vakıf Otomasyon Sistemi (EVOS), 2012 yılında VGM ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilmiş bütünleşik bir sistemdir. EVOS, içerisinde Vakıf Taşınmazları Yönetim Sistemi (VTYS), Vakıf Hesapları Yazılımı (VHY), Hukuk Entegre Yazılım Sistemi (HEYS), Vakıf Kültür Varlıkları Yatırım Programı (YTP), Vakıf Kütük Bilgi Sistemi (VAKBİS), Vakıf Tescil Araştırma Sistemi (VTAS), Eski Eser Modülü (EEM) ve Vakıf Taşınmaz Değerlendirme Sistemi (VTDS) içeren sekiz modül bulunmaktadır. Bu program vakıfların mülkiyetinde bulunan mülklerin, kayıt, kiralama işlemleri, gelir takibi ve harcamalarına dair işlemler, kuruma davaları takibi ve yatırım programına giren projelerin ihale ve sözleşme takibine imkân verebilmektedir. (Günel & Dişli, 2015)

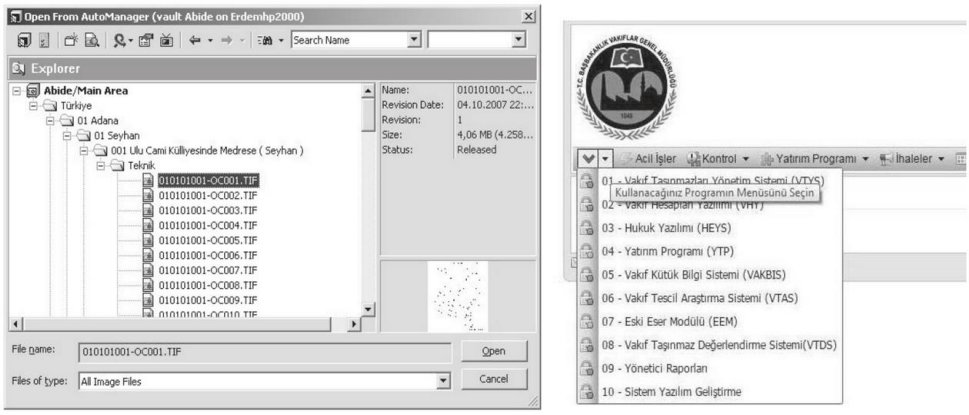


Şekil 5.7 Eski Eser Modülü ekranı (Günel & Dişli, 2015)

2863 Koruma Kanuna bağlı olarak hazırlanan "Tespit ve Tescil Yönetmeliği (2012)" ile TÜBİTAK-TÜBA tarafından yayınlanan "Türkiye Kültür Envanter Kılavuzu (2002)" kabul gören envanterleme tariflerini içermektedir. Bazı sivil toplum örgütleri ve özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen envanterleme girişimleri de mevcuttur: TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi'nin, Prof. Dr.

İnci Aslanoğlu öncülüğünde hayata geçirilen ve ilk örneklerini Ankara'dan veren "Bina Kimlikleri ve Envanter Projesi", Nuray Bayraktar öncülüğünde hazırlanan "Sivil Mimari Bellek Ankara 1930-1980" projesi seçili yapılara ait künye bilgileri, özgün çizimlerin durağan görselleri, Google Maps'te konum işareti, modelleme yapıldıysa modellerin görselleri ve sözlü tarih parametrelerini barındırmaktadır. Yapı Endüstri Merkezi tarafından web ortamında kurulan mimarlikmuzesi.org ve archmuseum.org 2004-2014 yılları arasında erişilen sanal bir müze iken artık erişebilir değildir. Hrant Dink Vakfı'nın 2014 yılından beri yürüttüğü kültürel miras envanteri araştırmasının sonuçlarından biri olan turkiyekulturvarliklari.hrantdink.org projesi Ermeni, Rum, Süryani ve Yahudi toplumlarının mimari mirasını arşivlere dayandırarak haritalamasını yapmaktadır. Web ortamından erişilebilinen proje, Anadolu'da çeşitli halkların meydana getirdiği çok kültürlülüğün ve katmanlılığın görünürlüğünü sağlamaktadır. Bu gibi örnekler çoğaltılabilir.

Ülkemizin siyasi sınırları içerisinde çeşitli uygarlıklardan miras kalan varlıklar vardır, fakat bunların tek bir çatı altında erişebilir ve entegre bir envanter tamamlanmış değildir. Zaten tamamlanmasını beklemek yerine en azından entegre sistem için kurguya gitmek ve bilindiği kadarıyla onlarca yıldır üzerine çalışılan hatta birkaç restorasyon geçirmiş varlıkların envanterlerinin erişim derecelerine bağlı olarak yayımlanması önemli bir başlangıç olacaktır.



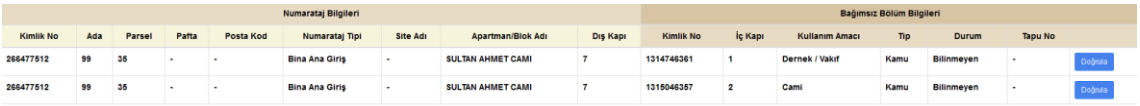
Şekil 5.8 *Abide* sekmesi içindeki başlıklar

Şekil 5.9 Entegre Vakıf Otomasyon Sistemi'nin kapsadığı bilgi sistemleri

VGM yukarıda bahsedilen sistemlerini kendi içine dönük çalıştırmak yerine kısmen şifreli erişim sağlayarak dosya yüklemelerini müellif ve yükleniciden talep edilebilir. VGM, bilgi sistemlerinde zaten minimum gerekliliklerini ve dosyalama sistemlerini oluşturmuştur. Bu minimum gereklilikler **Bölüm 4**'teki **dijital mimari miras çalışma alanları** düşünüldüğünde tabii ayrıca bir tartışma konusudur. Yine de mevcut işleyişin ve belgelerin dijital ortama aktarılması, yedeklenmesi, internet aracılığıyla erişiminin sağlanması ve bu sistemin kullanıcı çeşitliliği arttıkça gelişeceğinin de unutulmaması gereklidir. VGM kendi sistemlerini hayata geçirdiğinde mevcut kadrolarını kişi sayısı ve belge yöneticisi anlamında artırmadığı için mevcut kadrolara geriye dönük dosyalarını işlemekle yükümlü kılındıkları için ayrıca evrak yüküne sahip olmuşlardır.

Vakıf bilgi sistemlerinin coğrafi veri ile ilişkilendirilip ilişkilendirilmediği ile ilgili bilgiye erişilememiştir. Dolaylı yoldan gibi gözükse de İçişleri Bakanlığı'nın kimlik ve adres eşleştirmesi yapabilmek için 2006 yılında yürürlüğe koyduğu Ulusal Adres Veri Tabanı, ülkenin her noktasında bulunan taşınmazlara ait bilgi ve adres kodlarını içeren bir veri tabanı vardır. Metinsel bilgiye dayalı Adres Kayıt Sistemi (AKS), adres bilgilerinizi doğru girdiğiniz takdirde her yapıya özgü Ulusal Adres Veri Tabanı (UAVT) yapı kodu tanımlanmaktadır. 2011 yılında çıkılan ihale ile bu sistem coğrafi bilgi sistemlerine entegre edilerek Mekansal Adres Kayıt Sistemi'ne

(MAKS)[121] dönüştürülmektedir. Sultanahmet Camii ile ilgili adrese dayalı ve haritadan yeri işaretleyerek yapı tanımlandığında sistemde UAVT kaydının olduğu görünmektedir. Yapı ruhsat projelerinde, yapı enerji kimlik belgesinde ve afet sigortalarında UAVT kodu aranmaktadır. (TC Çevre, Şehirclik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, n.d.)



Numarataj Bilgileri									Bağımsız Bölüm Bilgileri					
Kimlik No	Ada	Parsel	Pafta	Posta Kod	Numarataj Tipi	Site Adı	Apartman/Blok Adı	Dış Kapı	Kimlik No	İç Kapı	Kullanım Amacı	Tip	Durum	Tapu No
266477512	99	35	-	-	Bina Ana Giriş	-	SULTAN AHMET CAMI	7	1314746361	1	Dernek / Vakıf	Kamu	Bilinmeyen	-
266477512	99	35	-	-	Bina Ana Giriş	-	SULTAN AHMET CAMI	7	1315046357	2	Cami	Kamu	Bilinmeyen	-

Şekil 5.10 Sultanahmet Camii için yapılan UAVT kod sorgulama sonucu

Türkiye'de kültürel miras ile ilgili olmasa da bu erişim kısıtlamalarına bağlı olarak kullanıcı gruplarına göre arayüzü değişen platformlar vardır: BEP-TR[122] (Binalarda Enerji Performansı Uygulaması/Yazılımı), UYAP[123] (Ulusal Yargı Ağı Projesi), MHRS[124] (Merkezi Hekim Randevu Sistemi), E-Nabız[125].

Türkiye Cumhuriyeti Adalet Bakanlığı tarafından geliştirilen UYAP'ta hâkim, savcı, avukat, bilirkişi ve hukukla alakalı meslek gruplarının dosya takibi yaptığı, erişim derecelerine göre savunma metinlerini görebildiği, kararları takip ettiği, dilekçeler düzenlediği vb. işlemler yapabildiği ağ üzerinden takip edilen bir portaldır. Böyle bir sistemin kamu eliyle geliştirilmesindeki amaç, kamu kuruluşlarının birincil kaynak olarak kullanılması ve ana veriyi kendi bünyesinde toplamasıdır. Gene Türkiye'den benzer bir örnek vermek gerekirse BEP-TR, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" kapsamında yeni ve mevcut yapıların enerji performansını belgelemek için geliştirdiği "Enerji Kimlik Belgesi" projesinin belge düzenleme, eğitim alan kişileri derleme, belge yayımlama, EKB oluşturma program versiyonları duyurduğu bir portaldır. Benzer şekilde VGM bilgi sistemleri, eşzamanlı giden şantiyelerin (örneğin dönemdaş yapılar Yeni Camii ve Sultanahmet Camii) onaylanan poz ve poz olurlarının etkin bir şekilde takip edilebileceği, sistemdeki arşivi

[121] https://maks.nvi.gov.tr/
[122] https://beptr.csb.gov.tr/bep-web/#/
[123] https://uyap.gov.tr/
[124] https://www.mhrs.gov.tr/
[125] https://enabiz.gov.tr/

tarayabileceği, dilekçeleri vb. takip edebileceği, proje müellifi ve yüklenicilerinin sistematik olarak dosyalarını yükleyebileceği bir arayüz e-imza ile yetkilendirerek açabilir.

Bilgi üreten önemli kuruluşlardan olan üniversitelere de bir parantez açmak gereklidir. Üniversitelerin mimari koruma bilimlerinde verilen eğitimler sadece dijital mimari mirasın dijitalleştirme ayağında kalmamalı, güncel lisans eğitimlerinde alınan modelleme tekniklerinin lisansüstü programlarına entegre edilmesi gereklidir. Ayrıca arşiv çalışmaları üzerine çalışan tezlerin metin aratmaya uygun tezlerinin YÖK Tez Merkezi'nde yayımlanmasının yanı sıra tez kapsamında hazırlanan çizim veya çekilen fotoğrafların üniversitelerin arşiv birimleri tarafından belirlenecek asgari kalite kriterlerine (Tablo 4.3) dijital hakları güvenceye alınarak üniversite arşivlerine aktarılması sağlanmalıdır. Avrupa'daki mimarlık okullarında olduğu gibi disiplinlerin bir araya gelerek birlikte araştırma proje yürütmesi değerli girişimler olacaktır.

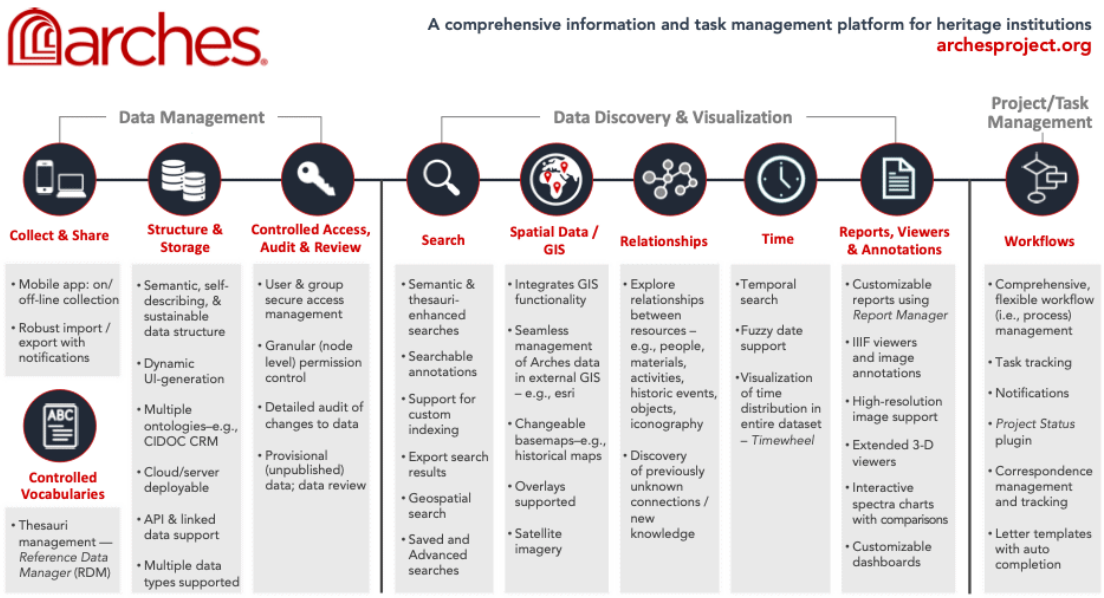
Getty Enstitüsü 2016'dan beri sürekli versiyonlarını güncelleyerek yayımladığı ARCHES[126] (Kültürel Miras Veri Envanter ve Yönetim Sistemi) kuruluşların ihtiyacına göre şekillendirebilecekleri ücretsiz olarak sunulan açık kaynaklı veri yönetimi platformudur. Veri yönetimi, proje ve görev yönetimi, veri keşfi ve görselleştirme için kapsamlı olanaklar sunan veriler arası uyum sağlayan ve coğrafi bilgi sistemi tabanlı entegre yönetim sistemidir. VGM'nin mevcut sistemleri bu gelişkin sistemi inceleyerek kendi ülke sınırları içerisine uyarlayabilir.

Arches for Science miras bilimcilerinin, miras kuruluşlarının ve profesyonellerin verilerini güvence altına almasına, görselleştirmesine, karşılaştırmasına, paylaşmasına ve laboratuvardaki görevleri yönetmesine yardımcı olan kapsamlı bir sistemdir. (ARCHES, 2022)

Arches for HERs (UK Historic Environment Records), MIDAS (*A Manual and Data Standard for Monument Inventories*) ve FISH (*Forum on Information Standards in*

[126] https://www.archesproject.org/

Heritage[127]) tarafından belirtilen standartlara uyan her kuruluş için özel tasarlanmıştır.



Şekil 5.11 Getty Enstitüsü Arches Projesi (ARCHES, 2022)

5.3 Uzamsal-Geometrik Çözümleme ve İmalat Tarifleme

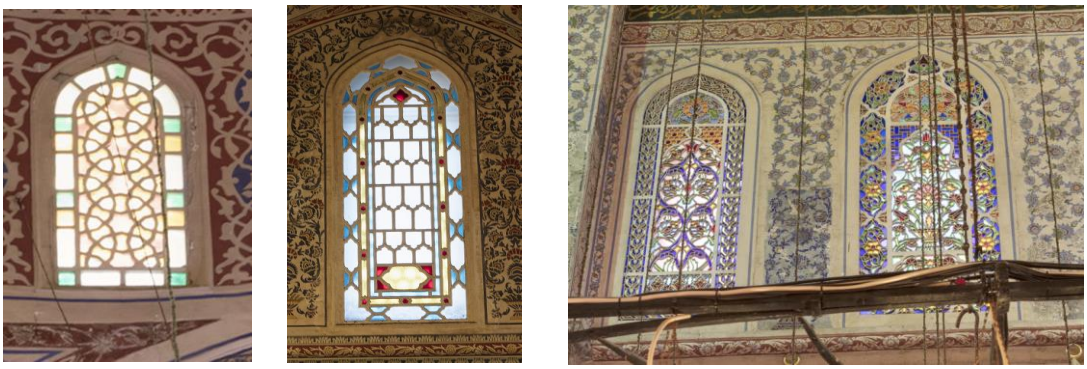
Bu bölümde geometrik çözümlemelerin proje ve imalat tariflerindeki tanımlarına yer verilecektir.

Geometrik çözümlemeler (eğrisel ve düz yüzeyler, mukarnas gibi çoklu üçgenlere sahip yüzeyler) hem projelendirme hem de uygulama zorluğundan ötürü maliyet anlamında farklılıklara sahiptir. Örneğin eğrisel yüzey mesela bir ana kubbenin geometrik çözümlenmesi üzerindeki raspa öncesi kubbe üzerinde yer alan süsleme programı ve avize askılıklarının çıktığı yaptığı yerler üzerinden çalışılabilir. Tersine mühendislik mantığında diğer katmanlara inildiğinde kubbe içi kuşaklamaların ayrıca tuğla veya ana kubbe kemerine bağlantısına bakarak taşıyıcı sistemi çözümlenebilir. Burada unutulmaması gereken bir konu döneminde yapıldığında nakkaşların yapı ustalarının onlara verdikleri yüzey

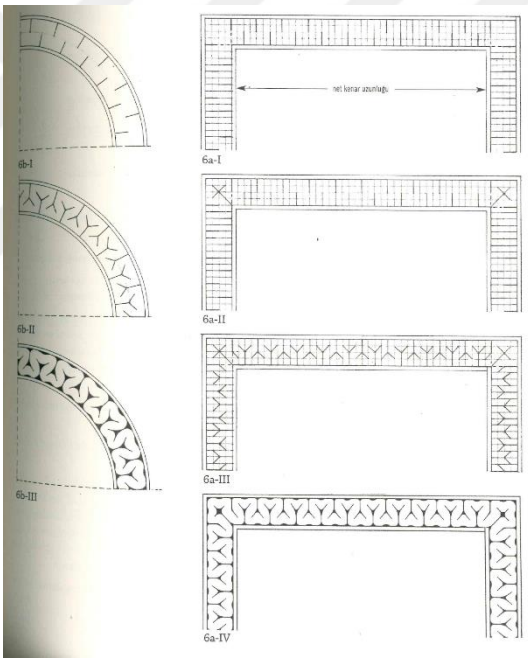
[127] http://www.heritage-standards.org.uk/

üzerinde süsleme yerleşimlerini kurguladıklarıdır. Örneğin Sultanahmet Camii ana, yarım ve çeyrek kubbelerinde adından referans aldığı gibi düzgün dairesel hacimlerin yansımaları yoktur fakat süsleme programları CAD tabanlı programlar üzerinden çizildiği için ortogonal olarak hesaplanmıştır. Özetle üç boyutlu bilgisayar grafikleri kullanılırken raspa öncesinde süslemeye göre kubbe dilimlendirilebilirken yapısal malzemeye ulaşıldığında eğrisel yüzeyin merkezi ve yarı çapını bularak oranlarına erişmek üzere çalışmalar yapılması gereklidir. Geometri ve bezeme programı genellikle birbirleriyle beraber kullanılan kavramlardır. Restorasyon projelerinde eğer özel poz tarifi hazırlanması tercih edilmediyse mevcut pozlar kullanılmakta veya mevcut pozlar referans alınarak yeni poz üretilmektedir. Yapının veya nesnenin süslülük dereceleriyle ilgili sıkıntı yapısal geometri zenginliği, kalemişi yoğunluğu ve malzeme çeşitliliğidir. Örneğin revzen alçı kayıtlar arasına renkli veya renksiz camlar yerleştirilerek hazırlanan revzenler kompozisyonlarına göre basit, müzeyyen, fevkalade müzeyyen olarak nitelendirilmektedir (Şişman, 1990) (Uğurol & Uğurol, 2021) VGM birim tariflerinde içliklerin derecelerinde Basit Alçı İçlik (V.2066), Basit Müzeyyen Elvan Alçı İçlik (V.2067), Orta Müzeyyen Alçı İçlik (V.2068), Müzeyyen Alçı İçlik (V.2069) ve Fevkalade Müzeyyen Alçı İçlik (V.2070) olmak üzere beş temel gruplandırmaya gitmiştir. (VGM Birim Fiyat Listesi, 2021) Bu birim tarifler imalata yönelik olduğu için malzeme standardı (4 mm cam, çam kereste, küçük demir, derz dolgu vb.), işçinin niteliği (mütehassıs usta) ve ölçü birimi (m2, kg vb.) üzerinden tarif içermektedir. Geometrik tarif veya bu poz hazırlanırken hangi yapının veya yapıların hangi konumdaki içliklerine referans verildiği anlaşılamamaktadır. Aslında pozlarda standartlaşmaya gitmek yerine en azından pozların tarifinde ele alınan yapıların referans listesi veya özel pozun üretilmeye ihtiyaç duyulduğu yapının adı ve referans alınan içliğin kotu şeklinde “Sultanahmet Camii (17. yy) xx kotunda bulunan…” bir tariflemeye gidilmesi en sağlıklıdır. Çünkü sahaya dönük bakıldığında varolan bir betonarme içlik sökülüp bilim kurulu kararıyla onaylanan alçı esaslı revzenin üretiminin hangi süslülük derecesine girdiği hangi pozdan değerlendirileceği kontrolörlerin inisiyatifine bırakılan bir konu olmaktadır. Bilim kurulu tarafından akademik kabullere göre

değerlendirme yapılırken (basit, müzeyyen, fevkalede müzeyyen), imalat gruplandırması VGM birim tariflerinde göre olmaktadır. [128]



Şekil 5.12 Sultanahmet Camii'de bulunan revzen örnekleri[129] (Özcan, 2017)

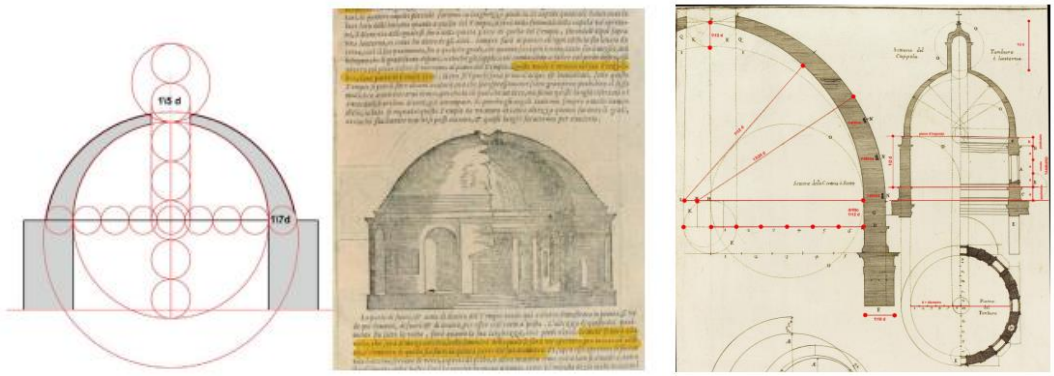


Şekil 5.13 Yuvarlak dönüşlü tek şerit arasuyu (Birol, 2020)

[128] Birimfiyat.net sitesi, kamu kurumları tarafından 2000 yılından bu yana yayımlanmış poz içeriklerine yani birim fiyat, analiz ve yapım şartlarına ve teknik tariflerine ulaşılan bir websitesidir. (https://www.birimfiyat.net/hakkimizda)

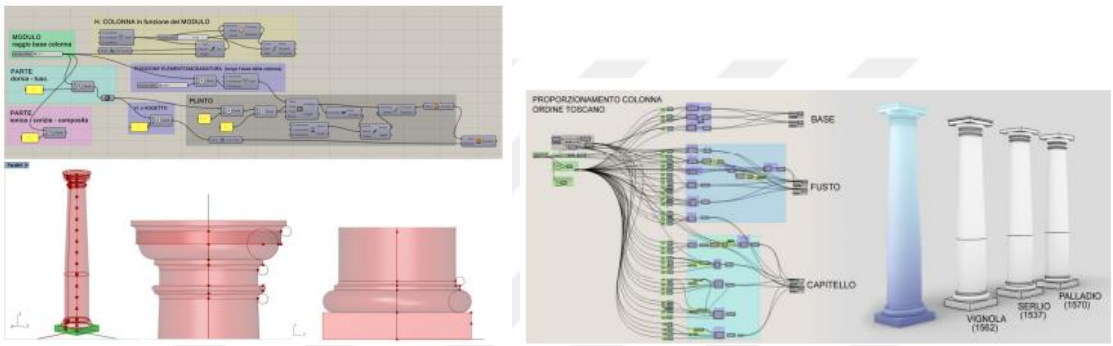
[129] Güneydoğu cephesi yarım kubbe, kat silme üstü ve mihrap duvarında bulunan revzenler

VGM dönemdaş yakın dönem, yapısal benzerlik gösteren veya aynı fonksiyona sahip çeşitli yapı veya yapı gruplarının restorasyonlarını gerçekleştirmiştir. Örneğin İstanbul'daki Selatin Camileri'ne baktığımızda Süleymaniye Camii, Sultanahmet Camii (2017-halen), Şehzade Camii, Nuruosmaniye Camii, Fatih Camii, Yavuz Selim Camii, Eyüp Camii, Yeni Cami, Bayezit Camii, Selimiye Camii (2021-halen), Ayazma Camii, Laleli Camii, Beylerbeyi Camii, Büyük Mecidiye Camii, Dolmabahçe Camii, Nusretiye Camii, Yıldız Hamidiye Camii, Mihrimah Sultan Camii (Edirnekapı), Mihrimah Sultan Külliyesi (Üsküdar), Büyükada Hamidiye Camii, Pertevniyal Valide Sultan Camii, Yeni Valide Külliyesi, Eski Valide Camii, Sultan Mustafa Camii'nin iki tanesi dışında yapıların restorasyonları tamamlanmış veya tamamlanmak üzeredir. VGM'nin kitaplaştırdığı projeler ve makaleler elbette çok kıymetli fakat genelde bu tarz yayınların içeriklerine baktığımızda sözlü tariflemeler üzerinde gerekçelerin fotoğraflarla birlikte sıralandığı içerikler görmekteyiz. Oran, prosedür ve mimari kuralları kütüphanesi oluşturmak üzere yapı geometrisini analiz eden bilgilere ne yazık ki sahip olamamaktayız. **Bölüm 4**'te bahsedilen tarihi yapı bilgi modellemesinin (HBIM) girdisi olan bu parametreler (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15) restorasyon şantiyeleri esnasında iskelelerle erişim sağlanabiliyorken ve katmanlar değerlendirilebiliyorken yapılmalıdır. Geleneksel sanatlarla uğraşan Müzehhip, Hattat, Nakkaş, Sedefkar gibi zanaatkarlar iyileştirecekleri veya tamamlama yapacakları motiflerin geometrik analizlerini (cedvel, durak, kuzu, iplik vb) belirleyerek gerçekleştirmektedir. (Şekil 5.13)



Şekil 5.14 Kubbe geometrisi için örnek kural analizleri[130]

(Capone & Lanzara, 2019)



Şekil 5.15 Mimari kurallara göre parametrik modelleme

(Capone & Lanzara, 2019)

[130] Sebastiano Serlio'nun 1584 yılında yayımlanan "Mimarlık üzerine Yedi Kitap" eserindeki çizimi ve HBIM için analizi (solda) (Capone & Lanzara, 2019)
Carlo Fontana, 1694 tarihli "Il Tempio Vaticano" kitabında basit kubbe yapmak için bilinmesi gereken kuralları anlattığı yayın (sağda) ve HBIM için analizi (Capone & Lanzara, 2019)

5.4 Dijital Mimari Mirası Koruma Olasılıkları için İlk Adımlar

Bölüm 2'de dijitalleştirmenin çağın zorunlu ve olumlu getirileri, Bölüm 3'te dijital mirası tanımlamaya ve uluslararası alanda mevzuat oluşturmaya yönelik adımlar ve Bölüm 4'te mimari miras dijitalleştirmenin konusu olduğunda içerik ve analizin yönetimiyle ilgili entegrasyon çalışmalarına ana başlıklar üzerinden açıklamalara yer verilmiştir. Dünyanın ortak mirası olarak kabul edilen kültürel varlıkların sadece var olduğu noktada veya belirli bir fiziksel ortama taşınarak korunmasının değil kültürel varlıkların çözümlenmesi ve anlamlandırılmasına katkı sağlayacak her türlü verinin örtük durumdan açık duruma (*open definition*)[131] geçerek adil ve erişilebilir (*FAIR*)[132] olarak yayımlanması için dijitalleştirme stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir. Ortak değerler sadece varlığın kendisini değil ona ait olan bilgileri de kapsamaktadır. Uluslararası örgütler, ulusal veya özel GKAM dijital verilerin sürdürülebilir olması için standartlaşma stratejileri geliştirmektedir. Koruma eylemlerinin yeni bir ayağı olan dijitalleştirme şu adımlarla özetlenebilir:

- **Aktörleri ve disiplinleri tanımlama, potansiyellerini ve ihtiyaçlarını belirleme**
    - Tüzel ve özel kişilikler
    - Bilim alanları
    - Kadrolaşma ve altyapı çalışmaları
    - Uluslararası kuruluşların çalışmalarını değerlendirme ve Türkiye'deki varlıklarından haberdar olma
    - İşbirlikleri kurma

- **Dijital dönüşüm stratejisi geliştirmek**
    - Eksikleri tespit edilmesi, iyileştirme için proaktif plan oluşturulması ve planların geri beslemeler ile güncellenmesi
    - Ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenerek referans oluşturulması

[131] **4.4 Politikalar ve Standartlar** bölümüne bakınız.
[132] **4.4 Politikalar ve Standartlar** bölümüne bakınız.

- Ulusal ve uluslararası strateji oluşturulması
- Kurum içi strateji oluşturulması
- Özel ve tüzel kişiliklere dijitalleştirme (üç boyutlu belgeleme vb.) için destek ve teşvik sağlanması
- Aktörlerin eğitilmesi: bilgi yönetimi, program kullanımı vb.

- **Dijital veri yaşam döngüsü stratejisi geliştirmek**
  - İşveren/kurum arşivcisinin dijital sürdürülebilirlik adına dosya formatları ve nitelikleri ilgili proaktif plan oluşturması
  - İşveren/kurum arşivcisinin şantiye sahalarından periyodik olarak dijital dosyaları alması ve sahaya dokümantasyon yöneticisi atanması
  - BIM, GIS, XML, nokta bulut gibi dosyaların entegrasyonu gibi zorluklarla için uygulamalı teknoloji yönetici atanması
  - Kurumların belirli ölçümleri müelliflere (hem proje hem uygulama) şart koşması veya kurumların ölçümleri yapabilecek ekibe sahip olması
  - Kurum kendi çalışanlarını ve stajyerlerini sadece mimarlık ve konservasyon alanından değil bilgi ve belge yönetimi, arşiv, kütüphanecilik mezunlarından da seçmeli

- **Koruma projeleri yaşam döngüsü stratejisi geliştirmek**
  - Zorunlu sensör takip sistemlerinin kurulması: kurumların mümkünse restorasyon öncesi bazı sensörleri yapılara ekletmeli ve yeniletmeli
  - Koruma projeleri yönetim sürecinin iyileştirilmesi
  - Yapı periyodik kontrollerinin yapılması
  - Proje yönetim süreçlerine bilgi, belge ve teknoloji pratikleri eklenmesi

- **Uygulama teknolojisi için stratejisi geliştirme**
    - Dünya çapında bilgi modellemesi, proje yönetimi ve dokümantasyon yönetimi konusunda çalışan firmalardan destek almak

- **Semantik bilgi, geometri ve veri modelleme standartlarına uygun strateji geliştirme**
    - Pozların yapıya özgü özelleştirilmesi ve dokümantasyon kod sisteminin geliştirilmesi
    - LoG, LoA, LoI vb. BIM boyutlarının dikkate alınması
    - Veri şeması geliştirilmesi
    - Poz tariflerinin uluslararası miras verisi standartlarına uyması

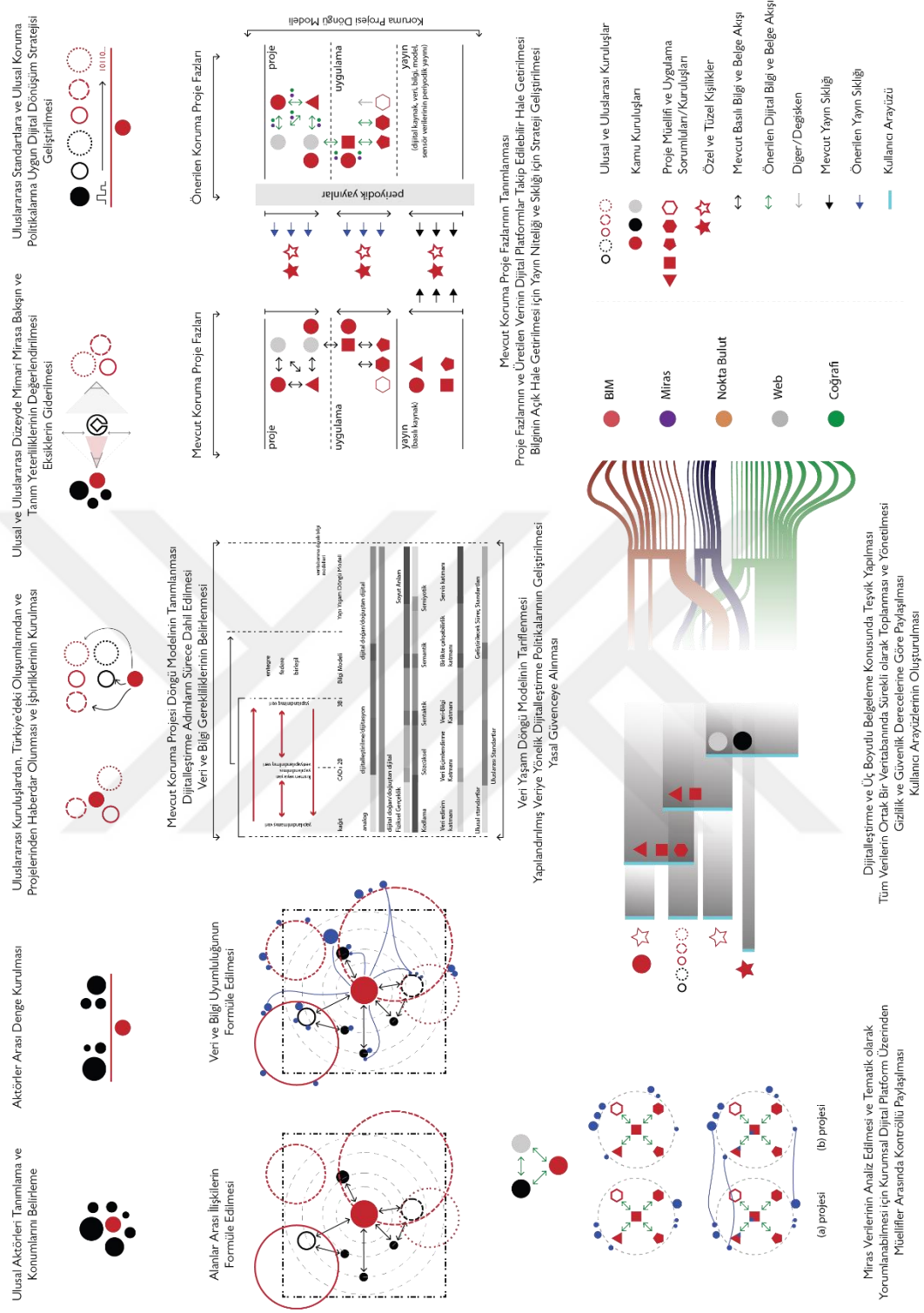
- **Terminoloji stratejisi geliştirme veya kabuller yapma**
    - Tezarus, terimler sözlüğü, veri sözlüğü vb.
    - Coğrafi adlar sözlüğü, mimar sözlüğü vb.

- **Yayın ve araştırma stratejisi geliştirmek**
    - Uluslararası kuruluşlarının Türkiye ayaklarının güncel hareketlerinin Türkiye'ye kazandırılmasını sağlamak
    - Dijitalleştirilmemiş yayınların dijitalleştirilmesi
    - Telif hakkı ve satış sözleşmesi olmayan mevcut basılı yayınların optik karakter okuma ile yayımlanması
    - Şantiyelerin ve kazı alanlarının periyodik dijital makale ve kitap yayın zorunluluğu olması
    - Çalışma başlamadan muhtemel yayın içeriklerinin belirlenmesi ve Bilim Kurulları ile geliştirilmesi
        - Bezeme programı,
        - Oran ve ölçüm çalışmaları
        - Uzamsal çözümlemeler vb.
        - Simülasyon analizleri,
        - UAV vb.

- Konu eksiklerinin belirlenmesi ve üniversitelerde çalışılmak üzere yüksek lisans ve doktora tezleri için konu listesi yayımlanması ve bilimsel araştırma projesi desteği sağlanması

- **Dijital platform stratejisi geliştirmek**
  - Saha ve kazı çalışmaları için kademelendirilmiş platform oluşturma
  - Platformun ARCHES projesinde olduğu gibi projeye göre özelleştirilmesinin sağlanması

- **Dijital koruma stratejilerini yasalara dayandırmak ve sürekliliğini sağlamak**
  - Mimari mirasa yönelik mevcut tanım eksiklerinin giderilmesi
  - Dijital mimari miras için süreç geliştirilmesi



Şekil 5.16 Mimari mirasın ideal dijital ortam standartlarına uygun oluşturulması için gereken temel başlıkların görselleştirilmesi

6
SONUÇ VE ÖNERİLER

Koruma eylemlerinin alanı dijital teknolojilerle etkileşimde oldukça gelişmektedir. Dijitalleşme adından da anlaşılacağı üzere karşılıklı yapılarak oluşabilecek bir eylemdir. Birçok paydaşı ve uzmanı vardır. Teknolojinin gelişimi ve Web'in hızlıca büyüyen imkanları yeni uzmanlık alanlarını ve bakış açılarını da doğurmaktadır.

Koruma alanında karar mekanizmalarını destekleyecek ve derinleştirecek yapay zekanın angarya işleri üstlenebileceği bir sistem kurulması için bilinçli tasarlanan adımlara ihtiyaç vardır. Bu nedenle dijital ortama kayıtsız kalınamaz zaten teknoloji eskimesinden mustarip olmak istenmiyorsa temelde bazı şeyleri öğrenmek zorunda kalmaktayız. 90'lardan günümüze dijital çağ aktörlerinin dünyayı algılama ve ifade etme biçimleri internetle olan etkileşimine göre farklı jenerasyon tanımlarının olduğu tez kapsamında belirtilmişti. 2000'lerden itibaren Türkiye'de okullarda yazılım dili kodlama mantığı dahi öğretilmektedir. Ben de ilkokulda bu kodlama mantığına giriş yapanlardandım. Nasıl ki gerçek ortamda algıladığımızı konuşma dili, vücut dili, kalem, kâğıt vb. araçlarla aktarmaya çalışıyorsak dijital ortamda düşüncelerimizi ve algıladığımızı aktarmak için klavye, kulaklık, fare, pointer, gözlük gibi araçlarla sisteme giriş yapmaya ve onu yönlendirmeye çalışıyoruz. Bu etkileşimin bir sonraki aşaması insandan bilgisayara doğrudan iletişimdir. Bu iletişim için de ortak bir dil geliştirilmesi gerekir. Dijitalleştirme de bu ortak dili konuşmaya dayanmaktadır.

Kültürel mirasın biricikliği onun dijital modelini oluştururken genellikle yeni yapı veya yaratıcı düşünceleri temel alarak oluşturulmuş bilgisayar programlarının dışına çıkmaya diğer anlamıyla ifade edilmek isteneni kodlamaya zorlamaktadır. Bu nedenle mimari miras dijitalleştirmesi ile ilgili yayınlarda araştırmacılar elde ettikleri girdileri açık kodlama dilleriyle programları işlerine yarayacak şekilde zenginleştirmeye çalışmaktadır. Kodlama yapmak ve veri modeli oluşturmak aslında bilgisayarların arayüzlerinde sadeleştirilerek temsil edildiği için doğrudan kodlama dillerinin içine dalmak zorunda kalınmamaktadır. Bu anlamda algının

değişmesi gereklidir. Kullanıcı isterse kodlama dilleri üzerinden daha detaylı çalışmasını da sürdürebilir, kültürel bellek kurumlarının veya açık kod paylaşan model geliştiricilerinin kılavuzlarından faydalanabilir.

Dijital süreklilik için akıllı kültürel miras ve dijital ikiz konularının ayrıca gündeme gelmesi gerekmektedir. Dijitalleştirme eylemini sadece anı kaydetmek ve durağan olarak düşünmek yerine çeşitli sensörlerle sürekli veri akışının sağlandığı ve yönetildiği bir sistem olarak algılanması gereklidir. Dijital ikiz konusuna bu tez kapsamında kısmen giriş yapılmıştır. Dijitalleşme adımları donanım ve yazılımla birlikte verileri canlı tutmak adına analiz çıktısına yönelik girdi oluşturmaktadır. Dijital mimari miras, dünya genelinde her yapıya özgü model ve ontoloji kurgusuyla gelişecek bir çalışma alanıdır.

KAYNAKÇA

3DSCAN Smart Surveying. (2020, Ocak 28). *Argomento: BIM*. 3DSCAN Smart Surveying: http://www.3dscan.it/en/blog/level-of-development-lod-the-differences-between-the-regulations-of-various-countries-compared/ adresinden alındı

Aboali, M., Manap, N., Darsono, A. M., & Yusof, Z. M. (2017). Review on Three Dimensional (3-D) Acquisition and Range Imaging Techniques. *International Journal of Applied Engineering Research, 12*(10), s. 2409-2421.

Abou El Ela, A. H. (2020). Fifty-Six Big Data V's Characteristics and Proposed Strategies to Overcome Security and Privacy Challenges (BD2). *Journal of Information Security, 11*(4), s. 304-328.

ACCA Software. (2019, Ekim 08). *BIM maturity Levels: from stage 0 to stage 3*. ACCA Software: https://biblus.accasoftware.com/en/bim-maturity-levels-from-stage-0-to-stage-3/ adresinden alındı

Ademci, E. (2018). An Analysis Of BIM Adoption In Turkish Architectural, Engineering And Construction (AEC) Industry. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen ve Teknoloji Enstitüsü.

Adobe. (2022). *Raster ile vektör karşılaştırması*. 2022 tarihinde Adobe: https://www.adobe.com/tr/creativecloud/file-types/image/comparison/raster-vs-vector.html adresinden alındı

Akyol, O. (2011). Düşük Maliyetli Lazer Tarayıcı Sistemi Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ali, U., Shamsi, M. H., Hoare, C., & Mangina, E. O. (2021). Review of urban building energy modeling (UBEM) approaches, methods and tools using qualitative and quantitative analysis. *Energy and buildings, 246*, s. 111073.

Altan, H., Padovani, R., & Hashemi, A. (2016). Building Performance and Simulation. *ZEMCH: Toward the Delivery of Zero Energy Mass Custom Homes* (s. 311-338). içinde Springer.

Altenhöner, R. B. (2020). *NFDI4Culture-Consortium for research data on material and immaterial cultural heritage. Research Ideas and Outcomes.*

Altenhöner, R., Blümel, I., Boehm, F., Bove, J., Bicher, K., Bracht, C., . . . diğerleri. (2020, Temmuz 31). *NFDI4Culture: Multimodal Data Types*. RIO: Research Ideas and Outcomes: https://riojournal.com/article/57036/zoom/fig/5947313/ adresinden alındı

Altenhöner, R., Blümel, I., Boehm, F., Bove, J., Bicher, K., Bracht, C., . . . diğerleri. (2020, Temmuz 31). NFDI4Culture-Consortium for research data on material and immaterial cultural heritage. *Research Ideas and Outcomes, 6*, s. e57036. https://riojournal.com/articles.php?id=57036 adresinden alındı

Altuntaş, C. &. (tarih yok). Yersel lazer tarayıcı ölçme prensipleri ve nokta bulutlarının birleştirilmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, s. 20-27.

Angulo-Fornos, R. a.-R. (2020). HBIM as support of preventive conservation actions in heritage architecture. Experience of the renaissance quadrant facade of the cathedral of Seville. *Applied Sciences, 10*(7), s. 2428.

Annex, A. &. (2015). *National BIM Standard-United States® Version 3.*

Antonopoulou, S., & Bryan, P. (2017). *BIM for Heritage. Developing a Historic Building Information Model. Swindon. Swindon, United Kingdom: Historic England.* Historic England.

Arayici, Y., Counsell, J., Mahdjoubi, L., Nagy, G., Dweidar, K., & Hawas, S. (Dü). (2017). *Heritage Building Information Modelling.* Routledge.

ArcGIS. (2022). *Key concepts of raster dataset color maps*. 2022 tarihinde ArcGIS: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/key-concepts-of-raster-dataset-color-maps.htm adresinden alındı

ArcGIS. (2022). *Online Cultural and Historical Research Environment (OCHRE)*. 2022 tarihinde ArcGIS: https://developers.arcgis.com/java/success-stories/ochre/ adresinden alındı

ArcGIS. (tarih yok). *Raster bands*. 2022 tarihinde ArcGIS: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.7/manage-data/raster-and-images/raster-bands.htm adresinden alındı

ArCH dataset. (2020). *Class Definition*. 2022 tarihinde ArCH dataset: Architectural Cultural Heritage point clouds for classification and semantic segmentation: http://archdataset.polito.it/dataset/ adresinden alındı

ARCHES. (2022). *An open source data management platform for the heritage field*. 2022 tarihinde ARCHES: https://www.archesproject.org/ adresinden alındı

Artut, S., Karaman, O. S., & Yılmaz, C. (Dü). (2021). *Technological Arts Preservation.* Sabancı University Sakıp Sabancı Museum.

Artut, S., Yılmaz, C., & Karaman, O. S. (2020). *Teknolojik Sanat Geleceğe Nasıl Taşınır?* Sakıp Sabancı Müzesi Youtube Hesabı: https://www.youtube.com/watch?v=HF5K5hG_Thc&list=PLfmUvnXHpT5XbQFNDs1iz4BHMb9QD0SJ4&index=11 adresinden alındı

Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük veri analizinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamalari-artificial intelligence and machine learning applications in big data analysis. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9*(22), s. 155-172.

Autodesk. (2018). *Revit Families: A Step-By-Step Introduction*. Autodesk: https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Revit-Families-Step-Step-Introduction-2018 adresinden alındı

Autodesk. (2022). *BIM*. BIM: https://www.autodesk.com.tr/solutions/bim adresinden alındı

Autodesk. (2022, Nisan 07). *How to identify difference between a "Structured Scan" and a "Non-Structured Scan" point cloud data for ReCap Pro project?* Autodesk: https://knowledge.autodesk.com/support/recap/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/What-is-a-Structured-Scan-data-in-ReCap-360.html adresinden alındı

Avcı Tuğal, S. (2012). *Oluşum süreci içinde OpArt.* İstanbul: Hayalperest Yayınevi.

Avcı Tuğal, S. (2018). *Oluşum Süreci İçinde Dijital Sanat.* İstanbul: Hayalperest Yayınevi.

Avrupa Birliği Konseyi. (1995). *31995Y0923(01) 4 NİSAN 1995 Tarihli, Kültür ve Çoklu Ortam Konulu Taslak İlke Kararı.* 2022 tarihinde KUMID: https://kumid.net/euproject/1640/31995Y0923.pdf adresinden alındı

Avrupa Birliği Konseyi. (1995). *Draft Resolution of 4 April 1995 on culture and the multimedia*. 2022 tarihinde Europa.eu: https://op.europa.eu/cs/publication-detail/-/publication/c1f3f5e5-df2b-47ae-b177-6dad116dbe21/language-en adresinden alındı

Ayaokur, A. (2015). *Müzelerde Bilgi Yönetimi.* Koç Üniversitesi Yayınları.

Balcısoy, S. (2021, Haziran). *Surrogates and samples: how to preserve virtual environments*. Sakıp Sabancı Müzesi Youtube Hesabı: https://www.youtube.com/watch?v=ReWBpKZcT3c&list=PLfmUvnXHpT5XbQFNDs1iz4BHMb9QD0SJ4&index=24 adresinden alındı

Banfi, F. (2016, 10). Building Information Modelling – A Novel Parametric. *Euro-Mediterranean Conference* (s. 116-127). Cham: Springer.

Bastem, S. S. (2021). Tarihi yapılarda yapı bilgi modeli uygulamalarının sistematik literatür tarama yöntemiyle değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). Leichtbauroboter in der manuellen Montage-einfach einfach anfangen. *IRB Mediendienstleistungen*.

Bayraktar, R. (2022). Cultural heritage building segmentation and classification using point cloud data. *Yüksek Lisans*. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Bellekens, B., Spruyt, V., Berkvens, R., Penne, R., & Weyn, M. (2015). A benchmark survey of rigid 3D point cloud registration algorithms. *International Journal on Advances in Intelligent Systems, 8*(1), s. 118-127.

Beraldin, J.-A., Blais, F., Boulanger, P., Cournoyer, L., Domey, J., El-Hakim, S., . . . Taylor, J. (2000). Real world modelling through high resolution digital 3D imaging of objects and structures. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 55*(4), s. 230-250.

Bergman, M. (2014, Kasım 17). *Knowledge-based Artificial Intelligence*. mkbergman: https://www.mkbergman.com/1816/knowledge-based-artificial-intelligence/ adresinden alındı

Bergs, T., Gierlings, S., Auerbach, T., Klink, A., Schraknepper, D., & Augspurger, T. (2021). The concept of digital twin and digital shadow in manufacturing. *Procedia CIRP, 101*, s. 81-84.

Bertin, I. a., Jaeger, J.-M., Feraille, A., & Le Roy, R. (2020). A BIM-based framework and databank for reusing load-bearing structural elements. *Sustainability, 12*(8), s. 3147.

Bettio, F., Gobbetti, E., Merella, E., & Pintus, R. (2013). Improving the digitization of shape and color of 3D artworks in a cluttered environment. *2013 digital heritage international congress (DigitalHeritage)* (s. 23-30). IEEE.

Bharamagoudar, G. R., Totad, S. G., & PVGD, P. R. (2012). Literature Survey on Web Mining. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSRJCE), 5*(4), s. 31-36.

BIM Corner. (2020, Temmuz 07). *CDE by ISO 19650 – a process or a solution?* BIM Corner: https://bimcorner.com/cde-within-iso-19650-a-process-or-a-solution/ adresinden alındı

BIM Framework. (2015). BIM Framework: https://www.bimframework.info/2015/08/bim-ontology.html adresinden alındı

BIM Teknoloji. (2019, Kasım 15). *BIM Yapı Elemanları Sınıflandırma Sistemi*. BIM Teknoloji: https://www.bimteknoloji.com/fikir/bim-yapi-elemanlari-siniflandirma-sistemleri/ adresinden alındı

BIM Teknoloji. (2019, Ağustos 24). *Yapı Bilgi Modellemesi Ayna Komitesi Kuruldu*. BIM Teknoloji: https://www.bimteknoloji.com/haber/yapi-bilgi-modellemesi-ayna-komitesi-kuruldu/ adresinden alındı

BIMpedia. (tarih yok). *LOD – Level Of Development*. 2022 tarihinde BIMpedia: https://www.bimpedia.eu/artikel/1005-lod-level-of-development adresinden alındı

Birol, İ. A. (2020). *Klasik Devir Türk Tezyini Sanatlarında Desen.* Kubbealtı Yayınları.

Blundo, D. S., Ferrari, A. M., Pini, M., Riccardi, M. P., García, J. F., & del Hoyo, A. P. (2014). The Life Cycle Approach as an Innovative Methodology for the Recovery and Restoration of Cultural Heritage. *Journal of cultural heritage management and sustainable development, 4*(2), s. 133-148.

Boğaziçi Üniversitesi. (tarih yok). *Yapı Sağlığı İzleme Laboratuvarı.* 2022 tarihinde Boğaziçi Üniversitesi Yapı Sağlığı İzleme Laboratuvarı: https://eqe.boun.edu.tr/tr/yapi-sagligi-izleme-laboratuvari adresinden alındı

Böke, H., & İpekoğlu, B. (2015). Korumada TSE Standartları. *5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, *2*, s. 187-202. http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17508_00_01.pdf adresinden alındı

Bonsma, P., Bonsma, I., Ziri, A. E., Parenti, S., Lerones, P. M., Hernández, J. L., . . . Iadanza, E. (2016). Inception standard for heritage BIM models. *Euro-Mediterranean Conference* (s. 590-599). Springer.

Borrmann, A. (2013). Transferring multi-scale approaches from 3D city modeling to IFC-based tunnel modeling.

Boyle, D. (2014). Alan Turing: Unlocking the enigma.

Brumana, R., Della Torre, S., Previtali, M., Barazzetti, L., Cantini, L., Oreni, D., & Banfi, F. (2018). Generative HBIM modelling to embody complexity (LOD, LOG, LOA, LOI): surveying, preservation, site intervention—the Basilica di Collemaggio (L'Aquila). *Applied geomatics, 10*(4), s. 545-567.

Brumana, R., Stanga, C., & Fabrizio, B. (2022). Models and scales for quality control: Toward the definition of specifications (GOA-LOG) for the generation and re-use of HBIM object libraries in a Common Data Environment. *Applied geomatics, 14*(1), s. 151-179.

Brunato, M., & Battiti, R. (2005). Statistical learning theory for location fingerprinting in wireless LANs. *Computer Networks, 47*(6), s. 825-845.

Buglio, D. L., Lardinois, V., & Luca, L. D. (2013). Revealing shape semantics from morphological similarities of a collection of architectural elements: The case study of the columns of Saint-Michel de Cuxa. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage), 1*, pp. 466-472.

buildingSMART. (2022). *buildingSMART Data Dictionary*. Building Smart: https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/ adresinden alındı

buildingSMART. (2022). *Giriş: IFC4*. 2022 tarihinde Building Smart: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2/HTML/link/introduction.htm adresinden alındı

buildingSMART. (2022). *IFC Şema Spesifikasyon Veritabanı*. Building Smart: https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/ adresinden alındı

buildingSMART. (2022). *IfcArchitectureDomain*. 2022 tarihinde Building Smart: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/ifcarchitectureddomain/content.html adresinden alındı

buildingSMART. (2022). *Index/IFC/RELEASE*. Building Smart: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/ adresinden alındı

buildingSMART. (2022). *Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction*. 2022 tarihinde Building Smart: https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ adresinden alındı

Burra Tüzüğü. (2013). *The Burra Charter.* 2022 tarihinde icomos.org.tr: http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_en0795934001587381516.pdf adresinden alındı

Çaktı, E., & Dönmez, K. (2021). Long-Term Vibration Monitoring of the Sultan Ahmet Mosque in Istanbul. *International Workshop on Civil Structural Health Monitoring*, s. 977-990.

Campbell-Kelly, M. A. (1997). *Computer: a history of the information machine* (Cilt 11). Routledge.

Capone, M., & Lanzara, E. (2019). Scan-to-BIM vs 3D ideal model HBIM: Parametric tools to study domes geometry. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, s. 219-226.

Carnevali, L., Lanfranchi, F., & Russo, M. (2019). Built information modeling for the 3D reconstruction of modern railway stations. *Heritage, 2*(3), s. 2298-2310.

Catenda. (2022). *BIM Levels*. Catenda: https://catenda.com/bim/bim-levels/ adresinden alındı

Catenda. (2022). *Level of Information Need*. Catenda: https://catenda.com/bim/level-of-information-need/ adresinden alındı

CCSDS. (2010). *Reference model for an open archival information system (OAIS)*. CCSDS: https://public.ccsds.org/Pubs/650x0m2.pdf adresinden alındı

Ceccon, L., & Villa, D. (2021). AI-BIM interdisciplinary spill-overs: prospected interplay of AI and BIM development paradigms. *From Building Information Modelling to Mixed Reality* (s. 195-217). içinde Springer.

CERN. (2022). *Home of the first website*. CERN: http://info.cern.ch/ adresinden alındı

Çetin, A., & Güdükbay, U. (n.d.). Üç Boyutlu Bilgisayar Grafikleri. *Türkiye Bilişim Ansiklopedisi*.

Ceylan, E. Z. (2019). Dijital İkizler ve İnşaat Sektöründeki Yeri. *Yapı Bilgi Modelleme, 1*(2).

Chakrabarti, A., & Sunkavalli, K. (2016). Single-image RGB photometric stereo with spatially-varying albedo. *2016 Fourth International Conference on 3D Vision (3DV)*. IEEE.

Chen, G. (2022). *University of Houston, Guoning Chen Eğitim Dokümanları*. University of Houston Department of Computer Science: https://www2.cs.uh.edu/~chengu/Teaching/Fall2022/Lecs/Lec7_ColorPlots.pdf adresinden alındı

Chianese, A., Piccialli, F., & Jung, J. E. (2016). The Internet of Cultural Things: Towards a Smart Cultural Heritage. *12th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)* (s. 493-496). IEEE.

Choudhury, N. (2014). World wide web and its journey from web 1.0 to web 4.0. *International Journal of Computer Science and Information Technologies, 5*(6), 8096-8100.

CIDOC CRM Tutorial. (2019). CIDOC CRM: https://cidoc-crm.org/cidoc-crm-tutorial adresinden alındı

CIDOC CRM. (tarih yok). *What is the CIDOC CRM?* 2022 tarihinde CIDOC-CRM: https://www.cidoc-crm.org/ adresinden alındı

Çınar, A. C. (2016). *UML Nedir? UML ne işe yarar? UML'nin faydaları nelerdir?* 2016 tarihinde Ahmet Cevahir Çınar Kişisel Web Sitesi: https://www.ahmetcevahircinar.com.tr/2016/07/23/uml-nedir-uml-ne-ise-yarar-umlnin-faydalari-nelerdir/ adresinden alındı

Cintoo Company. (2022). *Cintoo Cloud User Guide: Structured vs. Unified & Unstructured Scan Data*. 2022 tarihinde Cintoo Company: https://support.cintoo.com/manual/1/fr/topic/structured-vs-unified-unstructured-scan-data adresinden alındı

CloudCompare. (2022). *Supported file formats*. Retrieved 2022, from Cloud Compare: https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/FILE_I/O

Collections Trust. (2022, Eylül). *Introduction to Spectrum*. 2022 tarihinde Collections Trust: https://collectionstrust.org.uk/spectrum/spectrum-5/ adresinden alındı

Çöltekin, A., Griffin, A. L., Slingsby, A., Robinson, A. C., Christophe, S., Rautenbach, V., . . . Klippel, A. (2020). Geospatial information visualization and extended reality displays. *Manual of digital earth* (s. 229-277). içinde Springer, Singapore.

Computer Hope. (tarih yok). *Jargon/semantics*. Computer Hope: https://www.computerhope.com/jargon/s/semantics.htm adresinden alındı

Continuing Education Center. (2022). *How to Determine Which Laser Scanning Registration Method is Right for You*. Engineering Center: https://engineeringcenter.bnpmedia.com/courses/pob-magazine/how-to-determine-which-laser-scanning-registration-method-is-right-for-you/ adresinden alındı

Coşkun, B. S. (2012). İstanbul'daki Anıtsal Yapıların Cumhuriyet Döneminde Koruma ve Onarım Süreçleri Üzerine Bir Araştırma. *Doktora Tezi*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Creative Commons. (2022). *Open Access*. 2022 tarihinde Creative Commons: https://creativecommons.org/about/program-areas/open-access/#:~:text=Open%20access%20literature%20is%20defined,make%20a%20work%20truly%20open adresinden alındı

Creative Commons. (tarih yok). *Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International*. Creative Commons: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode adresinden alındı

Creative Commons Türkiye. (2020). *1 Ocak Kamu Malı Günü*. Creative Commons Türkiye: https://creativecommons.org.tr/1-ocak-kamu-mali-gunu/ adresinden alındı

Creative Commos Türkiye. (2020). *Kaynaklar*. 2022 tarihinde Creative Commons Türkiye: https://creativecommons.org.tr/kaynaklar/ adresinden alındı

Culture Digitally. (2014). *Digitalization and digitization*. Culture Digitally: https://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/ adresinden alındı

Cursi, S., Martinelli, L., Paraciani, N., Calcerano, F., & Gigliarelli, E. (2022). Linking external knowledge to heritage BIM. *Automation in Construction, 141*, s. 104444. Linking external knowledge to heritage BIM adresinden alındı

CyArk. (2020, Ağustos 7). *RealityCapture Tutorial: Alignment*. CyArk Youtube Hesabı: https://youtu.be/TG4tufXLHe8 adresinden alındı

Dahouda, M. K., & Joe, I. (2021). A deep-learned embedding technique for categorical features encoding. *IEEE Access, 9*, 114381-114391.

De Farias, T. M., Roxin, A., & Nicolle, C. (2015). IfcWoD, semantically adapting IFC model relations into OWL properties. *arXiv preprint arXiv:1511.03897*.

Demir, C. (2016). 3D-GIS Based Procedural Modeling in Contemporary Urban Planning and Design Practice. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Demir, İ. (2013, Şubat 20). *Yordamsal Modelleme*. E-bergi: https://e-bergi.com/y/yordamsal-modelleme/ adresinden alındı

Designing Buildings. (2020, Kasım 23). *Information Delivery Manual (IDM)*. Designing Buildings: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Information_Delivery_Manual_(IDM) adresinden alındı

Designing Buildings. (2021, Ekim 15). *BIM glossary of terms*. Designing Buildings: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_glossary_of_terms adresinden alındı

Designing Buildings. (2021, Şubat 26). *Scan to BIM*. Designing Buildings: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Scan_to_BIM adresinden alındı

Designing Buildings. (2022, Haziran 24). *As-built or as-constructed building information model*. Designing Buildings: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/As-built_or_as-constructed_building_information_model adresinden alındı

Designing Buildings. (2022, Haziran 23). *Types of building models*. Designing Buildings: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Types_of_building_models adresinden alındı

Deutsche Digitale Bibliothek. (2022). *GND*. Deutsche Digitale Bibliothek: https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/searchresults?isThumbnailFiltered=true&query=GND adresinden alındı

Di Giulio, R., Maietti, F., & Piaia, E. (2016). 3D Documentation and Semantic Aware Representation of Cultural Heritage: the INCEPTION Project. *GCH* (s. 195-198). içinde

Di Stefano, F. (2021). The last decade development of project data management. *ARQUEOLÓGICA 2.0 - 9th International Congress & 3rd GEORES - GEOmatics and pREServation.* içinde

Diara, F., & Rinaudo, F. (2020). Building Archaeology Documentation and Analysis through Open Source HBIM Solutions via Nurbs. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 43*.

Diara, F., & Rinaudo, F. (2020). IFC classification for FOSS HBIM: open issues and a schema proposal for cultural heritage assets. *Applied Sciences, 10*(23), 8320.

Dick, S. (2019, Temmuz 02). *Artificial Intelligence*. MIT: https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/0aytgrau/release/3?readingCollection=72befc2a adresinden alındı

Digilogue. (2022). *Digilogue*. 2022 tarihinde digilogue.com: https://www.digilogue.com/ adresinden alındı

Digital Sakıp Sabancı Museum. (2022). digitalssm.org: https://digitalssm.org/ adresinden alındı

Digital Twin for Heritage Restoration. (2021). *Framework for Restoration of Heritage using Digital Twin (FRESH-DT)*. Retrieved from Londra Dijital İkiz Araştırma Merkezi: https://dt.mdx.ac.uk/?page_id=1268

Dijital Teos Projesi. (2022). Retrieved from digitalteos.ieu.edu.tr: https://digitalteos.ieu.edu.tr/

dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi. (2013). digitalheritage2013: https://www.digitalheritage2013.org/ adresinden alındı

dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi. (2015). digitalheritage2015: https://www.digitalheritage2015.org/ adresinden alındı

dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi. (2018). https://digitalheritage2018.sched.com/ adresinden alındı

dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi. (2018). *Digital Heritage 2018 - 3rd International Congress & Expo*. Digital meets culture: https://www.digitalmeetsculture.net/article/digital-heritage-2018-3rd-international-congress-expo/?upm_export=print adresinden alındı

dijitalMİRAS Uluslararası Kongresi. (2018). *Digital Heritage 2018 - 3rd International Congress & Expo*. 2022 tarihinde Digital Meets Culture: https://www.digitalmeetsculture.net/wp-content/uploads/2018/03/DigitalHeritage2018cfp.pdf adresinden alındı

Dimitropoulos, K., Tsalakanidou, F., Nikolopoulos, S., Kompatsiaris, I., Grammalidis, N., Manitsaris, S., . . . diğerleri. (2018). A multimodal approach for the safeguarding and transmission of intangible cultural heritage: The case of i-Treasures. *IEEE intelligent systems, 6*(6), 3-16.

Doğançay, H. (2014, Aralık 07). *BIM Modelinin Sahibi Kimdir? Telif Hakkı Kime Aittir?* Haluk Doğançay Kişisel Web Sitesi: http://halukdogancay.blogspot.com/2014/12/bim-modelinin-sahibi-kimdir-telif-hakk.html adresinden alındı

Doğrucan, M. F., & Hazar, Z. (2020). Yapay Zekâ Kökeninde Kant'ın Locke ve Leibniz Sentezi. *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum Eğitim Bilimleri ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9*(26), 607-624.

Dönmez, K. (2016). Characteristics of the dynamic response of the Sultan Ahmet Mosque. *Yüksek Lisans Tezi*. Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.

Dore, C., & Murphy, M. (2013). Semi-automatic modelling of building façades with shape grammers using historic building information modelling.

International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 5(W1).

Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.* John Wiley & Sons.

Eker, R. (2018). Heyelan ve kar kaynaklı doğal afetlerin izlenmesi ve haritalanmasında modern uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü*. Düzce: Düzce Üniversitesi.

El Jazzar, M. P., & Nassereddine, H. (2020). Digital twin in construction: An empirical analysis. *EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering, Proceedings* (s. 501-510). içinde

Ellis, M. (2020, Temmus 12). *Level of Detail or Development: LOD in BIM*. Retrieved from ReBIM: https://rebim.io/level-of-detail-or-development-lod-in-bim/

Elnabawi, M. H. (2020). Building information modeling-based building energy modeling: Investigation of interoperability and simulation results. *Frontiers in Built Environment, 6*(573971).

El-Sherif, S., Far, B., & Eberlein, A. (2010). Semantic search based on multi-agent system and social networking. *Proceedings of the sixth IASTED International Conference, ACSE*, (s. 103-110).

Ename Center. (2022). *Biz Kimiz: Ename Center*. 2022 tarihinde Ename Center: https://www.enamecenter.org/EEC2013/index.html adresinden alındı

Ersen, A., & Verdön, İ. (2016). Konservasyon biliminin restorasyon ve proje uygulamarına katkıları. *TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*(8), s. 7-20.

Ersöz, B. (2020). Yeni Nesil Web Paradigması-Web 4.0. *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi, 1*(2), s. 58-65.

ESRI. (2020). *What is geodata and geospatila data?* GIS Geography: https://gisgeography.com/what-is-geodata-geospatial-data/ adresinden alındı

Evolve Consultancy. (2014, Ekim 31). *LOD = LOD + LOI*. Evolve Consultancy: https://evolve-consultancy.com/lod-lod-loi/ adresinden alındı

Evren, Ş. (2014, Haziran 15). *Metin Madenciliği (Text Mining)*. Bilgisayar Kavramları: https://bilgisayarkavramlari.com/2014/06/15/metin-madenciligi-text-mining/ adresinden alındı

Ezema, E. O., Abdullah, A., Jaafar, A., & Umar, M. (2016). Internet of Everything and Knowledge Management System: A Survey. *International Journal of Information Security*.

Fadugba, J. (2016, Kasım 05). *Data, Text and Web Mining*. Slide Share: https://www.slideshare.net/FadugbaJeremiah/data-text-and-web-mining adresinden alındı

Farias, M., Roxin, A., & Nicolle, C. (2015). Cobieowl, an owl ontology based on cobie standard. *OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems* (s. 361-377). içinde Springer.

Farooqi, M. M., Shah, M. A., Wahid, A., Akhunzada, A., Khan, F., Ali, I., & diğerleri. (2019). Big Data in Healthcare: A Survey. *Applications of intelligent technologies in healthcare*, s. 143-152.

FISH: Forum on Information Standars in Heritage. (2022). 2022 tarihinde Heritage Standards: http://www.heritage-standards.org.uk/ adresinden alındı

Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE access, 8*, s. 108952-108971.

Futia, G., & Vetrò, A. (2020). On the Integration of Knowledge Graphs into Deep Learning Models for a More Comprehensible AI—Three Challenges for Future Research. *Information, 11*(2), s. 122.

Ganioğlu, O. (2014). Optik arazi ölçüm cihazları teodolit ve nivo: kalibrasyon, ayar metodları ve kalibrasyonda kullanılan referanslar. *Mühendis ve Makina*, s. 28-42.

Garagnani, S. (2013). Building Information Modeling and real world knowledge: A methodological approach to accurate semantic documentation for the built environment. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage), 1*(489-496).

Gartner IT. (tarih yok). *glossary/digitalization*. 2022 tarihinde Gartner: https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization adresinden alındı

Gayathri, R., & Uma, V. (2018). Ontology based knowledge representation technique, domain modeling languages and planners for robotic path planning: A survey. *ICT Express, 4*(2).

Ge, X. (2016). Non-rigid registration of 3D point clouds under isometric deformation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, s. 192-202.

Georgetown Üniversitesi Blog. (2015). *Blog: A Vision for a New Direction in Common Applications of Computing*. Retrieved 2022, from Georgetown Üniversitesi Web Sitesi: https://blogs.commons.georgetown.edu/cctp-797-spring2015/2015/05/08/a-vision-for-a-new-direction-in-common-applications-of-computing/

Giriş: Mondotheque. (tarih yok). www.mondotheque.be: https://www.mondotheque.be/wiki/index.php?title=Introduction adresinden alındı

GIS Geography. (2022). *Commercial GIS Software: List of Proprietary Mapping Software*. GIS Geography: https://gisgeography.com/commercial-gis-software/ adresinden alındı

GIS Geography. (2023, Ocak 11). *What is Remote Sensing? The Definitive Guide*. GIS Geography: https://gisgeography.com/remote-sensing-earth-observation-guide/ adresinden alındı

GIS Standards. (2022). *Geographic Information System (GIS)*. GIS Standards: https://www.gistandards.eu/ adresinden alındı

GIS Standards. (2022). *What are GIS standards?* GIS Standards: https://www.gistandards.eu/gis-standards/ adresinden alındı

Go FAIR. (2016). *FAIR Principles*. Go FAIR: https://www.go-fair.org/fair-principles/ adresinden alındı

Gogo, K. O. (2016). Software Engineering Approaches for Designing Knowledge based Systems: A Survey.

Gökdoğan, M. D. (2009). *Sayı*. TDV İslam Ansiklopedisi: https://islamansiklopedisi.org.tr/sayi adresinden alındı

Graphisoft. (2016). *File Handling and Exchange*. Graphisoft: https://help.graphisoft.com/AC/20/INT/AC20Help/07_Interoperability/07_Interoperability-34.htm adresinden alındı

Grasic, B., & Podgorelec, V. (2011). Developing knowledge management systems: approaches, technologies and methods. *Proceedings of the 2011 American conference on applied mathematics and the 5th WSEAS international conference on Computer engineering and applications*, s. 207-212.

Grehl, S., Sastuba, M., Donner, M., Ferber, M., Schreiter, F., Mischo, H., & Jung, B. (2015). Towards virtualization of underground mines using mobile robots–from 3D scans to virtual mines. *Proceedings of the 23rd International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection*, *9*, s. Johannesburg, South Africa.

Grilli, E., Menna, F., & Remondino., F. (2017). A review of point clouds segmentation and classification algorithms. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42*(339).

Groys, B. (2016). *Akışta: İnternet Çağında Sanat.* (E. Kılıç, Trans.) Koç Üniversitesi Yayınları.

Guerra de Oliveira, S., Biancardo, S. A., & Tibaut, A. (2022). Optimizing H-BIM Workflow for Interventions on Historical Building Elements. In *Sustainability* (Vol. 14, p. 9703). MDPI.

Günel, G., & Dişli, G. (2015). Vakıf Kültür Varlıkları Envanter Sistemi. *5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, pp. 171-186.

Hallstrom, C. (2019, Aralık 01). *Computational Fluid Dynamics Modeling in Building Design*. ALPIN: https://www.alpinme.com/computational-fluid-dynamics-modeling/ adresinden alındı

Hammond, B. (2021, Nisan 21). *Digital Preservation*. Retrieved from İllinois: The Conservation Lab at the University of İllinois Library: https://publish.illinois.edu/conservationlab/2021/04/28/digital-file-formats-for-preservation-decoded/

Hassani, F., Moser, M., Rampold, R., & Wu, C. (2015). Documentation of cultural heritage; techniques, potentials, and constraints. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40*, s. 207.

He, Y., Ma, Y. H., & Zhang, X. R. (2017). Digital Heritage: Theory And Innovative Practice. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, *42*.

He, Y., Ma, Y., & Zhang, X. (2017). Digital Heritage Theory and Innovative Practice. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 42*.

He, Y., Yu, H., Liu, X., Yang, Z., Sun, W., Wang, Y., . . . Mian, A. (2021). Deep learning based 3D segmentation: A survey. *arXiv preprint arXiv:2103.05423*.

Henson, T. (2017, Ağustos 21). *How Schema On Read vs. Schema On Write Started It All*. DELL: https://www.dell.com/en-us/blog/schema-read-vs-schema-write-started/ adresinden alındı

Higgins, S. (2008). The DCC curation lifecycle model. *The International Journal of Digital Curation, 3*, s. 134-140.

Historic England. (2022). *Surveying and Recording Heritage*. Historic England: https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/recording-heritage/ adresinden alındı

Hmida, H. B., Cruz, C., Boochs, F., & Nicolle, C. (2012). From Unstructured 3D Point Clouds to Structured Knowledge-A Semantics Approach. *Semantics-advances in theories and mathematical models*, s. 213-246.

Hoehndorf, R., Queralt-Rosinach, N., & diğerleri. (2017). Data science and symbolic AI: Synergies, challenges and opportunities. *Data Science, 1*(1-2), s. 27-38.

Hogan, A. (2020). *The Web of Data.* Springer.

Holt, İ. (2019, Nisan 19). *Açık Kültür, Paylaşılabilir İçerik ve Standartlar*. İlkay Holt Kişisel Websitesi: https://ilkayholt.net/2019/04/19/acik-kultur-paylasilabilir-icerik-ve-standartlar/ adresinden alındı

Horner, L. (2020). *Line integral through scalar field*. Retrieved from GeoGebra: https://www.geogebra.org/material/show/id/ccgsrrua

Hrant Dink Vakfı. (2022). *Türkiye Kültür Varlıkları Haritası*. 2022 tarihinde Hrant Dink Vakfı: https://turkiyekulturvarliklari.hrantdink.org/ adresinden alındı

Huang, S. (2020, 01 30). *Classifying homogeneous data, what you need to know!* Towards Data Science: https://towardsdatascience.com/classifying-homogeneous-data-what-you-need-to-know-7b3a86e5f855 adresinden alındı

İBB CBS Akademi. (tarih yok). *CBS Terimleri*. 2022 tarihinde İBB CBS Akademi: https://cbsakademi.ibb.istanbul/cbs-terimleri/ adresinden alındı

IBM . (2021, Mart 17). *Data Studio: Logical data models*. IBM: https://www.ibm.com/docs/en/data-studio/4.1.1?topic=SS62YD_4.1.1/com.ibm.datatools.logical.ui.doc/topics/clogmod.html adresinden alındı

IBM. (2022). *topics/digital-transformation*. Retrieved from IBM: https://www.ibm.com/topics/digital-transformation

IBM. (2022). *What is knowledge graph?* 2022 tarihinde IBM: https://www.ibm.com/topics/knowledge-graph adresinden alındı

IBM. (tarih yok). *What is data modeling?* 2022 tarihinde IBM: https://www.ibm.com/topics/data-modeling#:~:text=Data%20modeling%20is%20the%20process,between%20data%20points%20and%20structures adresinden alındı

ICOM. (tarih yok). *Object Identification (Object ID) is an internationally recognized documentation standard conceived to identify and record cultural goods.* 2021 tarihinde ICOM: https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/objectid/ adresinden alındı

ICOMOS. (2021). *Heritage Conservation Terminology Definition of terms from various sources*. 2022 tarihinde ICOMOS: http://ip51.icomos.org/~fleblanc/documents/terminology/doc_terminology_e.html adresinden alındı

Idehen, K. U. (2017, Temmuz 13). *Semantic Web Layer Cake Tweak, Explained*. Medium: https://medium.com/openlink-software-blog/semantic-web-layer-cake-tweak-explained-6ba5c6ac3fab adresinden alındı

IEEE. (tarih yok). *Ana Sayfa*. IEEE Xplore: https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp adresinden alındı

IEEE Dijital Kütüphane. (2022, 06). 2022 tarihinde ieeexplore.ieee.org: https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp adresinden alındı

IGI Global. (2022). *What is RGB-D Camera (Depth Sensor)*. Retrieved 2022, from IGI Global: https://www.igi-global.com/dictionary/human-motion-analysis-and-simulation-tools/50427

IGI Global. (tarih yok). *What is Reference Model*. 2022 tarihinde IGI Global: https://www.igi-global.com/dictionary/reference-model/24810 adresinden alındı

IIPC. (tarih yok). *International Internet Preservation Consortium*. 2022 tarihinde netpreserve: https://netpreserve.org/ adresinden alındı

İnce, E. (2019). *Kent ve Ekoloji Araştırmaları için İnternetten Kamusal Veriye Ulaşma Rehberi.* Ekoloji Kolektifi Derneği.

INCEPTION (Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling). (n.d.).

INCEPTION. (2018). *Proje Dokümanları*. Avrupa Birliği Web Sitesi: https://cordis.europa.eu/project/id/665220 adresinden alındı

INCEPTION Projesi. (2019). *Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling*. INCEPTION Projesi: https://www.inception-project.eu/en/project adresinden alındı

Indeed Editör Ekibi. (2022, Nisan 25). *What Is a Knowledge-Based System? (With Types and Uses)*. Indeed: https://www.indeed.com/career-advice/career-development/what-is-knowledge-based-system adresinden alındı

information-technology/glossary/digitization. (n.d.). Retrieved from Gartner: https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitization

Internet Archieve. (tarih yok). *Internet Archieve - Wayback Machine*. Archieve: https://archive.org/web/ adresinden alındı

InterviewBit. (2021, Kasım 15). *What is Data Model?* Retrieved from InterviewBit: https://www.interviewbit.com/blog/data-modeling-tools/

İş Bankası Blog. (tarih yok). *Blockchain Teknolojisi Hakkında Merak Edilenler*. İş Bankası: https://www.isbank.com.tr/blog/blockchain-teknolojisi-hakkinda-merak-edilenler adresinden alındı

ISO. (2019). *ISO 19650*. 2022 tarihinde ISO: https://www.iso.org/search.html?q=19650 adresinden alındı

İTÜ BİDB. (2013). *Birleşik Modelleme Dili (UML)*. İTÜ BİDB: https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/08/birle%C5%9Fik-modelleme-dili-(uml) adresinden alındı

Jackson, H. (2017, Nisan 28). *What Are Paradata? An Example*. Census US: https://www.census.gov/newsroom/blogs/research-matters/2017/04/paradata.html adresinden alındı

Jang, T. Y., Kim, S. D., & Hwang, S. S. (2020). Surface Scanning-Based Texture Atlas for Voxelized 3D Object. *IEEE Access, 8*, s. 25823-25839.

Jang, T. Y., Kim, S. D., & Hwang, S. S. (2020). Visual Hull Tree: A New Progressive Method to Represent Voxel Data. *IEEE Access, 8*, pp. 141850-141859.

Java T Point. (tarih yok). *Feature Engineering for Machine Learning*. 2022 tarihinde Java T Point: https://www.javatpoint.com/feature-engineering-for-machine-learning adresinden alındı

Jeong, B., Lee, D., Lee, J., & Cho, H. (2006). Towards xml mining: The role of kernel methods. *Proceedings of the 2006 Fall Data Mining Conference.*

Johansson, J. (2008). Design Automation Systems for Production Preparation: Applied on the Rotary Draw Bending Process. *Doktora Tezi*. Chalmers University of Technology.

Jolly, P. (2017, Kasım 17). *Big Data Visualisations*. Retrieved from Medium: https://medium.com/@jollyp/big-data-graph-visualisations-75f341dc36ec

Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 29*(36-52).

Jouan, P.-A., & Hallot, P. (2019). Digital twin: a HBIM-based methodology to support preventive conservation of historic assets through heritage significance awareness. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42*(2019).

K2 Analytics. (2020, Nisan 23). *Measures of Central Tendency | Mode*. Retrieved from K2 Analytics: https://www.k2analytics.co.in/measures-of-central-tendency-mode/

KAARTA. (2020, Mart 19). *Point cloud formats and what they mean*. 2022 tarihinde KAARTA: https://www.kaarta.com/scanning_tips/point-cloud-formats/ adresinden alındı

Kahraman, A., Aşık, M., Gövedik, M., Büyükbayraktar, M., Güneş, M., & İşbilen, T. (2020). *Endüstriyel otomasyon teknolojileri alanı: sensörler.* Milli Eğitim Bakanlığı.

Kambek, E. (2021). Türkiye'deki Anıtsal Kültür Mirasının Koruma Proje ve Uygulamaları Alanında Yönetim Süreçlerine İlişkin Bir Model Önerisi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Kamer, V. (2009). Yapay Zekâ ve Monoton-olmayan Mantık. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karan, E. P., Irizarry, J., & Haymaker, J. (2016). BIM and GIS integration and interoperability based on semantic web technology. *Journal of Computing in Civil Engineering, 30*(3), s. 04015043.

Karasa, L., & Beg, A. A. (2021). Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi. *Geomatik, 6*(1), s. 54-60.

Karlapudi, J., Valluru, P., & Menzel, K. (2021). Ontological approach for LOD-sensitive BIM-data management. *Proc. of 9th Linked Data in Architecture and Construction Workshop (LDAC2021)*. içinde Belval, Luxembourg.

Karnieli, A., Fried, O., & Hel-Or, Y. (2022). Deepshadow: Neural shape from shadow. *European Conference on Computer Vision.* Cham: Springer.

Karslı, F. (tarih yok). Fotogrametri. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Ön Lisans Programı Ders Notları*. İstanbul Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi.

Kharbat, F., & El-Ghalayini, H. (2008). Building ontology from knowledge base systems. In *Data Mining in Medical and Biological Research.* Citeseer.

Kherbache, M., Maimour, M., & Rondeau, E. (2021). When digital twin meets network softwarization in the industrial IoT: real-time requirements case study. *Sensors, 21*(24), s. 8194.

Kim, H., & Kim, C. (2021). 3D as-built modeling from incomplete point clouds using connectivity relations. *Automation in Construction, 130*, s. 103855.

Koleksiyon: Jacquard loom. (tarih yok). 2022 tarihinde National Museums Scotland Web Sitesi: https://www.nms.ac.uk/explore-our-collections/stories/science-and-technology/jacquard-loom/ adresinden alındı

Kononow, P. (2019, Kasım 13). *3 Basic Data Modeling Techniques - ERD, UML and Data Dictionary*. Dataedo: https://dataedo.com/blog/basic-data-modeling-techniques adresinden alındı

Kopp, S., Becker, P., Doshi, A., Wright, D. J., Zhang, K., & Xu, H. (2019). Achieving the Full Vision of Earth Observation Data Cubes. *Data*.

Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel mirasin belgelenmesinde dijital yaklaşımlar. *26*(3), pp. 67-83.

Kreymer, I., & Pehlivan, Z. (2020). *Web Archiving*. Sakıp Sabancı Müzesi Youtube Hesabı: https://www.youtube.com/watch?v=tIUcC3o4TGo&t=2707s adresinden alındı

Kutup, N. (2010). İnternet ve Sanat, Yeni Medya ve net.art. *Akademik Bilişim, 10*(9).

Lee, E. A. (2019). *Dijital Ruh: İnsan ve Teknoloji Arasındaki Yaratıcı Ortaklık.* (A. Uysal, & G. Uysal, Trans.) İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.

Leskovec, Jure. (2021). *A General Perspective On Graph Neural Networks: Mining Massive Datasets.* Stanford Üniversitesi: http://snap.stanford.edu/class/cs246-2021/slides/20-GNN.pdf adresinden alındı

Leskovec, Jure. (2021). *Stanford CS224W: Machine Learning with Graphs | 2021 | Lecture 1.1 - Why Graphs*. Retrieved from Youtube: Standard Üniversitesi Hesabı: https://www.youtube.com/watch?v=JAB_plj2rbA&list=PLoROMvodv4rPLKxIpqhjhPgdQy7imNkDn&index=2

Li, Y., & Harada, T. (2022). Non-rigid Point Cloud Registration with Neural Deformation Pyramid. *arXiv preprint arXiv:2205.12796*. https://arxiv.org/pdf/2205.12796.pdf adresinden alındı

Li, Z., Zhu, C., & Gold, C. (2004). *Digital terrain modeling: principles and methodology.* CRC press.

Liang, P. (2022, Mayıs 31). *Machine Learning 10 - Differentiable Programming | Stanford CS221: AI (Autumn 2021)*. Stanford Üniversitesi Youtube Hesabı: https://www.youtube.com/watch?v=c5btEEisp_g&list=PLoROMvodv4rOca_Ovz1DvdtWuz8BfSWL2&index=14 adresinden alındı

libguides. (2021, Ocak 14). *Digital Preservation: OAIS Reference Model*. Libguides: https://ufs.libguides.com/c.php?g=1113411&p=8118662 adresinden alındı

Library of Congress. (2007). *Thesaurus for Graphic Materials*. 2022 tarihinde Library of Congress: https://www.loc.gov/rr/print/tgm1/ adresinden alındı

Library of Congress. (2023). *Recommended Formats Statement*. loc.gov: https://www.loc.gov/preservation/resources/rfs/index.html adresinden alındı

Liu, X. (2015). Multimodal definition: The multiplication of meaning in electronic dictionaries. *Lexikos, 25*, s. 210-232.

Liu, X., Lam, K., Zhu, K., Zheng, C., Li, X., Du, Y., . . . Pong, P. W. (2019). Overview of spintronic sensors with internet of things for smart living. *IEEE Transactions on Magnetics, 55*(11), s. 1-22.

Lobay, A., & Forsyth, D. A. (2006). Shape from texture without boundaries. *International Journal of Computer Vision, 67*(1), s. 71-91.

LOD Planner. (2022). *The real LOD story*. 2022 tarihinde LOD Planner: https://www.lodplanner.com/lod-explained/ adresinden alındı

Logothetis, S., Valari, E., Karachaliou, E., & Stylianidis, E. (2020). Development of an Open Source Spatial DBMS for a FOSS BIM.

López, F. J., Lerones, P. M., Llamas, J., & Gómez-García-Bermejo, J. a. (2018). A Review of Heritage Building Information (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction, 2*(2), s. 21.

Lorek, S. (2022, Nisan 06). *What is BIM (Building Information Modeling)*. Trimble: https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-bim-building-information-modeling adresinden alındı

L'univers, l'intelligence, la science, le livre. (tarih yok). Google Arts & Culture: https://artsandculture.google.com/asset/l-univers-l-intelligence-la-science-le-livre/8gERAbpIcBEwpw adresinden alındı

Madžoski, V. (2019). *Küratörlük: Koruma ve Kapatmanın Diyalektiği.* İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.

Malhotra, A., Raming, S., Frisch, J., & van Treeck, C. (2021). Open-Source Tool for Transforming CityGML Levels of Detail. *Energies, 14*(24), s. 8250.

Manuel, A., Gattet, E., Luca, L. D., & Veron, P. (2013). An approach for precise 2D/3D semantic annotation of spatially-oriented images for in situ visualization applications. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*. *1*, s. 289-296. IEEE.

Mao, J., Gan, C., Kohli, P., Tenenbaum, J. B., & Wu, J. (2019). The neuro-symbolic concept learner: Interpreting scenes, words, and sentences from natural supervision. *arXiv preprint arXiv:1904.12584*.

Marty, R. (2014, Ekim 30). *What Is BIM Level 3?* 3DS Dassaults Systèmes: https://blogs.3ds.com/perspectives/what-is-bim-level-3/ adresinden alındı

Matějka, P., & Tomek, A. (2017). Ontology of BIM in a Construction Project Life Cycle. (Elsevier, Dü.) *Procedia engineering, 196*, s. 1080-1087.

Matrone, F., Lingua, A., Pierdicca, R., Malinverni, E., Paolanti, M. G., Remondino, F., . . . Landes, T. (2020). A benchmark for large-scale heritage point cloud semantic segmentation. *XXIV ISPRS Congress* (Cilt 43, s. 1419-1426). içinde

McGuinness, D. L. (2002). Ontologies come of age. *Spinning the semantic web: bringing the World Wide Web to its full potential*, s. 171-194.

McLuhan, M. (1964). The medium is the message. In *Crime and Media* (pp. 20-31). Routledge.

Media/Semantic Spectrum. (tarih yok). Data Science: https://datascience.cancer.gov/media/4711 adresinden alındı

Melcherts, H. E. (2017). The internet of everything and beyond: the interplay between things and humans. *Human bond communication: the holy grail of holistic communication and immersive experience*, s. 173-185.

Merkit, N. (2021). Leibniz'in Klasik ve Modern Mantığa Katkıları. *Temaşa Erciyes Üniversitesi Felsefe Bölümü Dergisi*, s. 33-50.

Merriam Webster Sözlüğü. (n.d.). *dictionary/digital*. Retrieved 2022, from Merriam Webster: https://www.merriam-webster.com

Microsoft. (2022). *UML diagramming*. Retrieved from Microsoft: https://www.microsoft.com/tr-tr/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/guide-to-uml-diagramming-and-database-modeling

Miller, C., Abdelrahman, M., Chong, A., Biljecki, F., Quintana, M. F., Chew, M., & Wong, D. (2021). The Internet-of-Buildings (IoB) - Digital twin convergence of wearable and IoT data with GIS/BIM. *Journal of Physics: Conference Series, 2042*(1), s. 012041.

Miyazaki, S. (2012). Algorhythmics: Understanding micro-temporality in computational cultures. *Computational Culture, 2*, s. 1-16.

Modelica. (n.d.). *Data Hierarchy: Configuration in Revit*. Retrieved from Modelical: https://www.modelical.com/en/gdocs/revit-data-hierarchy/

Monoskop. (2022). Monoskop Websitesi: https://monoskop.org/Monoskop adresinden alındı

Morar, F.-S. (2015). Reinventing machines: the transmission history of the Leibniz calculator. *The British Journal for the History of Science, 48*(1), s. 123-146.

MoVi: The digital Mozart score Viewer. (tarih yok). *MoVi: The digital Mozart score Viewer*. 20222 tarihinde Mozarteum: https://dme.mozarteum.at/movi/en adresinden alındı

MTA. (tarih yok). *Uzaktan Algılama Laboratuvarları ve Kuruluşları*. 2022 tarihinde MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü: https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uacbs-linkler adresinden alındı

Müller, N. (2008). Trendone: trendone.de adresinden alındı

Mundaneum. (2022). Mundaneum Websitesi: http://archives.mundaneum.org/en/history adresinden alındı

Murphy, M. (2012). *Historic Building Information Modelling (HBIM): For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 180.* Department of Civil, Structural & Environmental Engineering School of Engineering Trinity College Dublin, Doktora Tezi.

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling--Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture}. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 76*(89-102).

NDSA. (2020). *Levels of Digital Preservation*. NDSA: https://ndsa.org/publications/levels-of-digital-preservation/ adresinden alındı

Neelima, G., & Rodda, S. (2015). An Overview on Web Usage Mining. *Emerging ICT for Bridging the Future-Proceedings of the 49th Annual Convention of the Computer Society of India CSI Volume 2* (s. 647-655). içinde Springer.

Netfliy. (2021). *Application Domain Extensions (ADEs)*. Netfliy: https://nervous-ptolemy-d29bcd.netlify.app/ade/ adresinden alındı

NFDI4Culture. (2022). *NFDI4Culture Linked Data Resources*. 2022 tarihinde NFDI4Culture: https://nfdi4culture.de/resource/about.html adresinden alındı

NFDI4Culture Community. (2022). *Mimarlık*. 2022 tarihinde NFDI4Culture Community: https://nfdi4culture.de/about-us/communities/architecture.html adresinden alındı

Nicholson, Chris. (2022). *Symbolic Reasoning (Symbolic AI) and Machine Learning.* Retrieved from Path Mind: http://wiki.pathmind.com/symbolic-reasoning

Nöll, T., Köhler, J., Reis, G., & Stricker, D. (2013). Faithful, compact and complete digitization of cultural heritage using a full-spherical scanner. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)* (pp. 15-22). IEEE.

OASIS OPEN. (n.d.). *OASIS SOA Reference Model (SOA-RM) TC*. Retrieved 2022, from OASIS OPEN: https://www.oasis-open.org/committees/soa-rm/faq.php

OGC. (2011, Aralık 19). *OGC Reference Model (ORM)*. OGC: Open Geospatial Consortium: https://www.ogc.org/standards/orm adresinden alındı

OGC: Open Geospatial Consortium. (tarih yok). *CityGML*. 2022 tarihinde OGC: Open Geospatial Consortium: https://www.ogc.org/standards/citygml adresinden alındı

Ono, K., Andaroodi, E., Einifar, A., Abe, N., Matini, M. R., Bouet, O., . . . Adle, C. (2008). 3DCG reconstitution and virtual reality of UNESCO world heritage in danger: the Citadel of Bam. *Progress in Informatics*(5), s. 99-136.

Open AI. (2022). *Hakkımızda*. Open AI: https://openai.com/ adresinden alındı

Open GIS. (2022). *Index of CityGML*. 2022 tarihinde Open GIS: https://schemas.opengis.net/citygml/ adresinden alındı

Open Knowledge Foundation. (2022). *Open Definition*. Open Knowledge Foundation: http://opendefinition.org/od/2.1/en/ adresinden alındı

Open Library. (tarih yok). *Open Library*. 2022 tarihinde Open Library: https://openlibrary.org/ adresinden alındı

Open Source Initiative. (2022). *Hakkımızda*. 2022 tarihinde Open Source Initiative: https://opensource.org/ adresinden alındı

openEO. (2020). *Datacubes*. openEO: https://openeo.org/documentation/1.0/datacubes.html#filter https://gis-university.com/vector-gis/ adresinden alındı

Oracle. (2022). *AI nedir? Yapay Zeka hakkında bilgi edinin*. Oracle: https://www.oracle.com/tr/artificial-intelligence/what-is-ai/ adresinden alındı

Oracle. (2022). *What is big data?* Retrieved 2022, from Oracle: https://www.oracle.com/tr/big-data/what-is-big-data/

Özbağ, D. (2010). Ulusal Dijital Kültür Mirasının Korunması ve Arşivlenmesine Yönelik Kavramsal Bir Model Önerisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özcan, M. (2017). *Referanslar/Sultanahmet*. 2022 tarihinde Mehmet Özcan Kişisel Web Sitesi:

https://www.mehmetozcan.com/works/sultanahmet/index.html adresinden alındı

Özdurdu, R. (2011). *Medyada sahiplik ve yoğunlaşma, oluşturduğu sorunlar ve şeffaflığın sağlanması.* Ankara: Radyo ve Televizyon Üst Kurulu.

Özel, N. (2016). Müzelerde Bilginin Düzenlenmesi ve Erişime Sunulması: Ankara'daki Müzelere Yönelik Bir Araştırma. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 56*(1), s. 177-209.

Özer, S. (2015). Türkçede anlam ve kavram terimleri üzerine/Ogden ve Richards'ın üçgenine yeniden bakmak. *International Journal of Language Academy, 3*(1), s. 142-158.

Öztürk, H. (2021). Arşivcilikte Yapay Zekâ Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Paginas Websitesi. (2022). *BT Altyapısı*. 2022 tarihinde Paginas Websitesi: https://paginas.fe.up.pt/~als/mis10e/ch5/chpt5-1bullettext.htm adresinden alındı

Palma, G., Boubekeur, T., Ganovelli, F., & Cignoni, P. (2018). Scalable non-rigid registration for multi-view stereo data. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 142*(328-341).

PARION. (2022). *Parion Kazısı Resmi Web Sitesi*. Parion: https://parion.biz/proje/tubitak-projesi/ adresinden alındı

Paul, C. (2003). *Digital Art.* Thames & Hudson.

Pauwels, P., Bod, R., Di Mascio, D., & De Meyer, R. (2013). Integrating building information modelling and semantic web technologies for management of built heritage information. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage). 1*, s. 481-488. IEEE.

Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., & Chamzas, C. (2007). Methods for 3D digitization of cultural heritage. *Journal of cultural heritage, 8*(1), s. 93-98.

Petrie, R. (2022). *What is openBIM®?* 2022 tarihinde Building Smart: https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/ adresinden alındı

Petrocchi, A. (2019). Medieval literature in comparative perspective: Language and number in Sanskrit and Latin. *Journal of Medieval Worlds, 1*(2), s. 57-76.

Pfeiffer, S. (2017). The vision of "Industrie 4.0" in the making—a case of future told, tamed, and traded. *Nanoethics, 11*(1), s. 107-121.

Planone. (tarih yok). *Merkmale der LOD-Spezifikation*. 2022 tarihinde Planone: https://plan.one/blog/lod-anwendung/ adresinden alındı

Pletinckx, D., Callebaut, D., Killebrew, A. E., & Silberman, N. A. (2000). Virtual-reality heritage presentation at Ename. *IEEE MultiMedia, 7*(2), s. 45-48.

Pocobelli, D. P., Boehm, J., Bryan, P., Still, J., & Grau-Bové, J. (2018). BIM for heritage science: a review. *Heritage Science, 6*(1), s. 1-15.

Point Cloud Library. (2022). *Estimating Surface Normals in a PointCloud*. 2022 tarihinde Point Cloud Library: https://pointclouds.org/documentation/tutorials/normal_estimation.html adresinden alındı

Point Cloud Library. (tarih yok). *Estimating Surface Normals in a PointCloud*. 2022 tarihinde Point Cloud Library: https://pcl.readthedocs.io/projects/tutorials/en/pcl-1.12.0/normal_estimation.html adresinden alındı

Point Cloud Library. (tarih yok). *The PCD (Point Cloud Data) file format*. 2022 tarihinde Point Cloud Library: https://pointclouds.org/documentation/tutorials/pcd_file_format.html adresinden alındı

PointCab. (2021, Ağustos 19). *Structured vs. unstructured point clouds and how to handle them*. Youtube PointCab Hesabı: https://www.youtube.com/watch?v=AEMxKvlnEdo adresinden alındı

PointCab. (2022). *Point Cloud Registration*. 2022 tarihinde PointCab Software: https://pointcab-software.com/en/learn/point-cloud-registration/ adresinden alındı

Portela, M. (2014). Multimodal Editing and Archival Performance: A Diagrammatic Essay on Transcoding Experimental Literature. *Digital Humanities Quarterly, 8*(1). digitalhumanities.org: http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/8/1/000175/000175.html adresinden alındı

Prados, E., & Faugeras, O. (2006). Shape from shading. *Handbook of mathematical models in computer vision*, s. 375-388.

Pras, A., & Schönwälder, J. (2003). On the difference between information models and data models. https://ris.utwente.nl/ws/files/249037843/Pras2003on.pdf adresinden alındı

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently? *On the horizon*.

Rabbani, T., & Heuvel, F. v. (2004). Methods for fitting CSG models to point clouds and their comparison. *Computer Graphics and Imaging: Seventh IASTED International Conference Proceedings.*

Rasmussen, M. H., Lefrançois, M., Schneider, G. F., & Pauwels, P. (2021). BOT: the building topology ontology of the W3C linked building data group. *Semantic Web, 12*(1), pp. 143-161.

Rasmussen, M., Pauwels, P., Lefrançois, M., Schneider, G. F., Hviid, C., & Karlshøj, J. (2017). Recent changes in the building topology ontology. *LDAC2017-5th linked data in architecture and construction workshop.*

Remondino, F., Menna, F., Koutsoudis, A., Chamzas, C., & El-Hakim, S. (2013). Design and implement a reality-based 3D digitisation and modelling project. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*. IEEE.

Rhizome. (2021). *Hakkımızda*. 2022 tarihinde Rhizome: https://rhizome.org/ adresinden alındı

Ruan, J., & McDonough, J. P. (2009). Preserving born-digital cultural heritage in virtual world. *2009 IEEE International Symposium on IT in Medicine & Education* (s. 745-748). IEEE.

Sacks, R., Gurevich, U., & Shrestha, P. (2016). A review of Building Information Modeling protocols, guides and standards for Large construction clients. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 21*(29), s. 479-503. DA: https://blogs.3ds.com/perspectives/what-is-bim-level-3/ adresinden alındı

Saha, S. (2018, Aralık 15). *A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way*. Towards Data Science: https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53 adresinden alındı

Sahoo, R. N., Sehgal, V. K., Pradhan, S., Gupta, V. K., & H. Kamble, K. (2012). Practical Manual on Basics of Remote Sensing Data Processing, GPS and GIS. *Indian Agricultural Research Institute*.

Sarı, H. (2021, Mart 16). *Klonlanmış Işık: Lazer*. TÜBİTAK: https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/klonlanmis-isik-lazer adresinden alındı

Sarıcaoğlu, T. (2021). Arkeolojik Miras Bilgi Yönetimi: HBIM Erythrai (Ildır) Örneği. *Doktora Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Saygi, G. a., Turan, M., & Remondino, F. (2013). Evaluation of GIS and BIM roles for the information. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.

Saygi, G., & Remondino, F. (2013). Management of Architectural Heritage Information in BIM and GIS: State-of-the-art and Future Perspectives. *International Journal of Heritage in the Digital Era, 2*(4), s. 695-713.

Saygi, G., Agugiaro, G., & Hamamcioglu Turan, M. (2018). Behind the 3D scene: A gis approach for managing the chronological information of historic buildings. *Multimodal Technologies and Interaction, 2*(2), s. 26.

Schema. (2022, Ekim 15). *Welcome to Schema.org*. 2022 tarihinde Schema: https://schema.org/ adresinden alındı

Science Direct. (2017). *Numerical Modelling*. Science Direct: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/numerical-modelling adresinden alındı

Science Direct. (2021). *Spatial Data*. Science Direct: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/spatial-data#:~:text=1.3.,-1%20Spatial%20Data&text=Spatial%20data%20are%20of%20two,raster%20data%20and%20vector%20data adresinden alındı

Scikit Image. (2022). *Introduction to three-dimensional image processing¶*. 2022 tarihinde Scikit Image: https://scikit-image.org/skimage-tutorials/lectures/three_dimensional_image_processing.html adresinden alındı

Sehrawat, D., & Gill, N. S. (2019). Smart sensors: Analysis of different types of IoT sensors. *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (s. 523-528). IEEE.

Semantik Spectrum. (2022). Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_spectrum adresinden alındı

Seskion. (2022). *Import sensor data text file*. 2022 tarihinde Seskion: https://www.seskion.de/seskion_docs_html/Simulyzers/PSI5/webhelp_2_5_2_en/Sensor_data_text_file.htm adresinden alındı

Sherman, R. (2021, Temmuz 30). *7 data modeling techniques and concepts for business*. Tech Target: https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/tip/7-data-modeling-techniques-and-concepts-for-business adresinden alındı

Şıklar, E., Tunalı, D., & Gülcan, B. (2015). Mobil internet kullanımının benimsenmesinde yakınsama faktörüyle teknoloji kabul modeli. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15*(2), s. 99-110.

Simlilearn. (2023, Ocak 12). *What is Data Modelling? Overview, Basic Concepts, and Types in Detail*. Simlilearn: https://www.simplilearn.com/what-is-data-modeling-article adresinden alındı

Singh, T. (2022). *Analog vs Digital sensors*. Retrieved 2022, from Coding Ninjas: https://www.codingninjas.com/codestudio/library/analog-vs-digital-sensors

Şişman, Ö. (1990). Osmanlı mimarisinde alçı pencereler (klasik devir). *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Mimar Sinan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Smart Mind Data analytics. (tarih yok). *Veri Modelleme Nedir? Özellikleri, Avantajları ve Dezavantajları*. 2022 tarihinde Smart Mind: https://www.smartmind.com.tr/veri-modelleme-nedir-ozellikleri-avantajlari-ve-dezavantajlari-i-951#:~:text=%C4%B0ki%20tip%20Veri%20Modeli%20tekni%C4%9Fi,UML%20(Birle%C5%9Fik%20Modelleme%20Dili) adresinden alındı

Sotirova, K., Peneva, J., Ivanov, S., Doneva, R., & Dobreva, M. (2012). Digitization of cultural heritage-standards, institutions, initiatives. *Access to digital cultural heritage: Innovative applications of automated metadata generation*, s. 23-68.

SPRH Labs. (2019, Mart 21). *Understanding Deep Learning: DNN, RNN, LSTM, CNN and R-CNN*. Medium: https://medium.com/@sprhlabs/understanding-deep-learning-dnn-rnn-lstm-cnn-and-r-cnn-6602ed94dbff adresinden alındı

Stanford Üniversitesi Felsefe Ansiklopedisi. (2020, Mart 27). *Felsefe Ansiklopedisi*. Stanford Üniversitesi: https://plato.stanford.edu/ adresinden alındı

Stanford Üniversitesi. (tarih yok). *Protégé: A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems*. Stanford Üniversitesi: https://protege.stanford.edu/ adresinden alındı

Stead, S. (2008, Kasım). The CIDOC CRM, a Standard for the Integration of Cultural Information. ICS-FORTH.

Strauch, R. (1999). The Reality Illusion: How you make the world you experience.

Štular, B., Lozić, E., & Eichert, S. (2021). Airborne LiDAR-derived digital elevation model for archaeology. *Remote Sensing, 13*(9), s. 1855.

Sualtı Kablo Haritası. (tarih yok). 2022 tarihinde Submarine Cable Map: https://www.submarinecablemap.com/ adresinden alındı

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction, 18*(3), pp. 357-375.

Succar, B. (2013). *Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools.* Faculty of Engineering and Built Environment, Doktora Tezi.

Süer Toybıyık, S. (2017). *Coğrafi Tabanlı Türkiye Bina Envanter Sisteminin Oluşturulması.* TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/05.06.2017_tez_s-bel_suer_toybiyik-20180925134345.pdf adresinden alındı

Tagarelli, A. (2011). *XML Data Mining: Models, Methods, and Applications.* IGI Global. Retrieved from https://sites.google.com/site/xmlmining/

Taş, D. (2019). Photogrammetry based heritage modeling with shape embedding. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Taşdelen, İ. (2009). *Sembolik Mantık.* TC Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını.

TC Adalet Bakanlığı. (2022). *UYAP Bilişim Sistemi*. 2022 tarihinde Ulusal Yargı Ağı Projesi: https://uyap.gov.tr/ adresinden alındı

TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Plan CBS Masaüstü Uygulaması: Raster Veri*. 2022 tarihinde Bulut KBS: https://www.bulut-kbs.gov.tr/giris/content/plan/dosya/PlanCBS_HTML_V.1.0/raster_veri.htm adresinden alındı

TC Çevre, Şehirclik ve İklim Değişikliği. (2022). *Binalarda Enerji Performansı Uygulaması*. 2022 tarihinde BEPTR CSB: https://beptr.csb.gov.tr/bep-web/#/ adresinden alındı

TC Çevre, Şehirclik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (n.d.). *UAVT Kodu Nedir?* Retrieved from TC Çevre, Şehirclik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Sıkça Sorulan Sorular: https://sss.csb.gov.tr/siksorulansorular/detay/1096?uygulamaid=106

TC Sağlık Bakanlığı. (2014). *USVS: Ulusal Sağlık Veri Sözlüğü*. 2022 tarihinde E-Sağlık: https://e-saglik.gov.tr/TR,7141/usvs.html adresinden alındı

TC Sağlık Bakanlığı. (2022). *E-Nabız*. 2022 tarihinde E-Nabız: https://enabiz.gov.tr/ adresinden alındı

TC Sağlık Bakanlığı. (tarih yok). *MHRS: Merkezi Hekim Randevu Sistemi*. MHRS: https://www.mhrs.gov.tr/ adresinden alındı

TDK. (tarih yok). *Dijital*. 2022 tarihinde Türk Dil Kurumu Sözlükleri: https://sozluk.gov.tr/ adresinden alındı

Tecim, V. (2008). *Coğrafi bilgi sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi.* Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tecim, V. (2022). *Yönetim Bilişim Sistemleri*. Retrieved from Vahap Tecim Kişisel Websitesi: https://vahaptecim.com.tr/yonetim-bilisim-sistemleri/

Tel, M. Z. (2021). BIM uygulamalarının mevzuat ve yasal çerçevesi-ulusal değerlendirme. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Medipol Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Terkaj, W., & Šojić, A. (2015). Ontology-based representation of IFC EXPRESS rules: An enhancement of the ifcOWL ontology. *Automation in Construction, 57*(188-201).

The BIM Center. (2018). *What you need to understand about PAS 1192*. 2022 tarihinde The BIM Center: https://www.thebimcenter.com/2018/11/what-you-need-to-understand-about-pas1192.html adresinden alındı

The Britannica Dictionary. (2022). *dictionary/analog*. Britannica: https://www.britannica.com/dictionary/analog adresinden alındı

The Britannica Dictionary. (2022). *dictionary/digital*. 2022 tarihinde Britannica: https://www.britannica.com/dictionary/digital adresinden alındı

The Britannica Dictionary. (2022). *dictionary/digitalize*. Merriam-Webster: https://www.merriam-webster.com/dictionary/digitalize adresinden alındı

The Britannica Dictionary. (2022). *dictionary/digitise*. 2022 tarihinde Britannica: https://www.britannica.com/dictionary/digitise adresinden alındı

The Industry's Foundation for High Performance Graphics. (2021). *OpenGL Headline News*. 2022 tarihinde Open GL: https://www.opengl.org/ adresinden alındı

The NBS. (2022, Eylül 21). *How does Uniclass support interoperability?* Retrieved from The NBS: https://www.thenbs.com/knowledge/mapping-scenarios

The U.S. Institute of Building Documentation (USIBD). (2022). *Hakkımızda*. USIBD: https://usibd.org/ adresinden alındı

Thompson, C. (2018, Eylül 27). *Common 3D point cloud file formats & solving interoperability issues*. Vercator: https://info.vercator.com/blog/what-are-the-most-common-3d-point-cloud-file-formats-and-how-to-solve-interoperability-issues#:~:text=Common%20point%20cloud%20binary%20formats,in%20a%20single%20file%20type adresinden alındı

Thornes, R., Dorrell, P. G., & Lie, H. (1999). *Introduction to Object ID: guidelines for making records that describe art, antiques, and antiquities.* Getty Publications. https://books.google.com.tr/books?id=POhVAgAAQBAJ&lpg=PP1&hl=tr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false adresinden alındı

Tibco. (tarih yok). *What is a Logical Data Model?* 2022 tarihinde Tibco: https://www.tibco.com/reference-center/what-is-a-logical-data-model adresinden alındı

Tombul, I. (2020). Argümantatif yaklaşımla dijital yerliler ve göçmenleri tartışmak. *Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Yeni Düşünceler Hakemli E-Dergisi*(14), s. 134-155.

Tonta, Y. (2012). Dijital çağda dünya belleği: dijitalleştirme ve koruma konferansı. *Türk Kütüphaneciliği, 26*(4).

Tonta, Y. (2013). *Kültürel Mirasın Geleceği ve UNESCO Dünya Belleği Programı Sunumu.* Hacettepe Üniversitesi: https://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/yayinlar/tonta-evliya-celebi-seyahatnamesi-unesco-dunya-bellegi-v3-as-presented.pdf adresinden alındı

Topsakal Ayhan, E., Karslı, F., & Tunç, F. (2003). Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma ve analiz. *Harita Dergisi, 70*(130), s. 32-46.

Töre, T. (2010). Sanal gerçeklik ve mimari koruma (sunum ve anlatım bağlamında bir değerlendirme). *Yüksel Lisans Tezi*. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Törmä, S. (2014). Web of building data--Integrating IFC with the web of data. *eWork and eBusiness in architecture, engineering and construction: ECPP*, s. 141-147.

Transkibus. (tarih yok). *Transkibus*. 2022 tarihinde Transkibus: https://lite.transkribus.eu/ adresinden alındı

TSE Bilgi Teknolojileri ve İletişim İhtisas Grubu. (2006). *Bilişim Terimleri Sözlüğü.* (A. Arifoğlu, M. Demirer, G. Şengül, & O. Öz, Dü) Türk Standartlar Enstitüsü. https://statik.tse.org.tr/upload/tr/dosya/icerikyonetimi/552/19012016170409-4.pdf adresinden alındı

Turan Hamacıoğlu, M. (2004). Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişimlerin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 19*(1).

Turk, M. (2014). Multimodal interaction: A review. *Pattern recognition letters, 36*(189-195).

Türk, M. S. (2014). Medyanın Gerçeklik İnşası ve Gerçeklik Algısı. *Düşünce Dünyasında Türkiz Siyaset ve Kültür Dergisi, 5*(28), s. 9-32.

Türkel, S., & Yeşilkuş, F. (2020). Dijital dönüşüm Paradigması: Endüstri 4.0. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 7*(5), s. 332-346.

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2020). *Ulusal Veri Sözlüğü Projesi*. Retrieved 2022, from CBDDO: https://cbddo.gov.tr/projeler/ulusalverisozlugu/dokumanlar/

Türkyılmaz, İ., & Yaşar, C. (2008). Semantik Web Teknolojileri. *Akademik Bilişim*.

Tutorials: R Data Structures. (tarih yok). 2022 tarihinde Techvidvan: https://techvidvan.com/tutorials/r-data-structures/ adresinden alındı

Tzitzikas, Y., Mountantonakis, M., Fafalios, P., & Marketakis, Y. (2022). CIDOC-CRM and Machine Learning: A Survey and Future Research. *Heritage*.

Uğurol, D., & Uğurol, M. (2021). Revzenlerin Yapım Teknikleri, Bozulmaları ve Restorasyon Sorunları. *Megaron, 16*(2), pp. 350-365.

UK BIM Alliance. (2020). *The UK BIM Framework and the UK BIM Alliance*. UK BIM Alliance: https://www.ukbimalliance.org/wp-content/uploads/2020/03/Paul_Wilkinson_UKBIMA.pdf adresinden alındı

UNESCO. (2003). *Charter on the Preservation of the Digital Heritage.* 2022 tarihinde UNESCO: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000179529.page=2 adresinden alındı

UNESCO. (2022). *Digital Heritage: Background*. 2022 tarihinde UNESCO: https://en.unesco.org/themes/information-preservation/digital-heritage/background adresinden alındı

UNESCO. (tarih yok). *https://en.unesco.org/freeandopensourcesoftware*. 2022 tarihinde UNESCO: https://en.unesco.org/freeandopensourcesoftware adresinden alındı

Uschold, M., Gruninger, & Michael. (2004). Ontologies and semantics for seamless connectivity. *ACM SIGMod Record, 33*(4), s. 58-64.

USIBD. (2016). *Guide for USIBD Document C220.* YMAWS: https://cdn.ymaws.com/www.nysapls.org/resource/resmgr/2019_conference/handouts/hale-g_bim_loa_guide_c120_v2.pdf adresinden alındı

Vakıflar Genel Müdürlüğü. (2013). *Tarihi Tapılar için Deprem Risklerinin Yönetim Kılavuzu.* VGM: https://cdn.vgm.gov.tr/organizasyon/organizasyon12_030619/kilavuz.pdf adresinden alındı

Vakıflar Genel Müdürlüğü. (tarih yok). *Vakıf Deyimleri ve Terimleri Sözlüğü*. 2022 tarihinde VGM: https://www.vgm.gov.tr/kurumsal/tarihce/vakif-deyimleri-ve-terimleri-sozlugu#dic9 adresinden alındı

Van Acker, W. (2012). Architectural Metaphors of Knowledge: The Mundaneum Designs of Maurice Heymans, Paul Otlet, and Le Corbusier. *61*(2).

Van Gool, L., Defoort, F., Koch, R., Pollefeys, M., Proesmans, M., & Vergauwen, M. (1998). 3D modeling for communications. *Proceedings. Computer Graphics International (Cat. No. 98EX149)* (s. 482-487). içinde IEEE.

Verbin, D., & Zickler, T. (2020). Toward a Universal Model for Shape from Texture. *Harvard Üniversitesi*. http://vision.seas.harvard.edu/sft/ adresinden alındı

Versions of the CIDOC CRM. (2022). CIDOC CRM: https://www.cidoc-crm.org/versions-of-the-cidoc-crm adresinden alındı

Vitrivius. (2014). *Mekanın Üretimi.* (I. Ergüden, Çev.) Sel Yayıncılık.

Vonthron, A., Koch, C., & König, M. (2018). Removing duplicated geometries in IFC models using rigid body transformation estimation and flyweight design pattern. *Visualization in Engineering, 6*(1), s. 1-15.

W3C. (2003, Haziran 11). *OWL Web Ontology Language*. W3: https://www.w3.org/TR/owl-xmlsyntax/ adresinden alındı

W3C. (2021). *General Information: The Building Topology Ontology (BOT)*. W3C LBD CG: https://w3c-lbd-cg.github.io/bot/ adresinden alındı

W3C. (2022). *World Wide Web Consortium*. Retrieved from https://www.w3.org/.

W3C LBD CG. (2020). *The Building Topology Ontology (BOT)*. W3C LBD CG: https://w3c-lbd-cg.github.io/bot/ adresinden alındı

Wands, B. (2006). *Dijital Çağın Sanatı.* (O. Akınhay, Çev.) İstanbul: Akbank Yayınları.

Wang, T., & Xiong, Z. (2021). Methods of As-is BIM reconstruction using point cloud data for existing buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Cilt 676, s. 012041). içinde IOP Publishing.

West, B. T. (2011). Paradata in survey research. *Survey Practice, 4*(4), s. 1-8. https://www.surveypractice.org/article/3036-paradata-in-survey-research adresinden alındı

Wikilala. (2023). *Hakkımızda*. 2022 tarihinde Wikilala: https://www.wikilala.com/about adresinden alındı

Wikimedia. (2016). *Big Data*. Wikimedia: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Big_Data.png adresinden alındı

Wikipedia. (2012). *Anti Counterfeiting Trade Agreement*. Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Anti-Counterfeiting_Trade_Agreement adresinden alındı

Wikipedia. (2013). *Lean construction*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Lean_construction adresinden alındı

Wikipedia. (2014). *Reference model*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Reference_model adresinden alındı

Wikipedia. (2014). *Teodolit*. 2022 tarihinde Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Teodolit adresinden alındı

Wikipedia. (2015). *Domain Model*. 2022 tarihinde Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Domain_model adresinden alındı

Wikipedia. (2019). *Information model*. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Information_model adresinden alındı

Wikipedia. (2021). *Piksel*. Wikipedia: https://tr.wikipedia.org/wiki/Piksel adresinden alındı

Wikiwand. (2022). *Polygon mesh: Set of polygons to define a 3D model*. Retrieved from Wikiwand: https://www.wikiwand.com/en/Polygon_mesh

WIPO. (2011, Mayıs 1). *WIPO and ICOM to Collaborate in Cultural Heritage and Museum Areas*. 2022 tarihinde WIPO: World Intellectual Property Organization:

https://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2011/article_0015.html adresinden alındı

WIPO, & ICOM. (2011). *WIPO and ICOM to Collaborate in Cultural Heritage and Museum.* Geneva.

Xanadu Projesi. (2007). Retrieved from xanadu.com: https://xanadu.com/index.html

Xanadu Projesi. (2014, Temmuz 1). *Deep Hypertext: THE XANADU® MODEL*. 2022 tarihinde Xanadu Projesi: https://xanadu.com/xuTheModel/ adresinden alındı

Yang, X. K. (2016, Temmuz). Complementarity of historic building information modelling and geographic information systems. *XXIII ISPRS Congress. 41*, s. 437-444. Prague, Czech Republic: ISPRS.

Yang, X. L. (2019). HBIM modeling from the surface mesh and its extended capability of knowledge representation. *International Journal of Geo-Information, 8*(7), s. 301.

Yang, X., Grussenmeyer, P., Koehl, M., Macher, H., Murtiyoso, A., & Landes, T. (2020). Review of built heritage modelling: Integration of HBIM and other. *Journal of Cultural Heritage*, s. 350-360.

Yargan, D. (2019). Formel Ontolojiler ve Betimleyici Mantıklar. *Felsefe Arkivi*.

Yargan, D. (2020). Üst Düzey Ontoloji İnşasında Felsefi Yaklaşımlar. *Kilikya Felsefe Dergisi*.

Yiğit, A. Y., & Uysal, M. (2019). Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı Kullanılarak Yolların Tespiti. *Türkiye Fotogrametri Dergisi, 1*(1), s. 17-24.

Yiğit, A. Y., Ulvi, A., & Varol, F. (2020). Artırılmış Gerçeklik Uygulaması ile Kültürel Mirasın 3 Boyutlu Belgelenmesi: Özbekistan Chashma-Ayub Türbesi Örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 8*(4), s. 3155-3172.

Yıldırım, M., & Gençer, C. İ. (2022). Dijital Mimari Mirası Koruma Olasılıkları. *I. Ulusal Mimarlık ve Kent Araştırmaları Sempozyumu* (s. 5-6). İstanbul: Doğuş Üniversitesi.

Yılmaz, E. M. (tarih yok). *Hukuk Sistemlerinde Dijital Miras*. 2022 tarihinde Özgün Law: https://www.ozgunlaw.com/makaleler/hukuk-sistemlerinde-dijital-miras-867 adresinden alındı

Yılmaz, İ. (2022). Dijital Miras. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Ekonomi ve Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Your Global Resource for Geospatial Information and Standards. (2022). 2022 tarihinde OGC: Open Geospatial Consortium: https://www.ogc.org/ adresinden alındı

Yücel Tunç, M. (2015). Mimarlık Projeleri ile Mimarlık Eserleri ve Bunlar Üzerinde Değişiklik Yapılması. *İstanbul Medipol Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 2*(2), s. 183-200.

Zahner, J., & Soulje, N. (2019). Point Cloud Management An Overview Of Current Practices And Technology. T. H. Jr, & M. Carlisle (Dü.), *Model-Based Enterprise Summit (MBE 2018)*. içinde

Zaki, T., Hosny, A., Abouorban, H., Hosny, O., Nassar, K., & Zahran, K. (2018). BIM-Based Delay Analysis: A Framework. *Building Tomorrow's Society Conference*, (s. 1-10).

Zhang, Y., S Müller, B. S., & Notni, G. (2021). Point Cloud Hand–Object Segmentation Using Multimodal Imaging with Thermal and Color Data for Safe Robotic Object Handover. *Sensors, 21*.

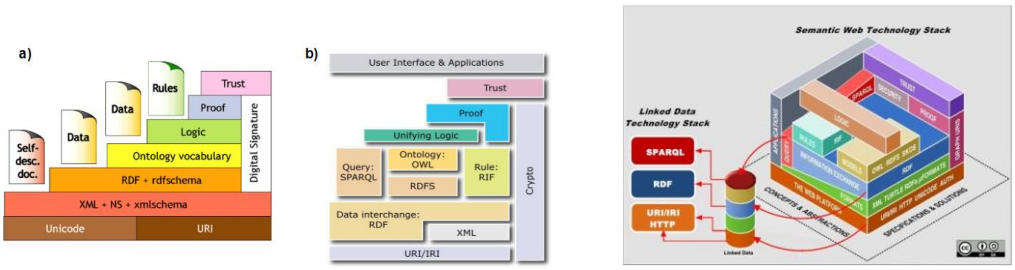
Zhuhadar, L., Nasraoui, O., & Wyatt, R. (2009). Visual ontology-based information retrieval system. (s. 419-426). IEEE.

ZIVID. (2021). *Point Cloud Structure and Output Formats*. ZIVID: https://support.zivid.com/en/v2.4/reference-articles/point-cloud-structure-and-output-formats.html adresinden alındı

A- Semantik Web Katmanları

Veri ağı (*web of data*), birbirine bağlı veri nesnelerinden oluşan bir alan oluşturmak için temel Web teknolojileri üzerine inşa edilen iki kaynaktan oluşur: semantik web araçları ve bağlantılı veriler. (Törmä, 2014)

Semantik (anlamsal) web araçları: Günümüzde web yaygın olarak kullanılan birlikte çalışabilirlik alanıdır. İnsanlar Web'i kullanarak seçili sözcükler üzerinden araştırma yapabilirken bir makine/bilgisayar/sistem/ajan bu işleri insan yönlendirmesi olmadan tamamlayamaz. Çünkü web sayfaları makinelerin değil insanların okuması için yapılmıştır. Klasik arama motorları, belgedeki kelime tekrarlarının sayısına bağlı olarak çıkarımlar yapabilmektedir. Semantik arama, makinelerin web içeriklerinin sözcükler bağlamında kullanılan kavramların anlaşılabilir, yorumlanabilir ve kullanılabilir bir biçimde ifade edilmesini, yazılımların veriyi kolayca bulmasını, paylaşmasını ve birleştirmesini sağlayacak standartların ve teknolojilerin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Sadece verilerin yorumlanması değil, verilerin entegrasyonu da önemli bir zorluktur.



Şekil A.1 Semantik web katmanları (Idehen, 2017) (Google Görseller, 2022)

Bu zorlukları yenebilmek için web yaratıcısı Berners-Lee, semantik webi mevcut web üzerine (*HTML, XML/XML schema*) oturan bir kek katmanları olarak tanımlamış; insanları web ortamında kural yazmasına, veri deposu ve kelime

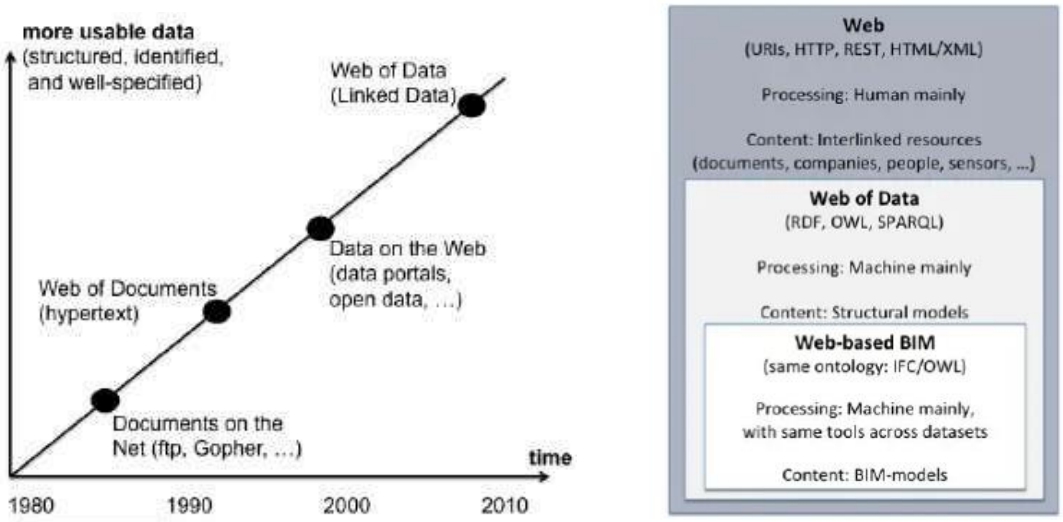
dağarcığı oluşturmasına olanak tanıyan çeşitli araçlar[133] geliştirmiştir (W3C, 2003) (Törmä, 2014) : kaynak tanımlama çerçevesi (RDF, *Resource Description Framework*), kaynak tanımlama çerçevesi şeması (RDF *Schema*), web ontoloji dili (OWL, *Web Ontology Language*), RDF sorgulama dili (*SPARQL, Sparql Protocol and RDF Query Language*), kural değişim biçimi (RIF, *rule interchange format*), basit bilgi organizasyon sistemi (SKOS*, Simple Knowledge Organization System*) vb. Ontoloji, semantik web'in mantığı ve dilini temsil eder.

Günümüzde Web'de belirli portallarda çeşitli veri kümelerinin yayını ve erişimi izin derecelerine bağlı olarak yapılabilmektedir. Kültürel miras ile ilgili oluşturulan semantik depolamaya erişmek için çoklu programlama dilleri, kütüphaneler ve semantik depolar SPARQL sorgularını uygulamaktadır. (INCEPTION, 2018) URI, UNICODE, XML, RDF, RDFs, SPARQL ve OWL teknolojileri standartlaşmıştır. Fakat güven katmanı, dijital imza, kural ve kullanıcı arayüzleri henüz standartlaştırılmamıştır. (Zhuhadar, Nasraoui, & Wyatt, 2009)

Bağlantılı veriler *(Linked data):* Farklı veri kümeleri arasındaki ilişkileri ve erişimi belirleme ilkeleri. Web ortamı sadece web sayfa linklerini değil ham veri, yapılandırmış veri, JSON gibi dönüştürme dilleri paylaşır.

Semantik (anlamsal) web teknolojileri, varlıkların kavramsal anlamını (*conceptual meaning,* varlık türlerini, ilişkilerini vb.) ele alırken; Bağlantılı Veriler bağlamsal anlamlarıyla (*contextual meaning,* başka hangi varlıkların varlıkla ilişkili olduğuyla) ilgilenir. (Törmä, 2014) Semantik henüz web sabitlenmiş ve fonksiyonel bir mimariye henüz kavuşmamıştır.

[133] 4.4 Politikalar ve Standartlar bölümüne bakınız.



Şekil A.2 Veri ağına doğru evrim ve veri ağ küreleri (Törmä, 2014)

B- Yapay Zekâ ile Araştırma ve Madencilik Faaliyetleri

Yapay zekâ, farkında olmadan çok sık kullandığımız fakat konu uzmanları dışında içeriği konusunda çok bilgi sahibi olunmayan bir alandır. Sadece bilişim ve veri üzerine çalışan kişilerin değil verinin kaynağının oluşturan mesleklerin de temel düzeyde bu alanla ilgili ana yaklaşımları ve özellikleri bilmelidir. Bilinçli bir şekilde veri kümeleri oluşturulursa akıllı makineler hem veri hem de bilgiyi aramaya, toplamaya, saklamaya, eşlemeye, işlemeye ve akıl yürütmeye yardımcı olabilir.

Öztürk, 2021 yılında bilgi ve belge yönetimi alanında yayımlanan yüksek lisans tezinde yapay zekâ ile ilgili terminolojiye genişçe yer vermiş; tüm bu araştırmaları neticesinde yapay zekayı insana özgü bilgi, beceri ve davranışın (konuşma, anlama, karar verme, tahmin etme, tepki verme vb.) veriye işlemek amacıyla bilgisayar sistemlerine kazandırılmasını hedefleyen bilim dalı olarak tanımlamıştır. Türkçe literatüre kazandırılan diğer önemli tanım Uluslararası Arşiv Konseyi'nin (*International Council on Archives, 2019)* makine veya sistemin tahmin etmek için edindiği **yapılandırılmış ve yapılandırılmamış** her şeyi yapay zekâ kapsamında değerlendirmesidir. (Öztürk, 2021) Yazılım devi *Oracle*, insanı taklit ederek bilgi toplayan yapay zekânın, edindiği bilgiye göre kendi iyileştiren bir sistem ve makine olduğunun da altını çizmektedir. (Oracle, 2022)

Yapay zekâda mantık kullanımı ve yapay zekanın günümüz halini almasıyla ilgili tarihsel süreç ve felsefi altyapı da Kamer'in 2009 yılında yayımlanan yüksek lisans tezinde derinlemesine ele alınmıştır. Kamer araştırmalarından yola çıkarak yapay zekâ sistemlerini insan gibi düşünen, insan gibi davranan, rasyonel düşünen ve rasyonel davranan sistemler olarak gruplandırmıştır. (Kamer, 2009) Buradan şöyle bir çıkarım yapılabilir, insan her zaman rasyonel davranmaz, rasyonellik insani davranışın idealize edilmiş halidir. Pratik sonuçlar için odak noktamız eylemdir fakat düşünce süreçleri ve sürecin getirdikleri eylem kararını gerekçelendirmektedir. Bu nedenle bir yapay zekanın insan ya da rasyonel bir zihnin idealini mi taklit etmesi gerektiği probleme bağlı olarak değişebilmektedir.

Günümüz yapay zekâsı sembolik, makine öğrenimi (istatistiksel ve yapay sinir ağlarıyla derin öğrenme) ve hibrit ana yaklaşımlar üzerinden genişlemiştir.

Kaliteli Eski Tip Yapay Zeka (*good old-fashioned AI, GOFAI*), klasik yapay zeka ve geleneksel yapay zeka olarak da bilinen **sembolik[134] yapay zeka** (*symbolic AI*) insanların sembolik ara bağlantılar ve temsiller oluşturarak dünyaya anlamlandırma yeteneğine dayanmaktadır. Bu sistemde doğru bir tanımlama yapmak için kullanabilecek her bir bilgiyi ve kuralı açıkça sağlaması gereklidir. Sembolik akıl yürütme için tüm kurallar insanların kavramları ve kavramlarının birbiriyle olan ilişkilerini öğrenip kodlamasıyla oluşturulur. Sistem sembollerin ne anlama geldiğini öğrenmemiştir. Tüm doğru çözümler, belirli bir sorunu çözmek için ilgili uzman tarafından oluşturulmuş tabloda mevcuttur. Problemler, karar ağaçlarında adımlarla çözülmektedir. Uzman sistemler uzman bilgisinin kurallar biçiminde haritalanmasıdır. Ağacın kuralları ve tabloların içeriği genellikle ilgili problem alanının uzmanları tarafından uygulanır. Özetle sembolik yapay zeka Mantık[135] programlama, kural tabanlı sistem (*rule based systems*) oluşturma, karar ağaçları (*decision tree*), algoritmalar, tek yönlü uzman sistemler (*expert systems*), basit tabloyla çalıştırılan (*table-driven*) en basit yapay zekâ, davranışın eğitilmesi (*train a behavior*) olarak tanımlanabilir.

Makine öğrenimi *(sistemin eğitilmesi, train a system),* yapay zekanın bir alt kümesidir. Makine öğrenimi (*input-output*), veri tabanına dayalı bir sistemdir. Veri ve bilgi arasındaki ilişkileri açıklığa kavuşturmak için öğrenilmiş verileri sistematik olarak bir probleme uygulayarak öğrenme, tahmin yürütme ve model geliştirmesidir. Makine öğrenimi, geçmiş verilerden öğrenebilen ve sistemi deneyimle geliştirebilen algoritmalar geliştirmeyi amaçlar. Algoritmalar bir girdiden çıktıya eşlemeyi öğrenir. Giriş verileri, satırlardan (örnekler veya gözlemler) ve sütunlardan (değişken veya nitelikler) oluşan bir tablo biçiminde kalır ve bu nitelikler genellikle özellikler (*features*) olarak bilinir. Özellik

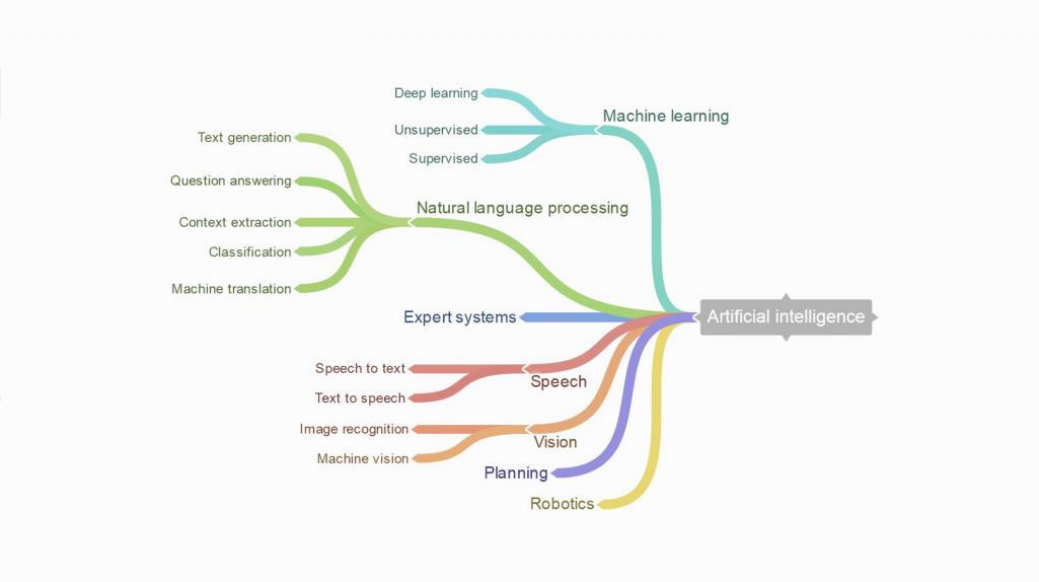
[134] Sembolik mantık/Sembolik dil: önermelerin birine "ve" anlamına gelen "∧" sembolü ile bağlanması, kişi isimlerinin kullanılması yerien q, p ,t vb. kullanım.
Sembol (symbol), simge (sign), signal (sinyal), sensor
[135] İnsan zekasının davranışlarının modellenmesi: mantıksal çıkarım ve sembolik çıkarım.

mühendisliği ise (*feature engineering*), ham verilerden özellikleri çıkaran bir veri ön işleme adımıdır. Makine öğrenimindeki özellik mühendisliği temel olarak dört süreç içerir: **özellik Oluşturma** (tahmine dayalı bir modelde kullanılacak en kullanışlı değişkenleri insan müdahalesiyle bulmak), **dönüşüm** (modelin çeşitli verilerin girdisini almak için esnek olması, modelin okunabilirliği için bir aralığa sahip olması), **özellik Çıkarma** (ham verilerden yeni değişkenler üreten otomatikleştirilmiş süreçtir, amaç veri modellemesi için veri hacmini azaltmaktır. Örnek: küme analizi, metin analitiği, kenar algılama algoritmaları ve temel bileşenler analizi) ve **özellik Seçimi** (veri modeline oluşturmak için veri kümesinde yer alan gereksiz, ilgisiz ve gürültülü verilerin ayıklanması) (Java T Point) Bu süreçlerin eğitilmiş model ve algoritmalarla gerçekleşmesi ise **özellik öğrenimi**dir.

İstatiksel Öğrenme (*statistical learning*): İstatiksel öğrenmenin amacı büyük veri kümelerinden sistematik bilgi elde etmektir. Büyük veri yığınlarının veri analizi ve makine öğrenimi yoluyla işlenmesini esas alan bir alandır. Kısacası bu teori, matematiksel olarak doğrulanabilir hipotez, örnek ve varsayımlara dayalı tahminde bulunabilmek için zengin bir temel sağlamaktadır (Brunato & Battiti, 2005) İlk ortaya çıktığında veri havuzlarındaki bilgilerden yeni sonuçlar çıkarabilmeyi amaçlayan bu teorik analiz, yapay zekâ ile alakalı çalışmalar çerçevesinde çok boyutlu fonksiyonlar için algoritmalar sunabilmektedir. (Ensar, 2020) (Schölkopf, 2011) doğal dil öğrenimi.

Derin öğrenme *(modelin eğitilmesi, train a model):* makine öğreniminin alt kümesidir ve çok katmanlı sinir ağlarına verilen isimdir. Yapay sinir ağları (*articificial neural network*, ANN), insan beyin sistemi ve sonuçlandırmasından ilham alınarak geliştirilmiş bir teknolojidir. Yapay sinirsel ağlar giriş, gizli ve çıkış katmanını (input, hidden and output) içeren düğüm katmanlarından oluşmaktadır. Girdi katmanı girdileri alır, gizli katman/lar girdileri ilişkilendirir ve çıktı katmanı sonucu üretmiş olur.

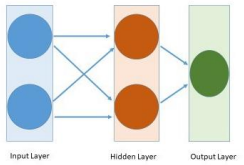
Temel bir sinir ağı[136] bir veya iki gizli katmana sahip olabilirken, derin öğrenme ağı (*deep neural networks*) yüzlerce katmana sahip olabilir. Ağlar veriler aracılığıyla (*data driven*) beslenir ve eğitilirler. Veri tabanları ilişkileri arttıkça eğitim düzeyleri de yükselir. Eğitmek için beslenen bu veriye eğitim verisi veya eğitim kümesi (*train data or train set*) denir. Derin öğrenmedeki *derin* kelimesi, bu çok katmalı sinirsel ağın derinliğine atıfta bulunmaktadır. Derin öğrenme modelleri birden fazla veri kaynağından bilgi almakta ve insan müdahalesine gerek duymadan gerçek zamanlı olarak analiz yapabilmektedir. Fotoğraf, ses gibi yapılandırılmamış dosyaların analizleri yapılabilmektedir. (Oracle, 2022) (IBM , 2021)

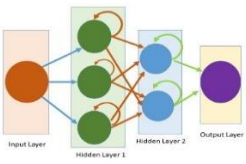


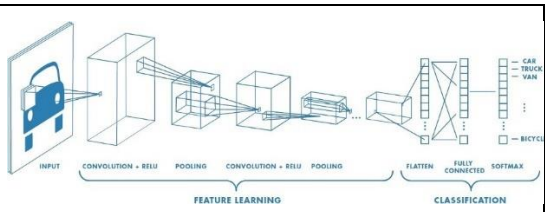
Şekil B.1 Yapay zeka ve kullanım örnekleri (Google Görseller, 2022)

[136] Sibernetik ağlar ve beyin simülasyonu

Şekil B.2 Yapay zekada kullanılan sinir ağları







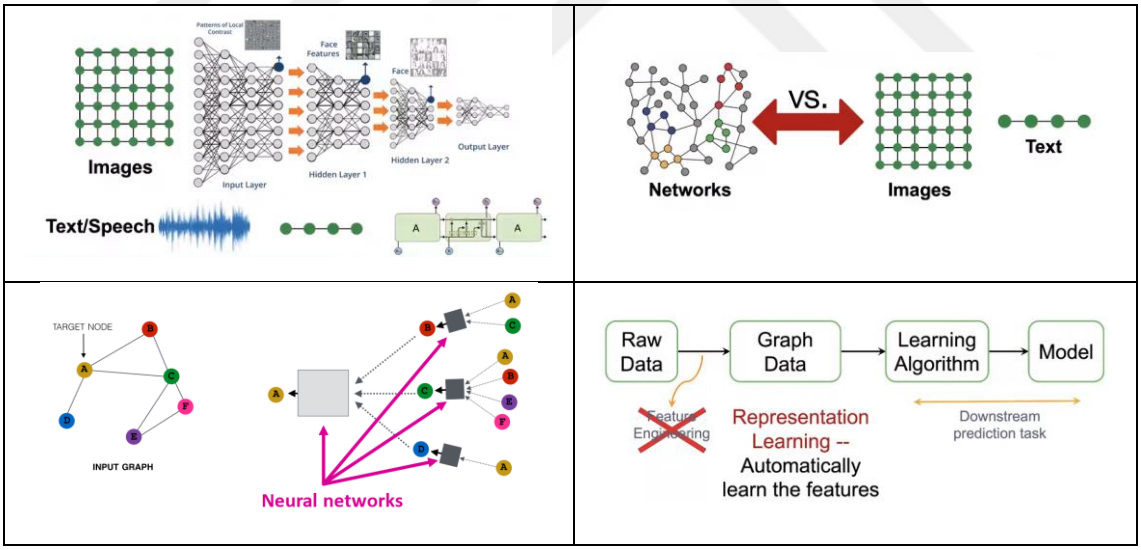
Görsel (solda): İleri beslemeli sinir ağı (*Feed Forward Neural Networks, FNN*)veriler girdi kamanın çıktı katmanına doğru geriye gitmeden tek ve ileri yönde aktığı sinir ağları (SPRH Labs, 2019)

Görsel (ortada): Yinelemeli sinir Ağları (*Recurrent neural network, RNN*) veriler katmanlar arası ileri ve geri yönde hareket edebilir ve dahili belleklerini[137] kullanarak geçmişte öğrenilmiş bilgiler üzerinden el yazısı ve konuşma tanıma işlerini gerçekleştirebilirler. (SPRH Labs, 2019)

Görsel (solda): Konvolüsyonel Sinir Ağı (*Convolutional neural network, CNN*) bir girdi görüntüsünü alabilen, görüntüdeki çeşitli yönlere / nesnelere önem (öğrenilebilir ağırlıklar ve önyargılar) atayabilen ve birini diğerinden ayırt edebilen algoritmadır. (Saha, 2018)

Şekil B.3 Yapay zekada grafiksel sinir ağlarının kullanımı

(Leskovec, Jure, 2021) (Leskovec, Jure, 2021)



[137] Uzun kısa süreli bellek (long short term memory, LTSM) RNN'ye özgüdür. Geçmişte öğrenilmiş şeyleri hatırlamak ve sonrakı tahminleri mantıklı kılmak içinin RNNyi akıllı hale getirir.

Veri biliminde grafik iki bileşenden (köşe/düğüm ve kenar) oluşan veri yapısıdır. Grafikler varlıkların ilişki ve etkileşimlerini açıklayıp analiz edebilmeyi sağlayan bir dildir. Ağlar (*network*) olarak da adlandırılan doğal grafikler, varlıkların doğası gereği birbiriyle kurmak durumunda bağlantıları gösteren grafiklerdir: milyonlarca insanın birbirine bağlanabildiği sosyal ağlar; elektronik cihaz, finansal işlem gibi komünikasyon ve karşılıklı etkileşimler; gen, protein vb. yapılarını inceleyen medikal alanlar; beyinde gerçekleşen bağlantılar vb. Bir bilgi ve çalışma alanındaki (*domain*) ilişkiler de grafik olarak gösterilebilir. Veri ve bilgi grafikleri genelde organize ve bağlantılıdır, yazılım grafik olarak sunulabilir, üç boyutlu şekiller, moleküllerle ilgili elde edilen ilişkisel yapılar grafik olarak gösterilebilir. (Leskovec, Jure, 2021) (Leskovec, Jure, 2021)

Bilgi grafiği (*knowledge graph*) ve ontoloji terimleri grafik yapıda (düğüm, köşe, etiket) temsil edildikleri için birbirlerinin yerine kullanılabilmektedir. (IBM, 2022) (IBM, 2022)

CNN, RNN ile nesne algılama, konuşma tanıma gibi Öklid verilerinden (resimler, metinler, videolar) gelen gizli kalıpları yakalamada yeteneklidir fakat gelişigüzel boyut, karmaşık yapı, sabit bir düğümü olmayan, dinamik ve multimodal özelliklere sahip olabilen grafiklerin çözümlenmesi için GNN devreye girmektedir.

Bayraktar (2022), elektronik-bilgisayar mühendisliği yüksek lisans programı kapsamında tarihi yapılara ait nokta bulut verilerini sınıflandırma ve segmente etme metotlarına dair daha teknik bilgiler paylaşmaktadır. (Bayraktar, 2022)

Nöro-Sembolik Yapay Zekâ

Veri biliminin büyük bir kısmı nispeten birbirinden bağımsız ve ağırlıklı olarak durağan veri kümelerine dayanmaktadır. Oysaki günümüzde veri, dinamik olabilmekte ve sürekli değişim gösterebilmektedir. (Nicholson, Chris, 2022) Derin öğrenmede modelin çıktısı olan tahminlerin dayanağının bilinememesi ve modelin yüksek doğrulukta tahmin yürütebilmesi için büyük miktarda veriye ihtiyaç duyması bu yöntemin en büyük problemleri olarak tanımlanmaktadır. İnsan beyninin sembol işleme ve karar alabilme yeteneği düşünülerek söz konusu problemlerin önüne geçebilmek için mantığa dayalı sembolik kural tabanlı

sistemler ile yapay sinir ağları modelleri birlikte kullanılmıştır. Nöro-sembolik yapay zekâ, 2019 ICLR konferansında *MIT, IBM* ve *Google Deepmind* çalışanlarından oluşturulan bir ekip tarafından deklare edilmiştir. Makalede örnek veri kümesini eğitmek için özel bir programlama dili ve fonksiyonları (*Domain Specific Language-DSL)* geliştirmiştir. (Dick, 2019)

Madencilik faaliyeti, ilişkili ve ilgili verilerin konu dışında olanlardan ayrılması, başka formlara dönüştürülmesi, diğer verilerle ve bilinen kalıplarla ilişkilendirilmesi gibi büyük hacimli verilerden potansiyel olarak yararlı bilgileri keşfetmek olarak tanımlanabilir. Veri madenciliği genel birkaç adımdan oluşmaktadır: veri temizleme, özellik oluşturma / çıkarma, algoritma ve parametre seçimi, yorumlama ve doğrulama. (Evren, 2014)

(Geleneksel) Veri madenciliğinde yalnızca sayısal (*numerical*) ve kategorik (*categorical*) verilere odaklanılırken, yeni ortaya çıkan madencilik faaliyetlerinde (metin, web ve XML madenciliği) metinsel veriler, multimedya (çoklu ortam) verileri ve yapılandırılmış metinler gibi verilerle de ilgilenilir. **Tablo 2.2'de** özetlendiği üzere verilerin türü ve kaynağı madencilik faaliyeti için en temel ayırt edici kriterdir. (Jeong, Lee, Lee, & Cho, 2006) Metin, web ve XML madenciliği incelenen kaynakların bazılarında veri madenciliğinin alt sınıfı bazılarında ise veri madenciliğiyle ortak adımlara sahip ayrı bir sınıf olarak tanımlanmaktadır. Metin ve web madenciliği yapısal olmayan verinin, veri madenciliğinde kullanılmak üzere yapılı hale dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. (Fadugba, 2016)

Bu konu ayrı bir uzmanlık alanı olduğundan madencilik faaliyetleri, alt-üst ilişkisine bakılmaksızın aşağıda genel olarak açıklanmıştır:

(Geleneksel) Veri Madenciliği : Hacimli mevcut vektörel verilerden örtük, daha önce bilinmeyen, ancak potansiyel olarak yararlı bilgilerin aranması işlemidir. Mevcut veriden anlamlı bilgileri ve ilişkileri çıkarmadan kullanılan tekniklere verilen genel isimdir. Veri madenciliği, yapısal verinin analizini yapabilmektedir. (Jeong, Lee, Lee, & Cho, 2006) (Science Direct, 2021)

Metin Madenciliği : Yapılı olmayan (*unstructured*) ve düzensiz (*unorganized*) haldeki elektronik metin yığınlarından; yapılı (*structured*) ve

düzenli (*organized*) veri elde etme sürecidir. Metinsel veriler algoritmik olarak ele alınması zor olduğundan metin madenciliğinde araştırma akışı metinlerin özgün anlamlarının korunarak sayısal veriye (*numerical data*) dönüşümü, makine öğrenimi, istatistiksel vb. yöntemlerle tüketilebilir hale getirilmesini üzerinedir.

Fiziki ortamdaki bilgi taşıyıcılarını tarayıcılar (makine görüşü) ve Optik Karakter Tanıma (OCR) teknolojisi yardımıyla dijital ortama aktarılabilmektedir. Yapay zekâ destekli algoritma, doğal dil işleme, görüntü tanıma teknolojileriyle oluşturulmuş Transkribus[138] (UK) ve Wikilala[139] (TR) projeleri, platforma yüklenen belgeleri optik karakter tanımadan (OCR) geçirerek metin içerisinde aranabilir belge haline getirilmesini sağlayan iki önemli projedir. (Öztürk, 2021)

Web Madenciliği : Web madenciliği, Web belgelerinden, hizmetlerinden, içeriğinden, köprülerden ve sunucu günlüklerinden bilgileri doğrudan Web'den ayıklamak için veri madenciliği tekniklerini ve algoritmalarını kullanma işlemidir. Temel olarak üç grup altında incelenir: içerik, yapı ve kullanım.

Web içerik madenciliği (*web content mining*), içeriğin arama sorgusuyla ilişki seviyesine düzeyine karar vermek için bir Web sayfasının metin, resim, ses, video, grafiklerinin taranması ve incelenmesidir. Metin madenciliğinde kullanılan teknikler kullanılır ve web sayfası metinlerinin yarı yapılandırılmış doğasından yararlanılır.

Web yapısı madenciliği (*web structure mining*) Veri veya doğrudan *link* bağlantısı ile bağlantılı web sayfaları arasındaki ilişkiyi ayıklamaktadır. Web sayfaları arasındaki ilişkiyi çözmek için köprü yapısı (*hyperlink*) altında yatan model bulunmaya çalışılmaktadır. Yapılandırılmış veriler, web yapısı şemasının öğrenilmesiyle keşfedilebilmektedir.

Web kullanımı incelemesi (*web content mining*) Web işlem kayıtları üzerinden kullanıcıların ilgilendiği konuların analiz edilmesi, davranış ve erişim kalıpların

[138] Transkribus: yüklenen belge üzerindeki el yazılarının çözümlenmesi ve düzenlenebilir hale getirilmesi için Arapça, İngilizce, Eski Almanca, Lehçe, Bengalce, İbranice veya Hollandaca (Felemenkçe) dillerinde eğitilebilir bir projedir. https://lite.transkribus.eu/

[139] Matbaanın icadından sonra Osmanlıca basılmış metinler içerisinde Latin veya Arap harfli kelime arama yapmayı imkan sağlayan platformdur. https://www.wikilala.com/about :

çıkarılması işlemidir. Böylece kullanıcı belirli bir sayfayı seçtiğinde diğer ilişkilendirme sayfalarını önerebilmektedir. (Neelima & Rodda, 2015)

XML madenciliği (*XML mining*)'nin temel araştırma konuları XML verilerinden içerik modellerinin (bilgi gösteriminin) nasıl oluşturulacağı ve yapısal benzerliklerinin nasıl hesaplanacağıdır. XML web ve bilimsel veri tabanlarında yaygın kullanılmasıyla XML verileri analiz etmek ve yönetmek için bazı metodolojiler, teknik ve sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. (Tagarelli, 2011)

XML yapısı madenciliği (*web structure mining*), XML veri kaynaklarının entegrasyonu, yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış verilerin karşılaştırılması, sorgulanma gibi veri yönetiminden kaynaklı sorunlarla dayanmaktadır. Belge koleksiyonları için örüntü eşleştirme, değişiklik algılama, benzerlik arama ve özetleme gibi katkılar sunmaktadır.

XML yapı ve içerik madenciliği (*XML structure and content mining*), yarı yapılandırılmış veri ve metin madenciliği alanındaki araştırma çalışmaları için yakınsama noktasıdır.

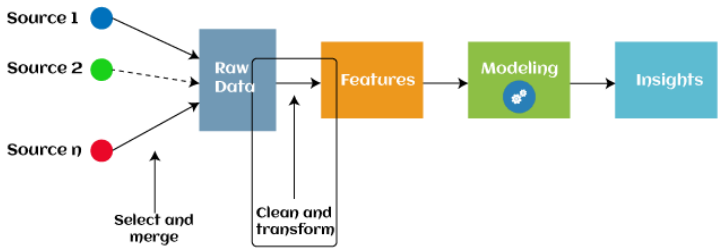
Semantik /anlambilime duyarlı XML madenciliği (Semantics-aware XML mining), içerik ve yapı incelemesine ek olarak XML verileri arasındaki anlamsal özellik ile ilişkilerin incelenmesi ve geliştirilmesi üzerine çalışma yapılan bir alandır.

Sözü geçen madencilik faaliyetleri web kullanıcılarının web ortamında kendilerini ifade etme biçimlerinden (kendi duygu, fikir, yorum, davranış vb) yola çıkarak yapılandırılmamış metinlerden konuyla ilgili bilgi ve görüş elde edebilecek hatta sınıflandırabilecek şekilde duygu/fikir madenciliğine (*opinion mining*) doğru evrilmektedir. (Atalay & Çelik, 2017)

C- Model, Modelleme ve Metodoloji

a. Ham Veriyi İşleme

Veri elde edildiği toplayıcılar tarafından sıkıştırılmadığı veya özellikleri kaybedebileceği bir formata dönüştürülmediği sürece ham haldedir. Ham veri (*raw data*)[140] bir kaynaktan toplanmış, kullanılmak üzere işlenmemiş, analiz edilmemiş ve manipüle edilmemiş hafızada fazlaca yer kaplayan verilerdir. Bu ham veri, veri toplayıcısının kapasitesine bağlı olarak nicel veya nitel verilerden (örneğin kamera sensörünün tüm renk kanallarını ve ışık değerlerini imaja kaydetmesi) oluşabilir ve işlenerek analiz edilebilir hale getirilebilir. Para veri[141], bir veri kümesinin toplanma süreci (istatistiksel verilerin üretimi ve birleştirilmesiyle ilgili metodolojiler, süreçler ve kalite) hakkındaki verilerdir. Ham veriyi kullanmak için donanım, yazılım veya ek belgeler gerektirebilir. Veri yaşam döngüsünde yer alan **verinin işlenmesi süreci** ham verinin anlamlı bilgiye ve yapılandırılmış veriye dönüşme adımını ifade eder. Bu veri işleme süreci veri temizleme, veri dönüşümü, veri konsolidasyonu, veri modelleme ve veri depolama alt başlıklarında gerçekleşir. Makine öğrenimi, ham verilerden özellik çıkarma için ön işleme yapabilmektedir.



Şekil C.1 Ham verinin analiz edilmesi (Java T Point, tarih yok)

[140] Ham veri bazen kaynak veri (*source data*), atomik veri (*atomic data*), birincil veri (*primary data*), düzenli veriler (*tidy data*), düz veriler (*flat data*) olarak da adlandırılır.
[141] Ham veri ve para veriye, Londra Tüzüğü'nde değilmiştir. (Jackson, 2017)

b. Veri Etiketleme ve Şema İşaretleme

Web ortamında yapılandırmaya (HTML) yönelik örnek vermek gerekirse veriler veri etiketi (<*data*> *tag*) ile belirli bir içeriği okunabilir hale getirmektedir. Örneğin içerik saat veya tarihle ilgiliyse <*time*> (zaman) şeklinde bir etiketleme yapılabilir. Bu etiketleme hem makine hem veri işlemcisi hem de arama motorunda araştırma yapan kişiler tarafından okunabilir bir değer sağlamaktadır. HTML için bahsi geçen diğer etiketleme, label etiketi (<*label*> *tag*) element (etiketin bağlı olduğu form öğesinin kimliğini) ve formu (etiketin bağlı olduğu form) kullanıcıyı yönlendirmek için kullanmaktadır. Örneğin bir soru cümlesi (Sultanahmet Camii nerededir?), için tanımlanmış bir sözcük veya sözcük grubu yok ise formal bir dil kullanılarak bu cümlenin bir soru cümlesi olduğuna dair girdi (<*label for*="*question*"> *Sultanahmet*</*label*>) tanımlar.

Web ortamında yapılandırılmış veri, şema işaretlemesi (*schema Markup*) olarak da bilinmektedir. Bu etiketlendirme işlemi web sözlüğünde[142] yayımlanan sözcüklerle gerçekleştirilir. Şema etiketlemesi (*schema Markup*) yapıldığında ilgili veriyi şemasına yönlendirmektedir. Örneğin bir imajı, *ImageObject*[143] etiketiyle web ortamında "Gömülü metin olmayan nesneler (*embedded non-text objects: AudioObject, ImageObject, VideoObject*) grubundan çıkarıp kendi şemasıyla eşleştirebilmektedir. Fakat bu *ImageObject*'in web ortamında yapılandırıldığı anlamına gelir. Imaj içerisinde yer alan renk kanalları, nesne algılama gibi ham veri işlemeye yönelik yapılandırmalar burada gerçekleşmemiştir.

c. Veri Modeli Oluşturma

Soyutlama derecelerine göre veri modelleri aşağıdaki şekildedir:

Kavramsal veri modeli: Kavramsal veri modeli (varlık, nitelik, ilişki) veri modelinin ne içereceğini, nasıl düzenleneceğini ve işletilmesiyle ilgili kurallarını tanımlamaktadır. Modelin temel amacı varlık (gerçek bir değer, bir işletmenin veri

[142] https://schema.org/
[143] https://schema.org/ImageObject

modelinde temsili vb.), nitelik ve ilişkileri açıklamaktır. Açıklamalar erişim kısıtlılığı, güvenlik ve veri bütünlüğü gereksinimleri arasındaki ilişkileri de içerir. Verilerin kullanıcıların gerçek dünyada algılayacağı gibi şekilde temsil edilmesi yani soyutlanmasına odaklanır. Veri tabanın ayrıntısına değil varlıklara odaklanır. (Simlilearn, 2023) Etki alanı / bilgi alanı (domain model) modeli veya değer modeli olarak da adlandırılabilirler. (IBM, tarih yok) Fakat alan modeli (domain model) verinin davranışı, etkinliği, etki alanı gibi başka konuları da tanımlayabilmektedir.

Mantıksal veri modeli: Mantıksal Veri Modeli (varlık, öznitelikler, ilişkiler): Söz konusu kavramsal modele kavramlar ve ilişkiler hakkında daha fazla ayrıntı eklenerek kavramsal model mantıksal modele dönüştürülebilir. Bu veri modeli oluşturmaktaki amaç temel kuralların ve veri yapılarının teknik bir haritasını geliştirmektir. Bir veri tabanına özgü olmayan bir modeldir. Veri ambarı (*data warehouse*) tasarımı veya raporlama sistemi geliştirme gibi veri odaklı projeler için yararlı olmaktadır. (IBM , 2021)

Fiziksel veri modeli: Verilerin bir veri tabanında fiziksel olarak nasıl depolandığını tanımlayan bir şema (*schema*) veya çerçeve (*framework*)dir. Fiziksel bir veri modeli, veri tabanı yöneticileri tarafından veri tabanı sistemlerinin boyutunu tahmin etmek, görselleştirmek ve kapasite planlaması yapmak için kullanılmaktadır.

Fiziksel veri modeli kullanılan veri tabanı yönetim sistemine bağlıdır fakat mantıksal veri modeli bağımsızdır. Mantıksal veri modeli varlıkları, nitelikleri, ilişkileri ve anahtarları; fiziksel veri modeli tablolar, sütunlar, veri türleri, birincil ve yabancı anahtar kısıtlamaları, tetikleyiciler ve saklanan prosedürleri içermektedir. Mantıksal veri modelinde varlıklara ve niteliklere uzun yaygın olmayan adlar kullanılır. Fiziksel veri modelinde ise tablo adları ve sütun adları için kısaltılmış biçimsel veya sembolik gösterimler bulunmaktadır. (InterviewBit, 2021)

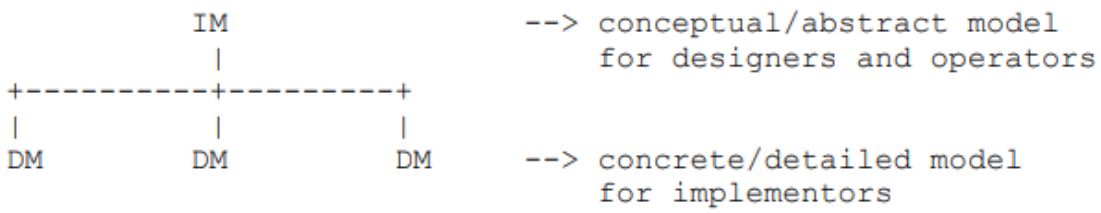
Referans model *(reference model)* Sistemin gelişimi için oluşturulmuş kavramsal bir çerçeve veya plandır. (IGI Global, tarih yok) Uzman veya uzmanlar

grubu tarafından üretilen, birbiriyle bağlantılı, açıkça tanımlanmış kavramlardan oluşan alana özgü ontolojidir. Sisteme dair ilişkileri anlamak, sistemi destekleyen standart veya spesifikasyonlar geliştirmek için oluşturulur. Konunun uzmanı olmayan fakat varlıkla ilişkili çalışma yapan kişiye sistemin bütününü ve mantığı açıklamak için kullanılır. Bir referans model, herhangi bir standarda, teknolojiye veya somut uygulama detaylarına doğrudan bağlı değildir, ancak farklı uygulamalar arasında açık bir şekilde kullanılabilecek ortak bir anlambilim sağlamaya çalışır. (OGC, 2011) Kültürel miras alanında çalışan kurumlarının kullandığı referans modellere örnek olarak *OGC Reference Model (ORM)*[144]*, Conceptual Reference Model (CRM)*[145]*, OASIS SOA Reference Model (SOA-RM)*[146] verilebilir.

Metadata model, aslında bir veri modelidir fakat aslen üst verilerle ilgilenir. Üst veri (meta data) en kısa tabiriyle veri hakkındaki veridir. Bilgilerin etrafındaki içeriği ve bağlamı açıklayan farklı üst veri türleri de vardır. Resmi olarak kabul edilmiş bir kategorizasyon yoktur. *Kimbal* üst veriyi teknik, iş ve süreç (technical, bussiness, process) olarak sınıflandırken NISO (Ulusal Bilgi Standartları Örgütü, National Information Standards Organization) tanımlayıcı, yapısal ve idari (*descriptive, structural, administrative*) olarak sınıflandırmaktadır.

Bilgi modelleri (IM) ve Veri modelleri (DM) arasındaki farkları konusunda kafa karışıklığı vardır. Bilgi Modelleri ve Veri modelleri farklı amaçlara hizmet etmektedir. Bilgi modelinin temel amacı yönetilen nesneleri verileri taşımak için kullanılan uygulama ve protokollerden[147] kalabalığından bağımsızlaştırarak kavramsal düzeyde modellemektir. Bilgi modelleri yönetilen nesneler arasındaki ilişkileri tanımlarken veri modelleri daha soyutlama ile daha fazla ayrıntı içermektedir. (Pras & Schönwälder, 2003)

[144] https://www.ogc.org/standards/orm
[145] https://www.cidoc-crm.org/
[146] https://www.oasis-open.org/committees/soa-rm/faq.php
[147] İletişim protokolü veya ağ protokolü, iki ya da daha fazla bilgisayar arasındaki iletişimi sağlamak amacıyla verileri düzenlemeye yarayan, standart olarak kabul edilmiş kurallar dizisidir. IM'LER farklı şekillerde uygulanabilir ve farklı protokoller üzerinde eşlenebilir. Protokol tarafsızdır.



Şekil C.2 Bilgi Modeli/Enformasyon Modeli (IM) ve Veri Modeli (DM) ilişkisi (Pras & Schönwälder, 2003)

Bilgi modeli tasarımcıların yönetilecek ortamı tanımlamaları, operatörlerin modellenen nesneleri anlamaları ve uygulayıcıların veri modellerinde tanımlaması ve kodlanması gereken işlevler için bir kılavuz niteliğindedir. Bilgi modellerinde soyutlama düzeyi (*level of abstraction*) tasarımcıların modelleme ihtiyacına bağlıdır. Literatürde sıklıkla kullanılan ontoloji spektrumunda karşımıza çıkan "kavramsal modeller" ve "soyut modeller" terimleri bilgi modelleri ile ilgilidir. Bilgi modelleri gayri resmi veya resmi bir dil kullanılarak tanımlanabilir. Fakat, bir bilgi modelini tanımlamak için nesne yönelimli tekniklerin ve UML sınıf diyagramlarının kullanılması tavsiye edilir. (Pras & Schönwälder, 2003). Bilgi modeli terimi tesis, yapı, bitki bilimi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Tesis için oluşturulmuş bilgi modeli, bir tesis hakkındaki veri ve belgelerle bütünleştirilmesi anlamına gelmektedir. Yapı bilgi modellemesi de yeni yapı inşaat mantığının, aktörlerin, bileşenlerinin ve süreçlerinin formüle edilmiş halidir.

d. Veri Modelleme ve Şema Oluşturma Yaklaşımları

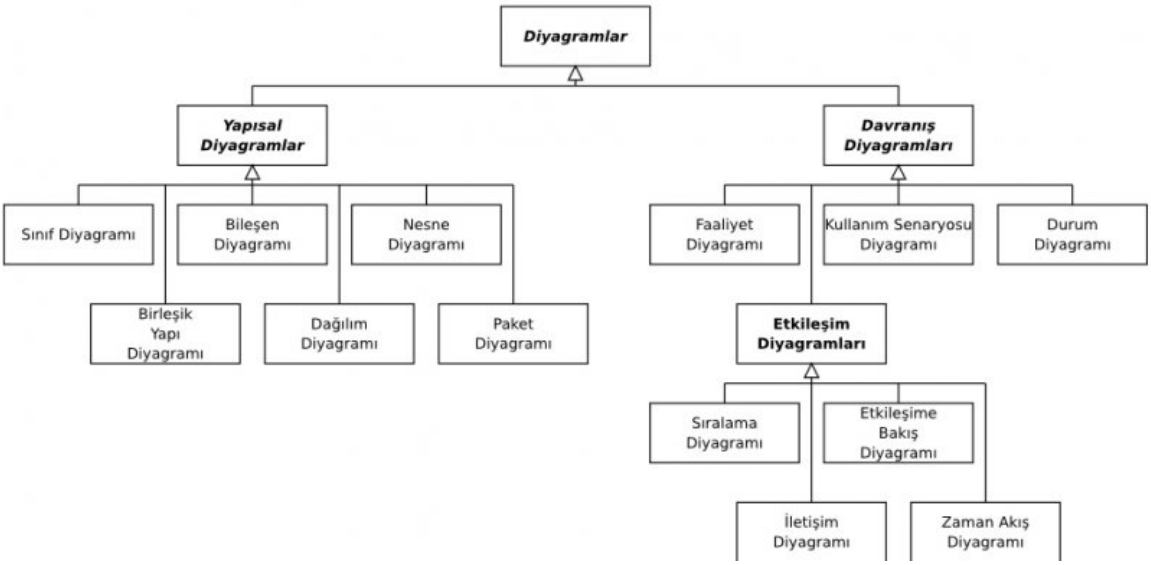
Genel olarak birkaç modelleme yaklaşımından bahsedilmektedir. Bu yaklaşımlar temelde veri tabanlarının düz dosya yani basit tablolar şeklinde oluşturulup birbirleriyle kurdukları ilişkiye göre ilişkisel veritabanı (*relational database management system, RDBMS*) ve ilişkisel olmayan (dağınık) şeklinde sınıflandırılmaktadır. İlişkiler yapılandırılmış sorgulama dili (SQL) ile gerçekleştiği için ilişkisel veritabanları SQL veritabanı, ilişkisel olmayan veritabanları NoSQL veritabanları olarak tanımlanır. SQL veritabanları tablo

tabanlıdır ve sabit bir şemaya sahiptir; NoSQL veritabanları ise bağımsız şemalardan oluşur.

Düz dosya (*flat file*) ilişkisel (*relational*), hiyerarşik (*hierarchical*), ağ (*network*), obje-merkezli modeller ilk kullanılan yaklaşımlardır ve halen kullanılabilmektedir. Varlık-ilişkisel, boyutsal, yıldız (boyutsal modelin temeli), NoSQL (grafik veri, belge modeli, geniş sütun, anahtar değer), NewSQL (hem sabit hem de bağımsız şemaya sahip) modelleri ise günümüzde yaygın olarak kullanılan veri modelleme yaklaşımlarıdır. (Sherman, 2021) (Microsoft, 2022)

e. Veri / Veri Tabanı Modelleme Teknikleri

Veri modellemesi için üç temel teknikten bahsedilmektedir. Varlık-ilişki diyagramı (*Entity Relationship Diagrams / Modelling, ERD*), Birleşik Modelleme Dili (*Unified Modelling Language, UML*) ve veri sözlüğü. İlişkisel veya geleneksel veri tabanlarının tasarlanması ve modellenmesi için varlıkların birbiriyle olan ilişkisini gösteren diyagramdır. Bu diyagramlar, veri tabanlarının mantıksal yapısını açıklamak için temel oluşturmaktadır. UML (*Unified Modelling Language*), bilgi sistemlerinin tasarlanması, modellenmesi ve yazılım geliştirme için kullanılan Nesne Yönetimi Grubu (*Object Management Group, OMG*) tarafından standartlaşmış bir diyagram çizme ve ilişkisel modelleme dilidir. Bir programlama dili değildir. Yazılım sisteminin nasıl modellenebileceğini, yapısını, davranışı ve etkileşimini gösteren yöntemlerin bir araya toplanmış halidir. (İTÜ BİDB, 2013) Örneğin UML sınıf diyagramları nesneler ve aralarındaki ilişkileri standart bir grafiksel gösterimde sunabildiği için alan uzmanları ve yazılımcılar daha kolay anlaşabilmektedir. UML endüstride yaygın olarak benimsenmiştir. UML diyagramlarını oluşturmak için çevrimiçi erişilebilir ve ücretsiz birçok araç artık mevcuttur. Diğer temel adım, veri varlıklarının tablo tanımının veya temsilinin yapıldığı Veri Sözlüğünün oluşturulmasıdır. (Çınar, 2016)



Şekil C.3 UML diyagramları (Çınar, 2016)

f. Veri Depolama

Veri depolama veri tabanı, veri ambarı ve veri göllerinde gerçekleşir. Veri tabanlarının genellikle şemaları (hiyerarşik, yıldız gibi) vardır ve yapılandırılmış verileri depolar. Veri ambarı ise veri tabanının yükünü almak, geçmiş verileri depolamak ve analiz etmek için kullanılan depolama alanıdır. İşlenmiş ve yapılandırılmış veri burada depolanabilir. Veri göllerinde ise ham, yapılandırılmış, yapılandırılmamış vb. tüm veri gruplarını bulundurabilir. Örneğin bir mimari miras yapısında bulunan kamera sensörü, hareket sensörü vb. sistemlerden ortaya çıkan ham veriler düzenli olarak buraya aktarılabilir.

Depolama sistemlerinde veriler ihtiyaç duyulduğunda veri tabanına aktarmak üzere düzenlenebilir. *Schema on write* veri, veri tabanına alınmadan önce veritabanı şemasına uyacak şekilde düzenlenmesi anlamına gelmektedir. İlişkisel veri tabanlarında sabit şemalar olduğu için bu veri tabanına alınan veriler bu özelliği sağlamaktadır. Eski tip de veritabanlarında kullanılan fakat halan çok fazla kullanımı olan veri tabanlarında tutarlığı sağlamak için yapılan bir yaklaşımdır. *Schema on read*, depolama alanına alınırken değil depolandığı konumdan çekilirken ilgili şema uygulanmasıdır. Bu durumun, veriyi bir şemaya uyarlamak için veriyi işleyen kişilerin her bir veri parçasını tanımlamak için çok fazla vakit

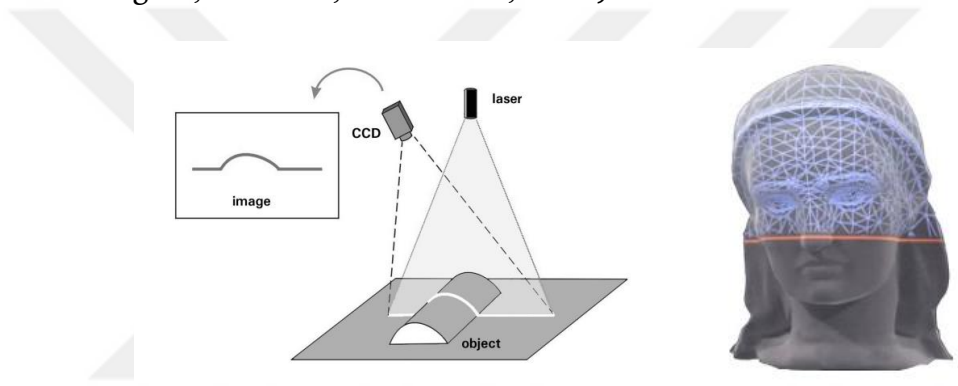
harcamasının yanı sıra verinin havuzdan alınıp gerektiği kadarının yapılandırılmasını sağlamaktadır. (Henson, 2017)

Yapılandırılmış veriler, önceden tanımlanmış bir şema ve veri modeli kullanılarak oluşturabilir; genellikle bir tablo biçiminde düzenlenir. **Yapılandırılmamış veriler** tanımlanmış bir şemaya sahip olmayan düzenlenmemiş verilerdir. **Yarı yapılandırılmış veriler,** yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin ortak özelliklerini taşımaktadır. Örneğin imaj yapısı yapılandırılmamıştır fakat dosyası üst veri olarak konum ve zaman bilgisi içeriyorsa yarı yapılandırılmış olarak da değerlendirilebilmektedir. Yapılandırılmamış veriyi yapılandırmayı sağlayan JSON gibi sistemler de iki tarafında özelliklerini taşıdığı için bu gruba girmektedir. **Kısmen/Neredeyse yapılandırılmış veriler**, düzensiz veri biçimlerine sahip metin içeriğinden oluşur ve çaba, yazılım sistemi araçları ve zamanla biçimlendirilir.

D- Nesne ve Yapı Ölçeğine Göre Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri

a. Nesne Ölçeğinde Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri

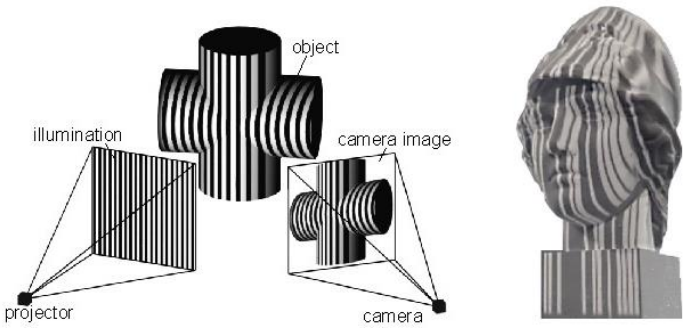
Lazer tarama teknikleri : Lazer tarama sistemlerinin mantığı lazer kaynağının nesnelerin yüzeyinde bir çizgi veya desen şeklinde ışık yayması ve optik dedektör (genellikle bir dijital kamera) nesneler üzerindeki bu çizgiyi veya deseni algılamasına dayanır. Lazer tarayıcıların tercih edilmesindeki en önemli neden geometri ölçümlerinde yüksek doğruluklarıdır. Genelde kullanılan lazer tarayıcılarda doku ve malzeme bilgisi edinilmemektedir. (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas, & Chamzas, 2007)



Şekil D.1 Lazer taramanın temel çalışma prensibi

Şekil D.2 Obje üzerinde üçgenleme

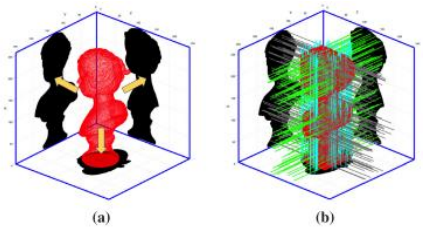
Yapılandırılmış ışıktan gelen şekil (*shape from structured light, SFSL*): Yöntem, nesnelerin yüzeyine (tamamı veya bir kısmına) önceden tanımlanmış ışık desenin yansıtılmasına ve bu desen bozulmalarının geometri bilgisinin çıkarılmaya çalışılmasına dayanır. Bu desenler, farklı renklerde basit ve karmaşık desenler olabilir. Oluşan görüntü bir dijital görüntü detektörü tarafından yakalanır ve geometriyi dijital görüntüdeki desenin deformasyonlarından çıkarmak için işlenir. Bu yöntemle doku ve renk kazanımı da sağlanır. Cihazların taşınabilirliği, doğruluk ve verimlilik açısından tercih edilmektedir. (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas, & Chamzas, 2007)



Şekil D.3 Yapılandırılmış ışık prensibi

Şekil D.4 Yapılandırılmış ışıktan gelen şekil

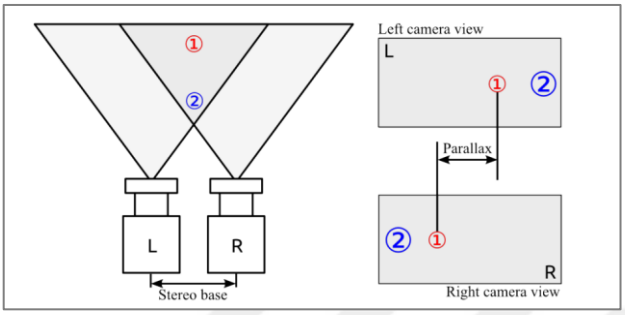
Yapılandırılmış ışıktan gelen şekil (*Shape from Structured Light, SFSL*): Bu teknik, bir nesnenin farklı bakış açılarından çoklu fotoğraf çekimi ve geometrinin nesnenin siluetlerinden çıkarılmasına dayanmaktadır. Bu çalışma mantığı, 1860'larda Francois Villeme, çoklu kameralar elde ettiği fotoğraf heykel olarak bilinen bir sürece dayanmaktadır. Çoğaltılacak konunun profilleri fotoğraf plakaları üzerine alınmış, özel bir fener kullanılarak bir ekrana yansıtılmış ve kil parçasına aktarılmıştır. (Beraldin, ve diğerleri, 2000) Bu yöntem geometriyi düzeltmek veya geliştirmek için doku bilgisini kullanır. Silüet üzerinden şekil elde etmek yüksek üretkenliğe ve son derece düşük maliyete sahiptir; cihazları tanışabilir ve kullanımı kolaydır. Hem geometriyi hem de dokuyu yakalayabilir. Dezavantajı, geometri ölçümlerinde orta ila düşük çözünürlüğe sahip olmasıdır. (Jang, Kim, & Hwang, 2020)



Şekil D.5 (a) silüet oluşumu (b) kamera kullanılarak siluetten elde edilen şekil (Jang, Kim, & Hwang, 2020)

Stereodan gelen şekil (*Shape from Stereo*): Bu yöntem, insanın görme bir sisteminin simülasyonudur. Bilinen açı ve göreceli konumlardan elde edilen bir çift fotoğraftan mümkün olduğunca fazla geometri bilgisinin alınmasıdır.

Odaklanılan nesnenin belirli bölümleri her iki fotoğrafta da görülebildiğinde nesne geometrisinin çıkartılması için vizyondan belirli algoritmalar uygulanabilir. Bu yöntemin avantajları hem geometriyi hem de dokuyu, düşük maliyeti ve hareket kabiliyetini yakalama yeteneğidir. Yöntemin bir dezavantajı düşük çözünürlüğüdür. (Grehl, ve diğerleri, 2015)



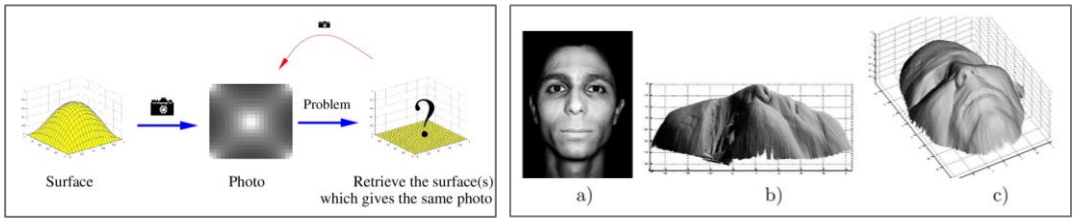
Şekil D.6 Stereo kamera prensibi

(Grehl, ve diğerleri, 2015)

Videodan gelen şekil (*Shape from Video, SfV*) Videodan gelen şekil, stereodan gelen şeklin bir çeşididir. Stereoda tanımlanan iki fotoğraf makinesi, nesneyi farklı görünümlerinden seri görüntü yakalayan bir video kamera ile değiştirilir. Bu yöntemin uygulanması için nesne tamamen durağan olmalıdır. Geleneksel şekilden hareket (*shape from motion*) veya stereo yaklaşımların aksine, sonraki görünümler için kamera konumları ve parametreleri bilinmemektedir. Bu teknik, artık var olmayan bir yapının eski video görüntülerinden yani 3B rekonstrüksiyon ihtimali düşünülmeden çekilen amatör video verilerinde kullanılabilmektedir. Bu yöntemin avantajları düşük maliyet, taşınabilirlik, doku ve geometriyi yakalama yeteneğidir. Fakat geometri düşük çözünürlükte olmaktadır. (Van Gool, ve diğerleri, 1998)

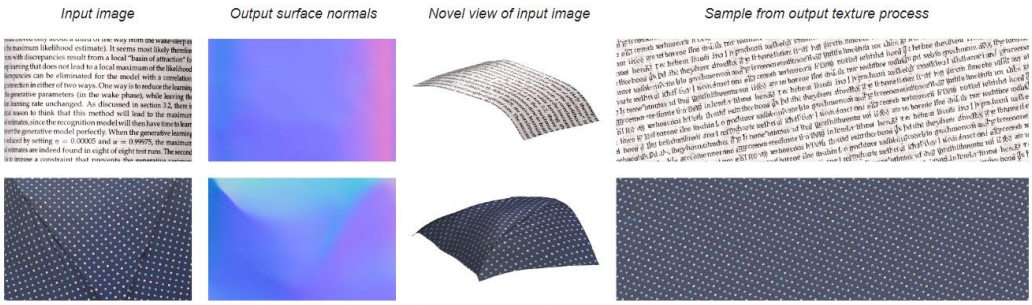
Gölgelendirmeden gelen şekil (*Shape from Shading, SfS*) Gölgeleme, derinlik algısında yaratılmasında önemlidir. Bu yöntemde konunun bir görüş açısıyla yakalanması mantığına dayalıdır. Gölgelemenin konu yüzeyinde değişmesi, ışık kaynağının konumuna bağlıdır. Işığın konumuna bağlı olarak yaratılacak farklı gölgeleme koşullarının fotoğraflanması ile nesnenin yüzey geometrisi elde edilebilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı gölgeli alanlarda

geometri ve dokunun birlikte yakalanmasıdır. Yöntem basit, düşük maliyetli ve taşınabilirdir. Ancak düşük doğruluk dezavantajına sahiptir. Bu nedenle verilerin doğruluğunu arttırmak için stereodan şekil gibi yöntemlerle birlikte kullanılması önerilmektedir. (Prados & Faugeras, 2006)



Şekil D.7 Gölgelendirmeden şekil problem tanımı ve gerçek bir fotoğraf üzerinden yüz rekonstrüksiyonu (Prados & Faugeras, 2006)

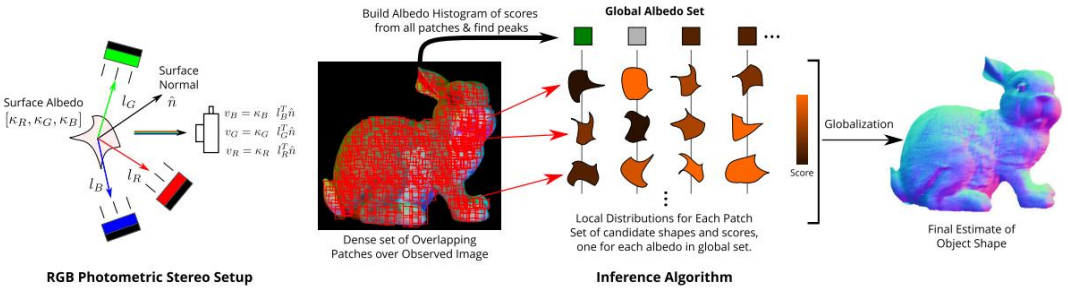
Dokudan gelen şekil (*Shape from Texture, SfT*) yüzey dokusu hakkında ön bilgi varsa, bir yüzeydeki üç boyutlu (3B) ilkel şekil hesaplanabilir. Yüzeydeki doku homojen olduğunda, insan görme sistemi yüzeydeki ilkel geometriyi kolayca algılayabilir. Bu mantıkla bakıldığında nesnenin bütüncül yüzeyini üretmek için küçük doku öğelerini (texel veya texton) tanımlamak ve Öklid çerçevesinde olası dönüşümlerini tespit etmek gerekir. Tanımlanan bu olası dönüşümler, üç boyutlu yüzey geometrisi çözümlemek için kullanılır. Yöntem kumaş, insan derisi vb. sınırlı alanlarda çalışabilmektedir. Kullanımı kolay, taşınabilir ve düşük maliyetlidir fakat düşük doğruluğa sahiptir. (Lobay & Forsyth, 2006)



Şekil D.8 Dokudan gelen şekil (Verbin & Zickler, 2020)

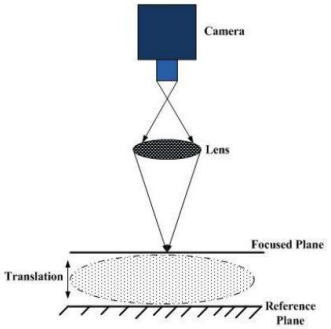
Fotometreden gelen şekil (*Shape from Photometry, SfP*) Fotometriden gelen şekil, gölgelemeden gelen şeklin bir çeşidi olarak kabul edilir. Bu yöntemde fotoğraflar nesneyi tek bir görüş açısıyla değişen aydınlatma koşullarında

göstermektedir. Kalibrasyon nesnesi olarak kullanıldıkları için sahnedeki referans nesneler (referans aydınlatma kaynaklarının), yöntemin sonucunu önemli ölçüde etki edebilmektedir. Hatta lazer tekniklerine karşı yapılan çalışmalarda, üretilen veri hacmi ve lazer sınırlamalarına karşı bu yöntemi desteklenmektedir. Taşınabilir bir sistem olarak kabul edilse de özel laboratuvar ortamına ihtiyaç vardır. (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas, & Chamzas, 2007)



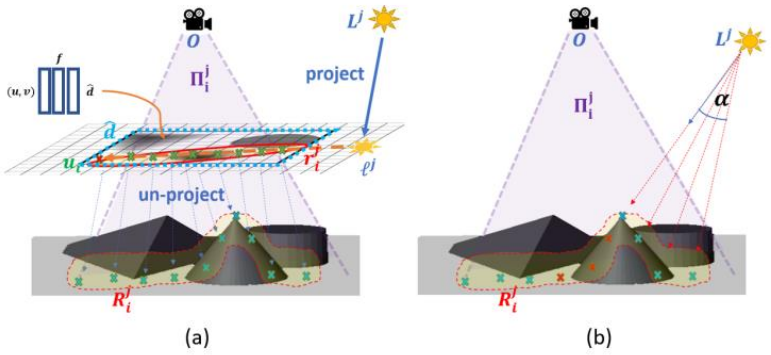
Şekil D.9 Tek bir görüntüde farklı aydınlatma yönlerini yakalamak için renkli çoğullama kullanımı (Chakrabarti & Sunkavalli, 2016)

Odaktan gelen şekil (*Shape from Focus, SfF*) Nesnelerin üç boyutlu geometrisini çıkarmak için odak düzleminin konumunu bilerek fotoğraftaki alan derinliğini kullanma olasılığından faydalanarak bir görüntüdeki odaklanmış pikselleri 3B derinlik haritasındaki doğru konumda haritalanabilmektedir. Sistem, yinelenerek her fotoğrafta yeniden oluşturmaktadır. Sınırlı bir alan derinliğine sahip fotoğraflar çekmek için özel mercekleri ihtiyaç duyulabileceği için maliyeti yüksek olabilir. Çözünürlük ve doğruluk sınırlıdır fakat sonuçlar güvenilir olarak nitelendirilir. Yöntemi ve uygulaması kolay kabul edilmektedir. (Aboali, Manap, Darsono, & Yusof, 2017)



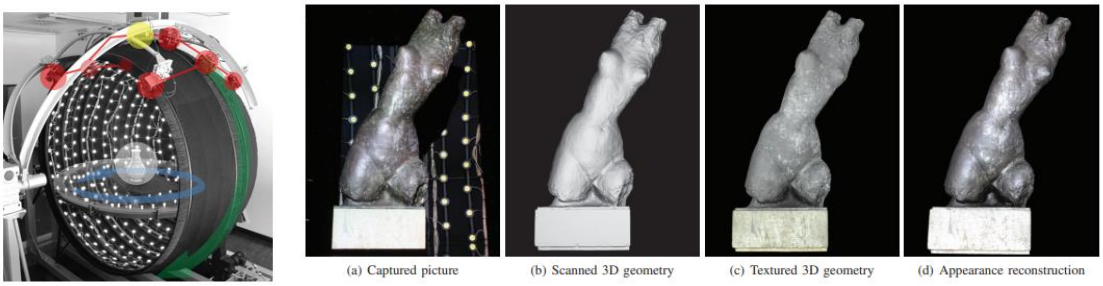
Şekil D.10 Odaktan gelen şekil (Aboali, Manap, Darsono, & Yusof, 2017)

Gölgeden gelen şekil (*Shape from Shadow*), ışık hareket halindeyken üç boyutlu modeli çıkarılması istenen konunun yüzeyine bilinen bir nesnenin gölgesinin yansıtılmasıyla yansıtılan nesnenin gölge deformasyonundan konunun geometrik hesaplamaları yapılabilir. Bu yöntemin en büyük avantajı düşük maliyeti ve bilgi işlem gücüne olan sınırlı taleptir. Yöntem düşük doğruluğa sahiptir.



Şekil D.11 Gölgeden gelen şekil akışı (Karnieli, Fried, & Hel-Or, 2022)

Orbit kamera sistemi (OrcaM) **:** Geleneksel bir tarayıcıyla üç boyutlu model elde etmek için genellikle nesneyi sensörün önüne taşımak ve taranmak istenen cephesinde göre konumunu değiştirmek gerekmektedir. Orbit Kamera Sisteminde konum değiştirmeye ihtiyaç duymadan neyse tek seferde taranabilmektedir. Tek kullanıcı etkileşimi nesneyi tarama cihazına yerleştirmektir. Diğer tüm adımlar otomatik olarak gerçekleşir ve yüksek kaliteli web tabanlı sunum için uygun nesnenin eksiksiz ve kompakt bir kopyası çıkarılır. Bu sistemde işlem kullanıcının kamera kafasını açması ve cam plaka üzerine nesneyi yerleştirmesiyle başlar. Kamera kafası kapatıldıktan sonra kamera kafası küre etrafında hareket eder ve nesnenin yüksek çözünürlüklü görüntülerini yedi kamerasıyla sistematik olarak yakalar. Kürenin iç yüzeyindeki bir ışık matrisi, geometrisinin tüm karmaşık ayrıntılarının yakalanması için nesneyi her çekim için farklı şekilde aydınlatır. (Nöll, Köhler, Reis, & Stricker, 2013)



Şekil D.12 Orcam küresel tarama sisteminde eserin taranması fotoğraf (a), taranan 3B geometri (b), dokulu 3B geometri, rekonstrüksyionun görünümü (d) (Nöll, Köhler, Reis, & Stricker, 2013)

b. Yapı Ölçeğinde Üç Boyutlu Belgeleme Teknikleri

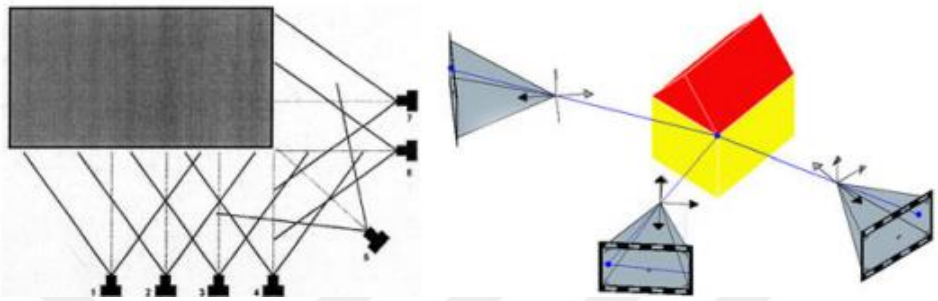
Kültürel içeriğin 3B olarak dijitalleştirilmesi, belgeleme kapsamı, boyutuna, ölçeğine ve taşınabilirlik durumuna göre kategorize edilebilir. Mimari miras dijitalleştirilmesi gerektiğinde bağlamına bağlı olarak topoğrafik, iklimsel vb. veriler içeren teknikler kullanılmalıdır. Mevcut metodolojilerin bazıları morfolojik karmaşıklığı açısından uygunken bazıları ve geniş alanları dijitalleştirmek için etkindir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Geleneksel (ampirik) yöntemler : Mimari mirasın önemli ve karakteristik noktalarının mesafe ölçümlerinin elle ölçülmesi ve çizilmesidir. Bireysel beceriye ve yeteneğe dayalıdır. Anıtın koordinat ve kot tanımı, projelendirmeyi yapanların kabulüne dayalıdır.

Topografik yöntemler : Bu yöntem, anıtın yüzeyindeki karakteristik noktaların açılarını ve mesafelerini ölçmek için hassas ve yüksek doğruluğa sahip jeodezik bir cihaz (theodolit, nivo vb.) kullanır. Veriler başlangıç ortogonal koordinat sistemine referans olarak koordinatlara dönüştürülür.

Fotogrametri teknikleri : İki veya üç boyutlu cisimlerin fotoğraflar üzerinden ölçülmesidir. Fotogrametri kamera konumu, mesafe, istenilen bilgi türü (fotoğraf sayısı), değerlendirme yöntemi ve uygulama alanlarına göre sınıflandırabilmektedir: kamera konumu (yersel fotogrametri, hava fotogrametrisi, uydu fotogrametrisi, yakın resim fotogrametrisi), değerlendirmede

kullanılan fotoğraf sayısı (tek resim, çift resim ve ışın demeti *(bundle)* fotogrametrisi), değerlendirme (grafik fotogrametrisi, analitik, dijital fotgrametri vb.), uygulama alanı (fotoğraf yorumlama, metrik, topografik, mimari, mühendislik vb.) ve obje büyüklüğüne göre (mikro ve makro fotogrametri) sınıflandırılabilir. (Karslı)

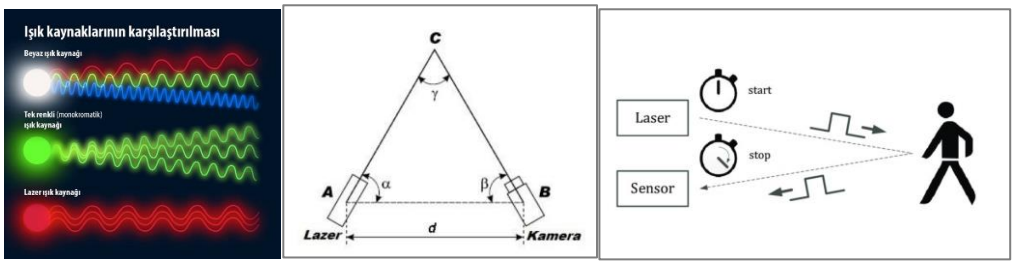


Şekil D.13 Işın demetleri yöntemi ve sensör konumlandırma ve nokta ölçümünde çakışan verilerin beraber değerlendirilmesi
(Turan Hamacıoğlu, 2004)

Mimari fotogrametri, dijital ve analog fotoğraflarda var olan mimari mirasa ait fotoğraf bilgilerinin yapısal ve geometrik çözümlemesi için değerlendirilecek tekniklerin bütünüdür. Mimari koruma amaçlı yapılan belgelemelerde geometrinin algılanması ve yapının malzeme, bozulma, deformasyon gibi bilgilerinin okunması gerekir. Bu nedenle görüntü kazanım araçları (fotoğraf ve tarayıcılar) ve görüntü değerlendirme araçları (düzeltim ve ölçüm yazılımları) ile ilgili yapılacak seçim ölçütleri kritiktir. (Turan Hamacıoğlu, 2004)

Lazer tarama teknikleri **:** Lazer tarayıcılar, gelişmiş jeodezik cihazlar olarak düşünülebilir. Taranacak anıt yüzeyindeki üç boyutlu veriler için yüzeyler üzerine yansıtıcı kullanılmadan lazer ışını gönderilir. Tarama işlemi otomatik ve sistematik gerçekleşmekte ve karakteristik noktaların x, y, z koordinatlarına erişilebilmektedir. Lazer taramalarında toplanan yüksek yoğunluklu noktalar kümesi, tarama süresince nokta bulutu olarak toplanır. Lazer tarayıcılar genel olarak üçgenleme ve uçuş süresi temelinde bağlı olarak çalışmaktadır. Üçgenleme (triangülasyon) prensibine göre lazer ile kamera arasında mesafe ve mesafeye (yatay düzleme) olan açılarının bilinmesi ile hedeflenen nokta koordinatı hesaplanabilmektedir. Uçuş süresi temeline bağlı (*ToF - time of flight*) lazer

tarayıcılarda gönderici ile yüzey arasındaki uzunluk, sinyal iletimi ile alımı arasındaki uçuş süresiyle ölçülmektedir. (Akyol, 2011)



Şekil D.14 Üçgenleme prensibi ve uçuş süresi bağlı ölçüm

(Sarı, 2021) (Akyol, 2011)

Lazer tarama ve LIDAR çoğunlukla aynı anlamda kullanılan iki kavramdır. İki boyutlu lazer tarayıcılar, konum ve yer değiştirme ölçümü için yüksek çözünürlüklü, yüksek hızlı ve doğru temassız ölçüm sensörleridir. Nokta bulut yaklaşımından bahsederken üç boyutlu taramanın LIDAR teknolojisiyle gerçekleştiğini anlamak gerekir. Lazer tek renkli, algılanabilir bir ışık hüzmesi üreten ve yönü belli olan teknoloji ve cihazdır. LIDAR ise atmosferin düzenini, yapısını ve mesafeyi ölçmek için lazer ışığı darbelerini (*pulse*) kullanan bir tekniktir. RADAR teknolojisinde kullanılan radyo dalgaları yerine lazer ışığının kullanımı söz konusudur. SONAR, ses dalgaları yoluyla algılama yapan teknoljidir. Genellikle su altı taramalarında kullanılmaktadır. Uzaktan algılama istemleri kapsamında ele alınmaktadır.

E- Sultanahmet Cami Ekibi – Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları

Restorasyon Kararı ve Süreç

1) Yapının restorasyon kararı hangi gerekçeyle ve nasıl alınmıştır?
2) Restorasyonun kapsamı nasıl tespit edilmiştir?
3) Yapıya ait hasar tespitleri nasıl formüle edilmiştir? (Örn: tespit fişi, fotoğraflama, 3B tarama vb.)

Proje İhale Süreci ve Proje Müellifi Seçimi

1) Proje müellifi nasıl seçiliyor? Hangi kriterler ön planda oluyor? (Örn. nitelik kriterleri, en bedeli belirten, sayı ve metraj olarak benzer proje çizimlerini yapmış olmak, asgari düzeyde teknolojik cihazları kullanıyor olmak vb.)
2) Restorasyon kararı için yapılan tespitler ve oluşturulan belgeler proje ihale kapsamında paylaşılıyor mu? (yapısal hasarlar, fiziksel çevre kontrolü analizleri, kullanıcı grubu ve işlev yüküne bağlı olarak ortaya çıkan hasarlar vb.) Bunlara erişebildiğiniz dijital bir portal var mı?
3) Bütçe, süreç, proje optimum çizim kalitesi ve veri yöntemi yönetimi süreci nasıl işlemektedir?
4) Daha önce restorasyonu yapılmış dönemdaş yapılar arasında poz oluru, maliyet, projelendirme süreçleri, saha planlaması, raspa süreçleri, dokümantasyon vb. girdiler proje ihale aşamasının kapsamında değerlendiriliyor mu? Proje ve belge yönetim süreçleri planlamaya dahil ediliyor mu?
5) Teknolojik cihazların kullanılmasıyla ilgili teşvik veya yönlendirme yapılıyor mu? Üç boyutlu taramanın minimum değerleri konusunda ihale dosyasında bilgi bulunuyor muydu? Varsa nelerdir?
6) Sultanahmet Camii projesini yeniden mi çizdiniz? Yoksa mevcut bir CAD çizimini veya modelini mi ilerlettiniz? Genel olarak hangi belgeleme tekniklerini kullandınız?

7) Araştırma ve projelendirmeniz sonrasında sizden yayın şartı aranıyor mu? Araştırma ve projlendirme esnasında analoji, şekil geometrisi, oran gibi konular hakkında analiz yapmanız bekleniyor mu?
8) Teknik şartnamede belirtilen çeşitli ölçeklerdeki çizimler hariç üç boyutlu tarama, doğal ve yapay aydınlatma ölçümleri, ısıl ölçümler, kullanıcı trafiği vb. ölçümler yapılması proje müellifinden bekleniyor mu? Bu veriler VGM elinde bulunuyor mu?
9) Sultanahmet camiisi için üç boyutlu tarama verisi kullandığınızı biliyorum. Neden tarama yapmayı tercih ettiniz? Sahadaki ölçüm planlamasını da siz mi yaptınız?
10) Elde edilen teodolit verisini siz mi işlediniz yoksa profesyonel hizmet mi aldınız? Verileri en üst düzeyde kullanabildiniz mi?
11) Üç boyutlu taramayı sadece iki boyutlu çizim için mi kullandığınız yoksa üç boyut modelleme de yaptınız mı?
12) Proje ihalesini alan tüzel kişilik için süreç paydaşları tanımlanıyor mu? (Örn. VGM birimi, özellikle belirtilen arşivlerde tarama yapılmasını istemek, kaynak liste teslim etmek, projelendirme esnasında VGM'den hangi kişilerden destek alınacağının bilinmesi, VGM kontrolörü ile sürecin başlatılması, destek alınabilecek müzelerin listesi ve kişi iletişim bilgisi, VGM veri entegrasyonu ile ilgili destek) vb.)
13) VGM arşiv birimi proje ihalesi, geçmiş restorasyon çalışmalarının kopyası veya genel Sultanahmet Camii arşivini doğrudan size teslim ediyor mu? Yoksa sizin başlıkları tek tek çıkarıp talep mi etmeniz gerekiyor? (Örn. analog çizimler, dijital çizimler, yayımlanan tezler, raporlar, saha ölçümleri vb.)
14) Araştırma ve projelendirmeniz öncesinde uymanız gereken veri ve format standartları sizelere belirtiliyor mu? Belirtilmiyorsa siz dosyalarınızı sürdürülebilirliği için hangi koruma yöntemlerinde bulunuyorsunuz?
15) Sultanahmet Camii uygulama sorumlusuna teslim ettiğiniz belgeler nelerdir? Teslim ettiğiniz dokümanların uygulama sorumlusu tarafından kullanabilir olmasına dikkat ediyor musunuz? (Örn. CAD çizimi teslim etmek, raporların içinde kelime bazında arama yapmaya uygun olması, imajların ham

veri olması, dokümanların çizimlerle paralel klasörleme sistemine sahip olması, PDF içerikleriyle oynanması için şifreleme, nokta bulut verisi, jeodezik veriler vb.)

16) Proje çizimlerinizi sadece teknik şartnamede belirtildiği gibi çıktı ve CD olarak Anıtlar Kurulu'na mı teslim ediyorsunuz? Arşiv ve bilgi sistem yöneticisi gibi bir birime dosyalarınızı veriyor musunuz? Veriyorsanız dosyalarınız, içerik, veri standartları ve veri formatı anlamında denetleniyor mu?
17) Dijital mimari miras çalışma alanlarından haberdar mısınız?
18) Dijital miras verisini oluşturmak, erişimi sağlamak ve korumak üzere asgari düzeyde neler yapılması gerektiğini biliyor musunuz?

Uygulama İhale Süreci ve Yüklenici Seçimi

1) Yüklenici nasıl seçiliyor? Belirli meslek gruplarının sahada çalışıyor olması bekleniyor mu? (koruma uzmanı mimar, elektrik mühendisi, bilgi ve belge yöneticisi vb.)
2) İhale dosyasında teknolojik cihazların kullanımıyla ilgili teşvik ediliyor musunuz? Yoksa yeterlilik kriterleri ve en az bedele göre mi yüklenici seçimi yapılıyor?
3) İhalede tanımlanan dosya gerçekçi bir koruma uygulama projesinin sürecini tanımlamak için yeterli oluyor mu?
4) İhale kapsamında edindiğiniz belgeler neler? Belgeler işinize yaramadığı takdirde bunu idareye bildirip yeniden oluşturulmasına yönelik talep oluşturabiliyor musunuz?
5) Proje müellifi tarafından size verilen belgeler haricinde dış kaynaklardan faydalandınız mı? Yapısal hasarlar için deprem raporu, simülasyon modeli, doğal ve yapay ışığın yeterliliği için ölçümler, cephelerde bozulmara yönelik iklimsel ölçümler vb)
6) Proje dosyasında olmayan çizim ve ölçümler uygulama ekibinden talep ediliyor mu? İskele kurulumuna başlamadan ilgili eksiklikler kontrol edilip saha çalışması başlamadan önce eksiklikler ve hatalar yüklenici tarafından gideriliyor mu?

7) Size iletilen çizim ve belgelerin bilgisayar programları tarafından kullanabilir olmasına dikkat ettiniz mi? (Örn. CAD çizimi, çizimin harici diskte kapladığı alan, üç boyutlu model, sürdürülebilir veri standartlarına uygunluğu vb.)
8) Siz mevcut belgeleme metodolojilerini (CAD çizimi haricinde yapının simülasyonu için üç boyutlu grafiklerle ifade edilmesi vb.) devam mı ettirdiniz yoksa kendi sisteminizi mi kurdunuz?
9) Uygulama esnasında bilim kurulu ile yapılan görüşmeler neticesinde karar verilen ve yoruma açık bırakılan noktalar hakkında yayın (makale vb.) yapıyor musunuz? VGM bulduğunuz veriler doğrultusunda sizden periyodik yayın talep ediyor mu?
10) Yapıdaki mimari kuralları incelemek oran, şekil geometrisi çıkarılması gibi noktalara dikkat ediyor musunuz? Sultanahmet Camii ile paralel zamanda restorasyonu gerçekleşen dönemdaş olan Yeni Camii'nin (örneğin sedefli kapılarının geometrisi ve malzeme analizi) herhangi bir yapı elemanı üzerinden ortak analoji ve geometri tanımı yaptığınız oldu mu?
11) Sahadan aldığınız elde edilen verilerle ilgili dokümantasyon ekibiniz veya sorumlu kişiniz var mı? Verinin nasıl elde edileceği, yönetileceği ve saklanacağı konusunda nasıl bir politika izliyorsunuz?
12) Elde ettiğiniz çeşitli veriler periyodik olarak VGMye teslim ediliyor mu? Ediliyorsa hangi standartlara uygun olarak ediliyor? VGM arşiv birimiyle iletişimde oluyor musunuz?
13) Şantiyeler ve kurumlar arasındaki iletişim kopukluğunun ve veriye erişim sınırlılığının süreci nasıl etkilediğini düşünüyorsunuz? Sizce bu sorunun kaynağı nedir?
14) Dijital mimari miras çalışma alanlarından haberdar mısınız?
15) Dijital miras verisini oluşturmak, erişimi sağlamak ve korumak üzere asgari düzeyde neler yapılması gerektiğini biliyor musunuz?

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Bildiri Özeti

Yıldırım, M., & Gençer, C. İ. (2022). Dijital Mimari Mirası Koruma Olasılıkları. I. Ulusal Mimarlık ve Kent Sempozyumu (s. 5-6) İstanbul: Doğuş Üniversitesi.