



Taxonomy and representation of digital architecture knowledge: Proposal for an online encyclopedia model

Esranur Karacıf^{1*} , Ethem Gürer²

¹Department of Architecture, Faculty of Architecture, Istanbul Technical University, 34367, Sisli, Istanbul, Türkiye

²Department of Interior Architecture, Faculty of Architecture, Istanbul Technical University, 34367, Sisli, Istanbul, Türkiye

Highlights:

- Digital architecture concepts are hierarchically classified
- Articles were detailed via a visual interface in four knowledge layers
- A visual, hierarchical, structured online encyclopedia is created

Keywords:

- Digital architecture
- Digital humanities
- Online encyclopedia
- Text mining
- Hierarchical clustering

Article Info:

Research Article

Received: 23.05.2024

Accepted: 24.12.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1488572

Correspondence:

Author: Esranur Karacıf

e-mail:

demirtase17@itu.edu.tr

phone: +90 312 410 7916

Graphical/Tabular Abstract

This research delves into the mapping of digital architectural knowledge using an online encyclopedia, focusing on elucidating knowledge across four distinct categories: conceptual, procedural, visual, and configurational, by considering the aspect of digital humanities. A four-phase methodology has been outlined. It encompasses preprocessing of the dataset, employing artificial intelligence (unsupervised machine learning)-supported text mining techniques for thematic categorization, generating diverse forms of data visualization, as depicted in Figure A, using preprocessed datasets, representation of scientific articles within a database, and creation of the webpage.

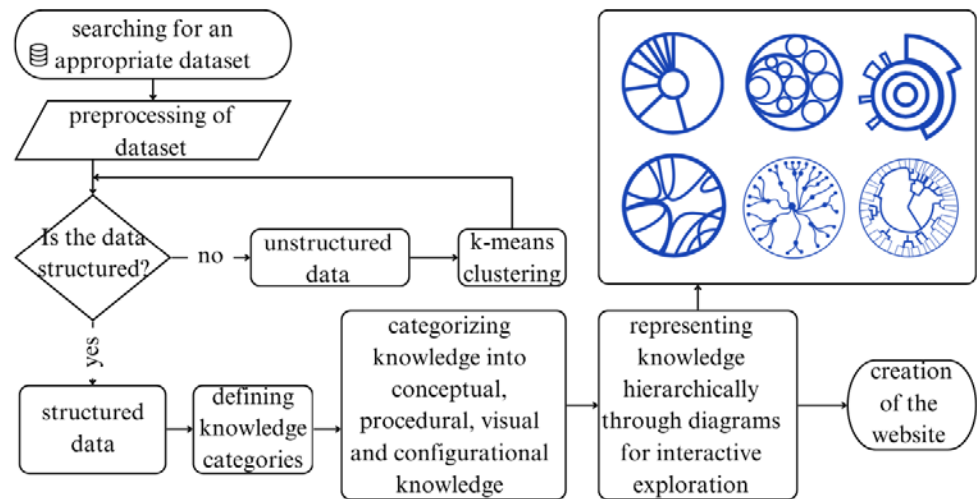


Figure A. Flowchart of the proposed methodology

Purpose: This research aims to significantly enhance the acquisition and comprehension of digital architectural knowledge conceptually, procedurally, visually, and configurationally by harnessing the vast resources of the database and employing innovative visualization methods.

Theory and Methods: This study outlines a four-phase methodology. The first phase involves data collection and preprocessing. The second phase reviews the literature on AI-assisted text mining, focusing on techniques for text clustering and categorizing. The third phase explores data visualization, using text categorization outputs and four knowledge layers. Finally, the fourth phase involves creating the webpage.

Results: A hierarchical framework encompassing conceptual, procedural, visual, and configurational knowledge layers was employed to organize and synthesize information, alongside digitizing and clustering articles within the CUMINCAD database using TF-IDF vectorization and k-Means clustering algorithm.

Conclusion: This study maps digital architecture knowledge through an interactive online encyclopedia to enhance learning. It employs text mining and hierarchical clustering to improve understanding of articles on digital architecture across conceptual, procedural, visual, and configurational knowledge layers. This interdisciplinary approach has the potential to transform architectural education, providing a dynamic platform for exploring digital architecture. Utilizing diverse contemporary datasets is crucial for achieving effective outcomes and advancing the fields of digital architecture and digital humanities.



Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi

Journal of The Faculty of Engineering
and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Dijital mimarlık bilgisinin tasnif ve temsili: Bir çevrim içi ansiklopedi modeli önerisi

Esranur Karacı^{1*}, Ethem Gürer²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34367, Şişli, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, 34367, Şişli, İstanbul, Türkiye

ÖNEÇİKANLAR

- Dijital mimarlık kavramları hiyerarşik olarak sınıflandırıldı
- Makaleler görsel bir arayüzde dört bilgi katmanı üzerinden açıklandı
- Görsel, hiyerarşik, yapılandırılmış bir çevrim içi ansiklopedi oluşturuldu

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 23.05.2024

Kabul: 24.12.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1488572

Anahtar Kelimeler:

Dijital mimarlık,
dijital beşerî bilimler,
çevrim içi ansiklopedi,
metin madenciliği,
hiyerarşik kümeleme

ÖZ

Dijital teknolojilerin gelişimi, bilimsel bilginin metinler ve görseller aracılığıyla daha etkin bir biçimde iletilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle "dijital mimarlık" gibi yeni kavramların ortaya çıktığı alt alanlarda, bilginin öğretilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik yenilikçi yaklaşımlar giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışma, kapsamlı bir öğrenme deneyimi sunmayı hedefleyen keşif odaklı bir çevrim içi ansiklopediyi kullanarak, dijital beşerî bilimlerde yaygın olarak uygulanan metin madenciliği yöntemleri aracılığıyla dijital mimarlık bilgisinin haritalandırılmasına odaklanmaktadır. Veri seti olarak, öncelikle dijital mimarlık alanındaki makalelerden oluşan bir veri seti temel alınmış ve bu veri seti, bilimsel bilginin kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel katmanlar üzerinden yapay zekâ algoritmaları ile hiyerarşik olarak tasnif edilmesinde kullanılmıştır. Bu veri işleme süreçleri, doğrusal metinlerin ötesine geçerek çok boyutlu bir bilgi keşfini ve dijital mimarlık alanındaki karmaşık bilgi ağının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, etkileşimli görsellerle zenginleştirilerek bir web platformunda kullanıcılara sunulmuştur. Bu temsil yöntemleri, kullanıcıların bilgiyi keşif yoluyla öğrenmelerini teşvik ederken, bilgi aktarımını da daha etkili hale getirmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma dijital mimarlık alanında bilgi aktarımı ve anlayışının geliştirilmesine katkıda bulunarak, araştırmacılar, eğitmenler, öğrenciler ve uygulayıcılar için görsel, yapılandırılmış ve hiyerarşik bir kaynak sunmaktadır.

Taxonomy and representation of digital architecture knowledge: Proposal for an online encyclopedia model

HIGHLIGHTS

- Digital architecture concepts are hierarchically classified
- Articles were detailed via a visual interface in four knowledge layers
- A visual, hierarchical, structured online encyclopedia is created

Article Info

Research Article

Received: 23.05.2024

Accepted: 24.12.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1488572

Keywords:

Digital architecture,
digital humanities,
online encyclopedia,
text mining,
hierarchical clustering

ABSTRACT

The advancement of digital technologies has facilitated the more effective transmission of scientific knowledge through both textual and visual means. Particularly in emerging subfields such as "digital architecture," where new concepts are continuously being developed, innovative approaches to the teaching and dissemination of knowledge have gained increasing significance. This study focuses on the mapping of digital architecture knowledge through a discovery-oriented online encyclopedia, aimed at providing a comprehensive learning experience, while employing text mining techniques commonly applied within digital humanities. The dataset, primarily consisting of articles from the field of digital architecture, serves as the foundation for the research, wherein scientific knowledge is hierarchically classified across conceptual, procedural, visual, and configurational layers using artificial intelligence algorithms. These data processing methodologies extend beyond linear texts, promoting multidimensional knowledge discovery and facilitating a comprehensive understanding of the intricate knowledge network within digital architecture. The resulting findings, enriched with interactive visuals, are made available to users through a web platform. These representation strategies not only encourage knowledge acquisition through exploration but also enhance the effectiveness of knowledge transfer. Ultimately, this study contributes to the development of knowledge transfer and comprehension within the domain of digital architecture, offering a visual, structured, and hierarchical resource for researchers, educators, students, and practitioners.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / *Corresponding Author/Authors : *demirtase17@itu.edu.tr, egurer@itu.edu.tr / Tel: +90 312 410 7916

1. Giriş (Introduction)

Bilişim ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, insanların bilgiyle olan ilişkisini köklü bir şekilde dönüştürmüştür. Bu dönüşüm, çağın dinamiklerini de etkilemiştir. Günümüzde "Bilgi/Bilişim/Enformasyon Çağı (Information Age)" [1], "Dijital Çağ" [2] ve "Ağ Çağı/Toplumu" [1] gibi terimler, bilgiye erişimdeki paradigma değişikliklerini ifade etmek için kullanılmaktadır. Veri trafiğindeki artış, verilerden anlamlı bilgi üretme ve bu bilgileri yeni bilgiler oluşturmak için kullanma ihtiyacını doğurmuştur. Bu bağlamda "Büyük Veri", "Veri Bilimi", "Veri Madenciliği" ve "Veri Görselleştirme" gibi alanlar ortaya çıkmıştır. Bu alanlarda çalışmalar, verilerin anlamlı, işlenebilir ve analiz edilebilir bir formata dönüştürülmesine odaklanmaktadır. Böylece veri, yalnızca birikmiş bilgi yığını olmaktan çıkıp, analiz edilmiş ve işlenmiş sonuçların elde edildiği değerli bir kaynak haline gelmektedir.

Bilgi, evrimini ve gelişimini sürdürdükçe, bu geniş ve katmanlı bilgilerin öğretimi ve yayılımı için yenilikçi yaklaşımları keşfetmek giderek daha önemli hale gelmektedir. Bilginin üretimindeki ve yayılımındaki paradigma değişiklikleri ile dijital teknolojilerin etkileşimli öğrenme yöntemleriyle entegrasyonu, mimarlık eğitimindeki yenilikçi yaklaşımların önemini artırmaktadır. Mimarlığın tarih boyunca teknolojik gelişmelerle evrim geçirdiği düşünülürse, bu disiplinin teknoloji ile güçlü bir bağ içinde olduğu anlaşılmaktadır. Tasarım sürecinde ve üretim aşamasında teknoloji yoğun bir şekilde kullanılmakta ve dijital teknolojilerin mimari tasarım, eğitim ve uygulama üzerindeki etkisi büyümektedir. Bu doğrultuda, imaj mimarlığı, parametrik tasarım, dijital fabrikasyon, simülasyon ve sanal sahne gibi çeşitli kavramlar yenilikçi mimari tasarım yaklaşımlarında popülerlik kazanmaktadır; ancak bu kavramların teorik ve akademik alanda tam olarak yerleşik hale gelmediği görülmektedir. BIM (Building Information Modeling-Yapı Bilgi Modelleme), sanal ve artırılmış gerçeklik, robotik fabrikasyon ve üç boyutlu yazıcıların kullanımıyla birlikte teknolojik dönüşümlerin mimari tasarım süreçlerini ve disiplinler arası etkileşimleri giderek daha fazla şekillendirdiği göz önüne alındığında, mimarlık eğitiminin bu değişimlere uyum sağlaması önemli bir gereklilik haline gelmiştir. Ancak bu uyum, yalnızca teknoloji tabanlı dönüşümlere değil, aynı zamanda bu teknolojilerle üretilen yeni kavramlara odaklanmayı da gerektirir.

Geleneksel mimarlık eğitimi, dersler, stüdyolar, maket araçları ve ders kitapları gibi fiziksel sınıf odaklı öğretim yöntemlerine dayanmaktadır. Bu yöntemlerin bazı avantajları bulunmakla birlikte, sürekli evrilen dijital teknolojilerin potansiyelinden yeterince faydalanamamak ve etkileşimli öğrenme tekniklerinin eğitim sürecine entegre edilememesi önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu entegrasyon eksikliği, dijital mimarlık alanının geleneksel mimarlık eğitiminde yeterince yer bulamamasıyla birleşerek, bu alanda ortaya çıkabilecek profesyonel pratikler ve teorilerin gelişimini de olumsuz etkilemektedir. Dijital mimarlık, bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli üretim (CAM), görselleştirme teknikleri, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve 3B modelleme gibi dijital araçları kullanarak mimari tasarımı destekleyen bir disiplindir. Bu alandaki kavramların mevcut araştırmaların ve yöntemlerin anlaşılması, bahsedilen entegrasyon eksikliğinin giderilmesi açısından son derece önemlidir.

Bunun yanı sıra, mimari tasarımda bilişim, bilgisayar ortamında mimarlık, mimarlıkta sayısal tasarım ve üretim teknolojileri gibi alanlarda eğitim alan lisansüstü öğrencilerin, eğitimlerinin başlangıç aşamasında faydalanabilecekleri bir arayüz üzerinden bilgilere erişimlerinin sağlanması önemlidir. Bu arayüz, öğrencilerin bilgiler arasındaki bağlantıları görsel olarak kolayca kavrayabilmelerine ve

dijital mimarlık bilgisinin temel noktalarını anlamalarına yardımcı olur. Böylece, öğrenciler eğitim hayatları boyunca edindikleri bilgileri hangi bağlamda değerlendirebileceklerini ve hangi konularla ilişkilendirebileceklerini öğrenebilecektir.

Dijital mimarlık hem mimarlık eğitimi ve uygulamalarını hem de bilişim alanındaki gelişmeleri kapsayan dinamik bir alandır. Bu alanda yapılan çalışmalara genel bir bakış sunmak, olası bilgilerin neler olabileceği, ilişkiler ve konulardaki eksiklikler hakkında düşünmeyi ve yeni fikirler geliştirmeyi teşvik eder. Bu bütüncül resim, dinamik ve etkileşimli bir çevrim içi ansiklopedi ile sağlanabilir. Böylece, durağan bir basılı kaynak yerine kullanıcıların katkıda bulunabileceği, kolektif bir ortam oluşturulmuş olur. Bu ortam, dijital mimarlık eğitiminde genel bir perspektif sunarak bilginin haritalanmasına ve alanın kapsamının anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca, edinilecek bilgilerin hangi bağlamda ele alınması gerektiği ve hangilerinin hiyerarşik olarak önceliklendirilmesi gerektiği konusunda da bir ön bilgi sağlar.

Geleneksel eğitim yöntemlerinin ötesine geçerek, keşif odaklı bir çevrim içi ansiklopedi aracılığıyla dijital mimarlık bilgisini haritalama yöntemi, bu eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, dijital mimarlık bilgisine dair genel bir bakış oluşturmak için kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi katmanları üzerinden bir sınıflandırma sunarak bilgilerin anlamlandırılmasını ve verimli bir şekilde edinilmesini hedefler. Bu bağlamda, Paul Gilster [3] dijital ortamda sunulan bilgileri anlamak ve farklı formatlardaki bu bilgileri etkili bir şekilde kullanabilme yeteneğini dijital okuryazarlık olarak tanımlar. Dijital okuryazarlık, mimarlık öğrencilerinin ve profesyonellerinin dijital ortamda sunulan bilgileri yalnızca pasif bir şekilde tüketmekle kalmayıp, aynı zamanda bu bilgileri anlamlandırma, analiz etme ve çalışmalarına entegre etme becerilerini de kapsar. Bu çalışmada üretilen çevrim içi ansiklopedi, dijital okuryazarlığın mimarlık bağlamındaki rolüne dair somut bir örnek sunmaktadır.

Bu araştırmada;

1. Doğrusal ilerleyen bir metnin içerisindeki ilişkileri hiyerarşik bir yapıyla ortaya çıkarmak, doğrusal metnin verdiklerinin ötesinde çağrışımlarla, temel anahtar kelimeler ve görseller aracılığıyla bilgi edinimini sağlayabilir mi?
2. Farklı ilişkisel katmanları kullanarak bilginin kalıcılığını ve işlevselliğini artırabilir miyiz? ana sorularına ve

"1. Dijital mimarlık bilgisinin tasnifi ve ilişkilendirilmesine yönelik olanaklar nelerdir? 2. Dijital mimarlık bilgisi, bütünden parçaya ayrıştırıldığında bu alandaki bilgiye bütüncül erişim sağlanabilir mi? Hangi temsil araçları kullanılabilir?" alt sorularına yanıtlar aranmıştır.

Çalışma kapsamında, dijital mimarlık bilgisinin kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi olmak üzere dört bilgi katmanı üzerinden keşif yoluyla ve deneyimsel olarak öğrenilmesine ilişkin hiyerarşik temsil teknikleri kullanılmıştır. Kavramsal (conceptual) bilgi, mimarlık alanındaki temel kavramlar, olgular ve ilkeler gibi statik ve soyut bilgileri kapsar [4]. Bu bilgi türü, dijital mimarlığın teorik çerçevesini ve altyapısını oluşturarak öğrencilerin bu alandaki temel bilgileri edinmesine olanak tanır. Bilgi öğeleri arasındaki ilişkiler, kavramsal anlayışın temelini oluşturur; yeni bir kavram öğrenen kişiler kavramlar arasındaki bağlantıları tanımlayabildikleri zaman konuyla ilgili kavramsal anlayışa sahip olunduğundan söz ederiz [5]. Kavramsal bilgi katmanında, çalışma kapsamında ele alınan makalelerdeki temel terimler, kavramlar, aralarındaki ilişkiler grafik temsillerle açıklanır. Bu sayede, terimlerin birbiriyle olan bağlantıları görsel olarak anlaşılır hale gelir. İşlemsel (procedural)

bilgi ise, belirli bir görevin veya sürecin nasıl yapılacağına dair adım adım izlenecek yolları içerir. İşlemsel bilgi, bir kavramın pratikte nasıl uygulanacağını açıklayan bilgiyi temsil eder ve bireyin bu bilgiye dayanarak bir işi nasıl yapacağını bilmesi anlamına gelir [5]. Bu bilgi katmanı, incelenen makalelerin sistematik olarak uygulanan ardışık prosedürlerini ve metodolojilerini içerir. Görsel (visual) bilgi katmanı, grafikler, infografikler, resimler, haritalar ve diyagramlar gibi öğelerden oluşan, doğrudan görsel deneyime dayalı katmandır. Akademik makalelerin organizasyonel çerçevesi içerisinde görsel öğeler genellikle grafikler, tablolar ve şekiller gibi statik görsellerdir. Konfigürasyonel (configurational) bilgi katmanı ise, mimarlıkta "mekânsal konfigürasyon" [6] kavramına benzer şekilde, bir yapı içindeki farklı unsurlar arasındaki ilişkileri ele alır. Bu çalışma kapsamında konfigürasyonel bilgi katmanı benzer bir perspektifle; bütüncül bir bilgi katmanı olarak, bu bilginin diğer bilgiler ile ilişkileri bağlamında ele alınmıştır. Bu katman, makalelerin sonuç, özet gibi kısımlarında üretilir ve makalenin ana fikrini, diğer bilgilerle ilişkilerini dikkate alarak kapsamlı bir şekilde ortaya koyar. Makalenin genel perspektifini anlamayı kolaylaştırır.

Dijital mimarlık bilgisinin dört bilgi katmanına dayalı kategorizasyonu kapsamında, „Cumulative Index about Publications in Computer Aided Architectural Design (CUMINCAD) “veri tabanı, dijital mimarlık alanındaki akademik çalışmalar için temel bir kaynak olarak kullanılmıştır. Bu veri tabanı, ACADIA, ASCAAD, CAADRIA, eCAADe, SiGraDi, CAAD Futures, DDSS gibi önde gelen dijital mimarlık konferanslarından ve sempozyumlarından 12.300'den fazla kayıt içermektedir. Bu kayıtlarda, bibliyografik veriler, kapsamlı özetler ve yaklaşık 9.600 makalenin tam metinleri PDF formatında yer almaktadır. CUMINCAD, bu alanda bilgiye erişim sağlayarak araştırmacılar ve öğrenciler için oldukça kapsamlı bir kaynak sunmaktadır [7]. Farklı kaynaklardan veri çekilerek oluşturulması, geniş bir veri setinin bulunması, dijital mimarlık bilgisinin kategorize edilmesi ve .ris, bibtex, endnote gibi yaygın formatlarda verilerin indirilebilmesi gibi yönleri ile önemli bir kaynaktır. Bu veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak hiyerarşik kümeleme algoritmaları ile veritabanı içindeki makalelerin temel temaları, ilişkileri ve desenleri açığa çıkarılır. Veri tabanından çıkarılan ilişki şemalarının görselleştirilmesi yoluyla konuya dair bilgi edinmek isteyen kullanıcılar dijital mimarlık kavramlarının birbiriyle ilişkili doğasını temsil eden sanal bir platformda gezinebilirler. Keşif odaklı ve çevrim içi bu ansiklopedi, etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunarak kullanıcılara içerikle aşamalı bir şekilde etkileşim kurma fırsatı sunar. Makalelerin kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi katmanlarına göre sınıflandırılması, kullanıcılara yapılandırılmış ve hiyerarşik bir bilgi keşfi imkânı sağlayarak dijital mimarlık alanındaki bilgiyi daha kapsamlı bir şekilde anlamalarını destekler.

2. İlgili Çalışmalar (Related Works)

2.1. Bilgi Kategorizasyonunun Öğrenmeye Etkisi (Effects of Knowledge Classification on Learning)

Sınıf, sınıflama, tasnif, kategori, kategorize etme, kategorizasyon terimleri birbirleriyle eş anlamlıdır. “Sınıflama” kavramı daha çok kütüphanecilik ve bilgi bilim literatüründe kullanılırken, “kategorizasyon” terimi dilbilim, bilişsel bilimler ve bilgisayar mühendisliği gibi disiplinlerde daha yaygın olarak tercih edilmektedir [8]. Bilgilerin anlamlandırılabilmesi için hiyerarşik bir şekilde kategorize edilmesi ve aralarındaki ilişkilerin kurulması önemlidir. Goldstein [9], kategorizasyon olmadan dünyayı anlamının zorlaşacağını belirtir; her nesne ya da bilgi parçasını tekil bir varlık olarak algılayarak öğrenmek, algi ve bilişsel işlem süreçlerini daha karmaşık hale getirir. John Sweller vd. [10] çalışmasında, insan bilişinin organizasyonunun incelenmesindeki ilk adım, bilginin

kategorize edilmesini içerir. Farklı bilgi sınıflandırmaları, çeşitli yöntemlerle elde edilebilir, yapılandırılabilir ve saklanabilir; bu da çeşitli öğretim yaklaşımlarını gerektirir.

Kategorizasyonun yanı sıra, bilgilerin birbirleriyle olan ilişkileri de bilginin anlamlandırılmasında kritik bir role sahiptir. Bu bağlamda, anlamsal ağlar ve bağlantıcı yaklaşımlar gibi modeller geliştirilmiştir. Anlamsal ağ modeline göre, kavramlar birbirlerine ağlar aracılığıyla bağlanarak anlamlı hale gelir. Collins ve Quillian’ın [11] hiyerarşik ağ modeline göre, ağ, birbirine bağlarla birleştirilmiş düğüm noktalarından oluşur. Her düğüm bir kavramı veya kategoriye temsil eder ve düğümleri birleştiren bağlayıcı çizgiler bu kavramların zihinsel olarak birbiriyle ilişkili olduğunu gösterir. Örneğin “kanarya” ile “kuş” ve “kuş” ile “hayvan” kavramı zihinde bağlantılıdır. Bu hiyerarşik düzende, üst düzeydeki kavramlar alt kavramların ortak özelliklerini içerir, bu da bilişsel ekonomi olarak adlandırılır ve ağı daha verimli hale getirir [9]. Bu yaklaşımlar, bilgiyi anlamlandırma sürecinde sadece kavramların değil, aynı zamanda bu kavramlar arasındaki ilişkilerin de öğrenmede ne denli önemli olduğunu vurgular.

Bilginin yapılandırılmamış olarak sunulması ile yapılandırılmış bir formatta temsil edilmesi arasında belirgin farklar vardır. Amadiou vd. [12], biyoloji alanında doğrusal olmayan hipermetin kavram haritalarının bilişsel yük üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yapılandırılmış haritalar kavramlar arasındaki hiyerarşik ilişkileri açıkça gösterirken, yapılandırılmamış haritalar belirgin bir hiyerarşiye sahip olmaksızın yalnızca bir ilişki ağı sunmaktadır. Bu çalışmanın bulguları, temel ve ileri düzeyde bilgiye sahip öğrencilerin yapılandırılmış formatta test edildiğinde daha az bilişsel yükü karşılaştıklarını ve bu nedenle kavramsal bilgi ediniminde daha büyük kazanımlar elde ettiklerini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bilginin hiyerarşik olarak yapılandırılması, öğrenme materyaline yönelik serbest çağrışımları önemli ölçüde artırmaktadır. Hiyerarşik olmayan ağ yapısındaki kavram haritaları, öğrenciler için sınırlı bir rehberlik sağlamakta; bu durum, karmaşık bir keşif ortamı oluşturarak oryantasyon kaybına ve dolayısıyla bilişsel yükün artmasına neden olmaktadır.

2.2. Bilgi Türleri (Types of Knowledge)

Öğrenmenin ana unsuru olan bilgi, araştırmacılar tarafından çeşitli türlere ayrılmıştır. Eğitim ve öğrenmeye ilişkin literatürde bilgi; bildirimsel (declarative), işlemsel (procedural), koşullu (conditional), analitik (analytical), yapısal (structural), kavramsal (conceptual-concept), olgusal (factual), üstbilişsel (metacognitive-metacognitive), ontolojik (ontological), fenomenolojik, algısal (perceptual), durumsal (situational), deneyimsel (experiential/episodic), genel (general), örtük (tacit/implicit)-açık (explicit), stratejik, sembolik (symbolic), sezgisel (intuitive), hesaplanabilir (computable) bireysel (individual), yönelimsel (orientational), önsel (a priori), sonradan gelen (a posteriori) bilgi gibi farklı bilgilerin edinimine göre sınıflandırılmıştır. Tablo 1’de bu bilgi türlerinin sınıflandırılmalarıyla ilgili literatürde yer alan çalışmalar sıralanmıştır.

Bilgi türleri incelendiğinde bilim insanları tarafından genel kabul görmüş bir sınıflandırmanın yapılmadığı görülmekle birlikte, bilgi türlerinin sistematik olarak ele alınması, kavramların bütüncül olarak ediniminde katmanlı, hiyerarşik bir kurgunun oluşturulmasını sağlayabilecek ve bu da bilişsel yükün azaltılarak [10, 12] bilginin daha aşamalı bir şekilde iletimine yardımcı olabilecektir. Sıklıkla sınıflandırmaya dahil edilen bilgi türleri arasında kavramsal ve işlemsel bilgi ön plandadır. McCormick [5], işlemsel bilgiyi “nasıl yapacağını bilme” bilgisi olarak tanımlarken, kavramsal bilgiyi parçalar arasındaki ilişkileri kurabilme yetisi olarak açıklar. Anderson

Tablo 1. Bilgi Türlerinin Tasnifi (Classification of Knowledge Types).

Yazar Adları (Yazarların Makaleyi Yayımladıkları Yıla Göre Sırayla)	Bilgi Türleri
[13] Reif, 1987	Bildirimsel (Declarative), İşlemsel (Procedural), Şekilsel (Formal), Derlenmiş (Compiled), Özel (Special), Genel (General), İşlemsel Yorum (Procedural Interpretation), Tutarlı (Coherent)
[14] Alexander and Judy, 1988	Bildirimsel (Declarative), İşlemsel (Procedural), Koşullu (Conditional)
[15] Kogut and Zander, 1992	Açık (Explicit), Örtük (Implicit)
[16] Reif ve Allen, 1992	Ana Yorum (Main Interpretation), Genel (General), Tanımsal (Definitional), Yardımcı (Ancillary), Tamamlayıcı (Supplementary), Duruma Özel (Case-Specific), Zorunlu (Entailed), Kavram (Concept)
[17] Jonassen, Beissner ve Yacci, 1993	Yapısal (Structural)
[4] de Jong, 1996	Durumsal (Situational), Kavramsal (Conceptual), İşlemsel (Procedural), Stratejik (Strategic)
[5] McCormick, 1997	Kavramsal (Conceptual), İşlemsel (Procedural)
[18] Burkhard ve Eppler, 2004	Bildirimsel (Declarative), İşlemsel (Procedural), Deneyisel (Experiential), Konumsal (Orientational), Bireysel (Individual)
[19] Asheim ve Coenen, 2005	Analitik (Analytical), Sentetik (Synthetic), Sembolik (Symbolic)
[20] Blumberg, 2009	Gerçeğe İlişkin (Factual), Kavramsal (Conceptual), İşlemsel (Procedural), Meta-bilişsel (Meta-cognitive)
[21] Swartz ve Bradley, 2010	Deneyimsel (Experiential), Oranlayıcı (Ratiocinative), Deneyisel (Empirical), Önsel (A Priori)
[22] Selvi, 2011	Fenomenolojik (Phenomenological)
[23] Millar, 2019	Algısal (Perceptual)
[24] Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2020	Önsel (A Priori), Sonradan Gelen (A Posteriori)
[25] Vercruyse ve Kulper, 2020	Hesaplanabilir (Computable)
[26] Lynch, 2022	Sembolik (Symbolic), Sezgisel (Intuitive)
[27] Zhao vd., 2024	Analitik (Analytical), Sembolik (Symbolic)

[28] ise, işlemsel bilgi ile bildirimsel bilgi arasında bir ayrım yapar; işlemsel bilgi bir şeyin “nasıl” yapıldığını bilmekten, bildirimsel bilgi bir şeyin “ne” olduğunu bilmek anlamına gelir. Goldstein [9], kavramların en çok incelenen işlevinin, varlıkları belirli kategorilere yerleştirme yani kategorileme olduğunu belirtmektedir.

Gümüş ve Umay [29], literatürde kavramsal ve işlemsel bilgi arasındaki ilişkiyi açıklayan dört farklı yaklaşım olduğunu belirtmektedir. İlk olarak, kavram bilgisi önceliği (concepts first) yaklaşımında, birey önce kavramsal bilgiyi edinir; bu bilgi, doğuştan ya da aile aracılığıyla oluşur ve pratik yapıldıkça işlemsel bilgi gelişir. İkinci olarak, işlemler önceliği (procedures first) yaklaşımında, birey öncelikle işlemsel bilgiyi edinir ve bu bilgi alıştırmalarla geliştirilir; daha sonra bu bilgi soyutlaştırılarak kavramsal bilgiye dönüşür. Üçüncü olarak, etkinsizleştirme (inactivation) görüşünde hem kavramsal hem de işlemsel bilgi, gelişim süreçlerinde birbirini etkiler. Son olarak, tekrarlamalı model (iterative model) yaklaşımı, bir bilgi türündeki gelişimin diğerinin gelişmesine katkı sağladığını savunur. Bu da kavramsal ve işlemsel bilgi arasında sürekli bir etkileşim olduğunu gösterir.

Diğer taraftan, bilginin görsel temsili, bilim eğitimi alanında bilişsel yük teorisi ile bağlantılı olarak araştırılmaktadır. Cook’a [30] göre, günümüzde bilim eğitiminde görsel ve sözel bilgilerin bir arada sunulduğu materyaller sıkça kullanılmakta, ancak bu materyallerin etkili bir şekilde nasıl tasarlanacağı konusunda eğitim araştırmaları yetersiz kalmaktadır. Cook [30], bilimsel kavramların etkili bir şekilde temsil edilmesi için bilişsel temellerin daha iyi anlaşılması gerektiğini vurgular. Öğretim tasarımı ilkelerini öğrencilerin bilişsel yapılarına ve süreçlerine dayandıran Sweller vd. [10] bilişsel yük teorisi üzerine yaptığı çalışmalar, bu teoriden türetilen tasarım ilkeleri için ampirik kanıtlar sağlamaktadır. Eğitim materyallerinin, öğrencilerin bilgi edinimine katkıda bulunabilmesi için uygun görsel tasarımın

yapılması gereklidir. Görsel temsiller, bilimsel kavramların iletilmesinde de yine kritik öneme sahiptir.

Yukarıda açıklanan üç bilgi türüne ek olarak konfigürasyonel bilgi, eğitim, bilişsel psikoloji, bilgi yönetimi ve epistemoloji gibi alanlarda detaylandırılmamış olsa da çevre psikolojisi ve mimarlık gibi disiplinlerde, mekandaki ilişkilerin ve geçişlerin bağlanması şeklinde tanımlanabilir. Mimari ve kentsel tasarımdaki ‘şeylerin nasıl bir araya getirildiği’ ve anlaşılması zor örüntülerin nasıl açığa çıkarılabileceği araştırılır [6]. Jonassen, Beissner ve Yacci’nin [17] çalışmasında ise bir alandaki kavramların birbiriyle nasıl ilişkili olduğuna dair bilgi ‘yapısal bilgi’ olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında konfigürasyonel bilgi, bilgiyi özellikle bir yapı, düzen veya desen bağlamında vurgular; bilginin bileşenlerinin konumunu ve düzenini, aynı zamanda bu bileşenler arasındaki ilişkileri de kapsar.

Bu çalışmada, belirtilen dört bilgi türünün öncelikli olarak birbirlerinin ardılları olduğu (kavramsal bilgi, işlemsel bilgi, görsel bilgi, konfigürasyonel bilgi), ancak birbirlerini de besledikleri bir bilgi görselleştirmesi üzerinden bilimsel bilginin iletişimi üzerinde çalışılmıştır. Bir bilgi türünün bir nesneye, duruma, olaya, olguya ilişkin bilgiyi iletmede yetersiz kaldığı durumlarda bir sonraki ilişkili bilgi türü devreye girmektedir. Bu şekilde, kullanıcı farklı bilgi türleri aracılığıyla makalenin özünü keşfederek bütüncül bir anlayış geliştirebilir.

Araştırma konusu verilerin kapsamı, dijital mimarlık alanındaki bilimsel meta verilerdir. Bu bağlamda, bilimsel çalışmalarda kavramsal bilgi, işlemsel bilgi ve konfigürasyonel bilgi önemli bir yer tutar. Kavramsal bilgi, araştırma kapsamındaki çeşitli kavramların ve bunlar arasındaki ilişkilerin anlaşılmasına yardımcı olurken, işlemsel bilgi, bilimsel çalışmaların metodolojik adımlarını detaylandırır. Bu bilgi türü, araştırmanın nasıl yürütüleceğini adım adım açıklar.

Konfigürasyonel bilgi ise, bilimsel çalışmaların içerdiği temel bilgilerin birbirleriyle olan ilişkilerini aktarır bir sonuca ulaşmayı sağlar. Bu çerçevede, kavramsal bilgi, makalelerdeki kavramların hiyerarşik olarak haritalandırılmasını; işlemsel bilgi, işlem aşamalarının akış şemaları ile gösterimini; konfigürasyonel bilgi ise bilgilerin ağ haritaları ile temsil edilmesini içerir. Görsel bilgi, tüm bilimsel çalışmalarda yer almamakla birlikte, bu çalışma kapsamında bir yapay zekâ aracı ile dört farklı görsel türü ile (eskiz, render, teknik çizim ve piktogram) temsili yoluyla sağlanmıştır. Görsel bilginin temsili, bilgilerin algısal/deneyimsel (perceptual) olarak edinilmesi yönüyle önemlidir. Böylece, farklı bilgi türlerinin birbirleriyle etkileşimi ve bunların anlaşılabilirliği artırılmaktadır. Bu yaklaşım, bilişsel yük teorisi ile desteklenerek, öğrencilerin öğrenme süreçlerini optimize etmeye yardımcı olur [10, 30].

2.3. Bilginin Temsili ve Haritalandırılması (Representing and Mapping Information)

Bu bölümde, bilginin ana temsil mecraları olan görsel ve metinsel temsil ortamları incelenmiştir. Metinsel temsil, yazılı metinlerin, belgelerin veya dokümanların içeriği üzerinden bilgiyi aktarma sürecidir. Bilgi, görsel olarak haritalandığında, hem bütüncül bir bakış açısı sunar hem de bilgilerin sınıflandırılmasına ve bu sınıflar arasındaki yeni ilişkilerin kurulmasına dair bir perspektif kazandırır. Bu durum, mimarlık alanında bilginin temsili için farklı gösterim yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Mimarlıkta tasarım fikirlerinin temsili için haritalama ve diyagram gibi soyutlama araçları kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, mimarlıkta haritalama, bilgilerin birbirleriyle olan ilişkilerini temsil etme yönüyle önemlidir. Haritalama, yaratıcılığı merkezde tutarak, tasarıma dair bilgiler arasındaki ilişkilerin görsel olarak temsil edilmesine olanak tanır. Mimarlık teorisyenleri, çeşitli görselleştirme yöntemleri geliştirmiştir. Güleç [31] bunları; zihinsel (mental), kuramsal (theoretical), anlatımsal (narrative), şekilsel (figurative), algısal (perceptual), imgesel (imaginal), işlevsel (functional), dizinsel (indexical), ilişkisel (relational) ve etkileşimsel (interactional) haritalar olarak on kategoride değerlendirmiştir. Bu kategoriler, mimarlık bilgisinin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayan çeşitli görsel temsil biçimlerini ortaya koymaktadır.

Aral'a [32] göre, haritalama, çoklu boyutların ve derinliklerin keşfine olanak tanıyan bir eylemdir. Geleneksel haritalamalarda bulunmayan veri çeşitliliğini ve bu verilerin birbirleriyle ve 'yer'le olan ilişkilerini, yenilikçi bir dil ve yöntemle açığa çıkarmayı hedefler. Haritalama, temel olarak ilişkilerin vurgulandığı bir eylem olup, yalnızca "yer" ile ilişkilendirilmez. Zihinsel süreçlerin aktarımı, kavramsal ilişkiler ve bilginin temsili gibi "yer" ile doğrudan ilişkisi olmayan durumlarda da kullanılabilir. Acar'a [33] göre ise, haritalama, bir şeyin diğer bir şeyle olan ilişkisinin soyut bir sistem içinde temsildir ve bu temsil, yeni ilişkilerin nasıl kurulacağına dair kuralları içerir. Tüm sınıflandırma eylemleri, görsel olarak temsil edilsin veya edilmesin, aslında birer haritalama olarak düşünülebilir. Bu bağlamda, haritanın doğrudan nesnesi olmayan haritalar da bulunmaktadır. Örneğin, müzeler, kütüphaneler, kataloglar ve ansiklopediler bu tür haritalara örnek olarak gösterilebilir. Klasik taksonomi ve kartografi çalışmaları da dahil olmak üzere, yapısalılık sonrası rizomatik ağ haritaları, haritalama eylemlerinin bilgi, ilişkiler ve temsil ile ilgili olduğunu vurgular. Bilgi, haritalama gibi görsel ve algısal temsil süreçleriyle birlikte kavramsal bir oluşum da içerir. Kavramlar, metinsel araçların desteğiyle derinlemesine çözümlenir ve açıklanabilir bir duruma getirilir. Bu nedenle, haritalama, sadece bir görsel temsil aracı değil, aynı zamanda kavramların ve ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlayan bir süreçtir.

Metinsel araçlar, ansiklopediler ve sözlükler gibi, kavramların tanımlanması ve açıklanmasının yanı sıra pratiğe ilişkin betimlemeler

de sunabilir. Basılı ansiklopedilerin önemli örneklerinden biri olan D'Alembert ve Diderot'nun [32] Ansiklopedi, ya da Bilimler, Sanatlar ve Zanaatlar Açıklamalı Sözlüğü (1751-1772), kavramların tanımlanmasının ötesinde pratik bilgi (işlemsel bilgi) ve teknoloji bilgisi üzerine çeşitli araştırmalar içermektedir. Bu tür ansiklopedik girişimlerin kökenleri çok daha erken dönemlere dayanmaktadır. Örneğin, Romalı Pliny'nin Doğa Tarihi (22-78) [34] ve Isidore'un Etimologies (615-630) [35] gibi eserleri, o dönemde bilgiyi bir araya getirme çabalarının önde gelen örneklerindendir. Ancak, bu erken ansiklopedilerdeki sınıflandırma ve sıralama, analitik yaklaşımlardan ziyade metafiziksel ya da yazarın öznel eğilimlerinin bir sonucudur. Yine de, bu çalışmalar bilginin sistematik bir şekilde bir araya getirilmesi ve aktarılması adına önemli adımlar olarak kabul edilebilir. Bu bağlamda, ansiklopedik eserler, bilgi sistematizasyonu açısından tarihi ve kültürel bir öneme sahiptir ve bilimsel bilgiyi toplumlara aktarma işlevi görürler.

Ansiklopediler, düzenlenme ve hazırlanma bakımından iki ana kategoriye ayrılır. İlk olarak, alfabetik veya abece düzenine göre hazırlanan ansiklopediler bulunmaktadır; bu yöntem genellikle genel ansiklopedilerde tercih edilmektedir. İkinci kategori ise, konuya göre düzenlenen ansiklopedilerdir; bu tür ansiklopediler her konuyu bölümlere ayırarak sistematik bir çalışma biçimi sergilemektedir [36]. Ancak alfabetik düzende hazırlanan ansiklopediler bazı eleştiriler almıştır. Örneğin, Burke [37], geleneksel tematik, organik veya bütünsel düzenlemenin önemli avantajları olduğunu belirtirken, alfabetik düzenin "keyfi" olduğunu belirtir ve bu tür durumların üstesinden gelmek için başka maddelere çapraz atıflar yapıldığını ifade eder. Ansiklopedilerin düzenleme yöntemleri, kullanıcıların bilgiye erişimini ve bilgiyi anlama biçimini etkileyen önemli bir faktördür.

Dijital çağın getirdiği yeniliklerle birlikte, basılı ansiklopedilere ek olarak çevrimiçi erişim sağlayan ansiklopediler de hızla yaygınlaşmıştır. Vikipedi, bu platformlar arasında en çok bilinenlerden biridir. İş birlikçi bir yapı ile sürekli olarak güncellenen Vikipedi, içerik eklemeleri ve değişiklikleri sayesinde asla "tamamlanmamış" bir kaynak olarak görülmektedir [38]. Bu yapının getirdiği avantajların yanı sıra, denetim mekanizmasının dağınık yapısı nedeniyle güvenilirlik sorunları da ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenlerle, Vikipedi akademik çalışmalarda birincil kaynak olarak kabul edilmemekte, ancak kolektif bilgi sunma kapasitesi ve kullanıcılar için erişim kolaylığı gibi özellikleri dikkate değer avantajlarıyla öne çıkmaktadır. Ayrıca, Vikipedi gibi genel ansiklopedilere ek olarak belirli konularda özelleşmiş çevrim içi ansiklopediler de yaygınlaşmaktadır. Stanford Felsefe Ansiklopedisi, Oxford Üniversitesi Yayınları, Columbia Üniversitesi Yayınları, Cengage iş birliği ile oluşturulan <https://www.encyclopedia.com/> internet ansiklopedisi, basılı versiyonu da bulunan Britannica gibi ansiklopediler bunlardandır.

Dijital teknolojilerin kullanımı, bilginin sunumu ve temsili alanında veri görselleştirme gibi tekniklerden faydalanarak, basılı kaynakların doğrusal yapısını kırmayı ve doğrudan gözlemlenemeyen ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, dijital beşerî bilimlerde kullanılan hesaplamalı yöntemler, bilgilerin arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Bu disiplin, bilgi teknolojileri aracılığıyla beşerî bilimlere araştırma ve uygulamalarının yanı sıra, bu alanların teknoloji, medya ve hesaplamalı yöntemlerle etkileşimini araştırmayı amaçlamaktadır [39]. Özel ve Öztemiz [40] dijital insani bilimlerde kullanılan araçları; zaman çizelgesi araçları, metin düzenleme ve analiz araçları, dijital yayıncılık araçları, veri görselleştirme araçları ve üç boyutlu modelleme araçları şeklinde kategorize etmiştir. Zaman çizelgesi araçları olarak Chronos Timeline, Historypin, QGIS, TimelineJS; metin düzenleme ve analiz araçları olarak Voyant Tools, MALLET;

dijital yayıncılık araçları olarak Drupal, Omeka, Plone, Scalar; veri görselleştirme araçları olarak Concordle, Wordle, Netlytic, Prism, Tableau, Gephi, Graphviz, D3 Data Driven Documents; üç boyutlu modelleme araçları olarak A-Frame, Kubity, Agisoft Metashape gibi araçlar örnek olarak verilmiştir. Bunlara ek olarak, kelimelerin ilişkilerini görselleştiren Visuwords platformu, özellikle anahtar kelimeler üzerinden bilgi sunmaktadır. Bu platform, Princeton Üniversitesi'nin açık kaynaklı veritabanı WordNet'i kullanarak kelimeler arası ilişkileri gösterir ve kullanıcıların kavramlar arasındaki bağlantıları daha iyi anlamalarına yardımcı olur [41].

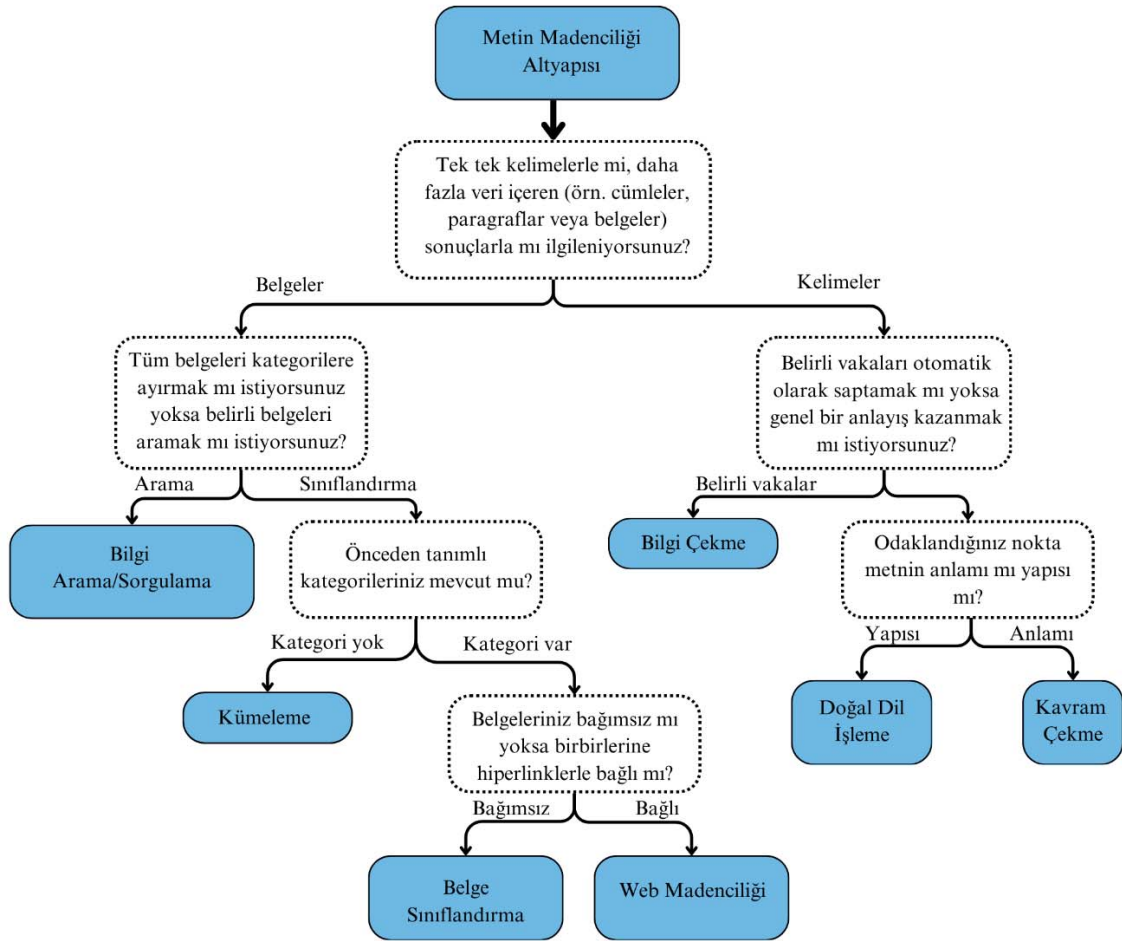
Ayrıca, bilimsel araştırmalarda giderek yaygınlaşan VOSviewer yazılımı, özellikle bibliyometrik analizler ve ağ görselleştirmeleri için kullanılan önemli bir araçtır. VOSviewer, dergi, araştırmacı veya yayınlar arasında alıntı, bibliyografik eşleştirme, ortak alıntı ya da ortak yazarlık gibi ilişkileri analiz ederek bilimsel ağlar oluşturur ve bu ağların görsel temsillerini sunar. Ayrıca, yazılımın metin madenciliği özelliği, bilimsel literatürden çıkarılan önemli terimlerin ağlarını oluşturmayı ve bu terimlerin birbirleriyle olan ilişkilerini görselleştirmeyi mümkün kılar [42]. Bu özellikler, bilimsel iş birliklerinin daha derinlemesine anlaşılmasını ve farklı alanlar arasındaki ilişkilerin daha açık bir şekilde analiz edilmesini sağlar. Örneğin, bilim insanlarının ortak yazarlık ağlarını incelemek veya belirli bir alandaki anahtar terimlerin birbirleriyle olan ilişkilerini analiz etmek için VOSviewer sıklıkla tercih edilmektedir.

2.4. Yapay Zekâ Destekli Metin Madenciliği (Artificial Intelligence-Assisted Text Mining)

2.4.1. Veri setinin ön işlenmesi (Preprocessing of the dataset)

Metin madenciliği ve analitiği, yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış verilerin analizini yapmak için kullanılan çeşitli teknolojileri kapsayan terimlerdir. Bu süreçlerin temelinde, "metni sayılara dönüştürme" ihtiyacı yatar. Metni yapılandırılmış, sayısal bir formata dönüştürmek, analitik algoritmalar uygulamak için gerekli tekniklerin bilinmesi önemlidir. Geleneksel yöntemlerle bilgilere dair ilişkileri detaylı incelemek, yeni bağlantılar keşfetmek ve bilgilerden yeni bilgiler üretmek oldukça zorlayıcı olabiliyorken, yapay zekâ desteği ile bu süreçler çok daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Yapay zekâ destekli metin madenciliği, bilgi erişim sistemlerinden arama motoru optimizasyonuna kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin, metin sınıflandırma teknikleri spam filtreleme, duygu analizi ve konu sınıflandırması gibi görevlerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca, metin özetleme ve bilgi çıkarma teknikleri, büyük veri setlerinden önemli bilgileri çekmek ve bu bilgileri daha yoğun bir formatta sunmak için de kullanılmaktadır.

Şekil 1'de birkaç soru yanıtlendiğinde uygun metin madenciliği çözümüne nasıl yönlendirebileceğini gösteren bir karar ağacı oluşturulmuştur. Bu karar ağacı dallara bölünür ve ağacın yaprak



Şekil 1. Metin madenciliğinde kaynaklar doğrultusunda uygulama alanını bulmaya yönelik bir karar ağacı
(A decision tree for identifying application areas in accordance with text mining resources) [43]

düğümüleri ilgili çözümü belirtir. Bir metin madenciliği çözümü genellikle, ham girdi belgelerinden başlayıp tamamen sayısallaştırılmış metne doğru ilerleyen, farklı işleme düzeylerindeki veriler arasındaki birden fazla geçişten oluşur [43]. Bu çalışma kapsamında, Şekil 1'deki sorulara yanıtlar verildiğinde "kümeleme" yaprak düğümüne ulaşılmıştır.

Metin madenciliğinde, yapılandırılmamış verilerin analizi için öncelikle metinlerin bir ön işleme (text preprocessing) tabi tutulması gerekmektedir. Bu süreç genellikle üç temel aşamadan oluşur. İlk aşamada, metin; boşluklar veya noktalama işaretleri kullanılarak parçalara ayrılmaktadır. İkinci aşamada, her bir kelime kök haline dönüştürülmek üzere dil bilgisi kuralları doğrultusunda köklerine ayrılır. Bağlaçlar, edatlar ve tanımlıklar gibi dil bilgisi yapılarına ait kelimelerin ortadan kaldırılması üçüncü aşamadır. Bunlara ek olarak, metinde konu ile ilişkisi olmayan kelimeler, yabancı kelimeler, noktalama işaretleri, kullanılmayan sayı verileri temizlenir. Son olarak kelimeler tamamen ham hale geldiklerinde kelimelerin sağdaki ve solundaki boşluklar silinir ve tercihe göre büyük/küçük harflere dönüştürülür [44]. Bu aşamalar tamamlandıktan sonra veri seti kategorizasyonu ve kümeleme işlemlerine başlanabilir.

2.4.2. Ön işlenmiş veri setinin kategorizasyonu (Categorization of the preprocessed dataset)

Metinlerin sınıflandırılmasında manuel yöntemler zaman alıcı ve öznel sonuçlar doğurabilirken, makine öğrenmesi algoritmalarının kullanımı bu süreci daha hızlı ve sistematik hale getirebilir. Makine öğrenmesi, veri analizi için üç temel yöntem sunar: denetimli (supervised), denetimsiz (unsupervised) ve yarı denetimli (semi-supervised) öğrenme.

1. Denetimli Öğrenme: Bu yöntem, etiketli veri setleri kullanılarak modelin eğitilmesiyle çalışır. Algoritma, mevcut verilerden öğrendiği bilgiyi kullanarak yeni, etiketsiz verileri tahmin edebilir.
2. Denetimsiz Öğrenme: Sınıflandırılmamış veriler üzerinde çalışan bu yöntem, verileri otomatik olarak gruplandırmak için kullanılır. Algoritmalar, veriler arasındaki temel ilişkileri veya özellikleri öğrenerek benzer özelliklere sahip verileri kümeler.
3. Yarı Denetimli Öğrenme: Az miktarda etiketli veri ile birlikte büyük miktarda etiketsiz veri kullanılarak yapılan bu öğrenme yöntemi, iki yöntemin avantajlarını birleştirir. Yarı denetimli öğrenme, genellikle etiketleme sürecinin pahalı veya zaman alıcı olduğu durumlarda tercih edilir [45].

Denetimli öğrenme algoritmalarının uygulanması, eğitim amaçlı olarak uzmanlar tarafından titizlikle düzenlenmiş ve etiketlenmiş geniş bir belge koleksiyonu gerektirir. İlgili metin belgelerinin nispeten yeni olduğu durumlarda, çok sayıda metin belgesi kümesinin manuel olarak düzenlenmesi ve etiketlenmesi son derece emek yoğun olabileceğinden, uzman bir sistemin kullanılması kaçınılmaz hale gelir. Ancak, yeni ortaya çıkan alanlarda, farklı sınıfların düzenlenmesi ve etiketlenmesi konusunda bilgi eksikliği olabilir. Bu nedenle eğitim aşamasında verilerin otomatik olarak kümelenebilmesi yönelik denetimsiz öğrenme yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bilgi mevcut olduğunda dahi, özellikle sınıflandırılan konu kişisel görüşlere bağlı olduğunda ve farklı yorumlara açık olduğunda sınıflandırma konusunda önemli ölçüde farklılıklar ortaya çıkar [46]. Böyle durumlarda denetimsiz öğrenme tekniklerinin uygulanması daha avantajlı olacaktır. Denetimsiz öğrenme, verilerdeki kalıpları tespit ederek öğrenme sürecini yürütür; burada etiketli veri bulunmadığı için bilgisayar, girdilerdeki benzerlikleri ve örüntüleri arar [47]. Denetimsiz öğrenme, veri kümeleri arasında pozitif veya negatif olabilecek bir ilişki arar. Başka bir deyişle, denetimsiz öğrenme, veri kümeleri arasındaki benzerlik veya farklılık kalıplarını keşfeder. Örnek veri kümesi olmadığından bu yöntem denetimsiz

öğrenme adı verilmektedir [48]. Denetimsiz öğrenme yöntemleri kümeleme, ilişkilendirme, anormallik tespiti ve otomatik kodlayıcı şeklinde sınıflandırılabilir. Öğeleri gruplar halinde sınıflandırma uygulaması kümeleme veya küme analizi olarak bilinir. Kümeleme; bölümlenmeli, hiyerarşik, örtüşen ve olasılığa dayanan olmak üzere çeşitli biçimlere ayrılabilir. Kümelemede veriler, her bir bilgi parçasının yalnızca bir kümeye ait olabileceği şekilde bölümlendirilir [49]. K-means (k-ortalama) algoritması, en yaygın kullanılan kümeleme yöntemlerinden biridir ve kullanım kolaylığı, hızı ve ölçeklenebilirliği nedeniyle tercih edilmektedir. Standart K-means algoritmasında küme numarası kullanıcı tarafından girilmesi gereken bir parametredir ve veri kümesinden rastgele küme merkezi seçiminde kullanılır [50]. Bu çalışmada kullanım kolaylığı, hızı, ölçeklenebilirliği yönüyle k-means algoritması kullanılmıştır.

Literatürde, metinlerin sadece sınıflandırılması [51, 52] veya hem sınıflandırılması hem de hiyerarşik olmayan bir yapıda görselleştirilmesi [53] üzerine çalışmalar bulunsun da, bilginin hiyerarşik olarak sınıflandırılması ve farklı görselleştirme yöntemleriyle hızlı ve pratik bir şekilde aktarımını sağlayan bir kombinasyonun mevcut olmadığı görülmüştür. Mevcut çalışma, hem bilgiyi sistematik bir biçimde sınıflandırarak hem de hiyerarşik olarak sunarak alana katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

3. Önerilen Metodoloji (Recommended Methodology)

Kullanıcının bilgiyi hiyerarşik bir görselleştirme aracılığıyla keşfetmesi amacıyla bir çevrim içi ansiklopedi kullanılarak yapılan bu çalışma, kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel olmak üzere dört bilgi katmanı özelinde dijital mimarlık bilgisinin temsiline odaklanmaktadır. Kullanıcının tek seferde yüksek seviyede bilgi ile yüklenmesi yerine, bilginin aşamalı olarak, belirli bir düzen çerçevesindeki bilgi katmanlarıyla aktarımı, kullanıcıların bilmediği veya az bilgiye sahip olduğu konularda daha iyi yönlendirilmelerini ve görsel olarak bilgiler arasındaki ilişkileri anlamalarını mümkün kılmaktadır. Çalışmanın amacı doğrultusunda araştırma metodolojisi öncelikle, CUMINCAD veritabanından veri çekme işlemini içermektedir. Araştırmanın metodolojisi, öncelikle CUMINCAD veritabanından veri çekme işlemini içermektedir. Bu veri tabanı, mimari tasarımda bilişim alanının bir alt disiplini olan dijital mimarlığa dair konferanslara ilişkin kapsamlı bir içerik sunmaktadır. Veriler, makalelerin başlıkları, anahtar kelimeleri, özetleri, yazarları, yayın yılları ve konferans adlarını içeren ".ris" uzantılı dosya olarak indirilmiştir. Kategorizasyon öncesi aşamada, makale başlıkları ve anahtar kelimeleri kullanılarak bir Excel dosyası oluşturulmuştur. Böylece, makalelerin başlıkları ve anahtar kelimeleri doğrultusunda benzerliklerine göre kümeleme yapılabilecek ana veri elde edilmiştir. Verilerin çekildiği tarihte (Ekim 2023) makale sayısı 9808'dir. Metin ön işleme sonrasında, makalelerin sayısı anahtar kelimeleriyle birlikte yaklaşık olarak 6000 makaleye düşürülmüştür. Veriler düzenlendikten ve nihai Excel dosyası oluşturulduktan sonra, verilere ilişkin olarak aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

1. Veri setinin ön işlenmesi (Şekil 4)
2. Ön işlenmiş veri setinin kategorizasyonu (Şekil 5)
3. Kategorize edilen verinin görselleştirilmesi (Şekil 6)

3.1. Veri setinin ön işlenmesi (Preprocessing of the dataset)

CUMINCAD platformundan .ris formatında indirilen meta verilerde indirgemeye gidilmiş ve makale başlıkları (Ham Veri-1), anahtar kelimeler (Ham Veri-2) ile makale özetleri (Ham Veri-3) temel alınmıştır (Şekil 4). Makale başlıkları, anahtar kelimeler ile makale özetleri içerisinde sınıflandırmada kullanılabilecek veriler, metin verileri olmaları ve konu başlıklarına göre kategorizasyon için ideal olmaları sebebiyle tercih edilmiştir. Bu indirgemenin amacı, makale

başlıkları ve anahtar kelimeleri kullanarak genel bir sınıflandırma yapmak; makale özetlerini ise kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi sınıflandırmasında bir araç olarak kullanmaktır. Ayrıca, bu verilerin CUMINCAD platformundan doğrudan indirilebilir olması, veri toplama sürecini kolaylaştırmaktadır. Sonraki aşamada veri seti, dijital mimarlık alanının bir alt alanı olan dijital fabrikasyon alanına ilişkin makalelerle sınırlandırılmıştır. Veri setinin ön işlenmesi aşamasında aşağıdaki işlemler Python programlama dili yardımıyla adım adım uygulanmıştır:

1. İngilizce olmayan kelimeler içeren hücrelerin bulunduğu satırların silinmesi
2. İngilizce olmayan kelimeler içeren başlıkların bulunduğu sütunların kaldırılması
3. Kelimelerin baş harflerinin büyük harflere dönüştürülmesi
4. Yazım hatalarının düzeltilmesi
5. Boş hücreleri olan satırların kaldırılması
6. Beş adetten fazla anahtar kelime içeren hücrelerin kaldırılması
7. İngilizce başlıklarda küçük harfle yazılması gereken bağlaç, edat ve tanımlıkların (of, on, and, to, a, in, for, by gibi) küçük harfe dönüştürülmesi (Şekil 2).

Bu sadeleştirmeler sayesinde, metinlerin analiz edilmesi ve doğru bir şekilde sınıflandırılması daha kolay hale gelmiş, ayrıca yüksek oranlarda doğru sınıflandırma başarısı elde edilebilmiştir. Aynı zamanda, metinleri oluşturan kelimelerin sayısallaştırılması ve frekanslarının belirlenmesi ile, bu sayısal olarak ifade edilebilen metinlere yönelik çeşitli veri analizleri gerçekleştirilebilir formata getirilmiştir [54]. Bu işlemler sonucunda da oluşan temiz veriler, kategorizasyona uygun, yapılandırılmış veri haline getirilmiştir.

3.2. Ön işlenmiş veri setinin kategorizasyonu (Categorization of the preprocessed dataset)

Denetimsiz öğrenme teknikleri, dijital mimarlık alanındaki geniş ölçekli veri kümelerinde örtük yapıların ve kalıpların keşfedilmesini sağlamaktadır. Makaleler, başlıklarının ve anahtar kelimelerinin benzerliklerine göre k-Means algoritması ile denetimsiz ve otomatik olarak gruplandırılabilir. Önceden tanımlanmış etiketlere gerek kalmadan yapılan bu otomatik sınıflandırma, çok sayıda makalenin etkili bir şekilde tasnif edilmesi açısından kullanışlıdır. Büyük miktarda (yaklaşık 6000 adet) makalenin manuel olarak düzenlenmesi ve etiketlenmesi emek yoğun ve zaman açısından maliyetli olacağından, bu işlem, özellikle de makaleleri otomatik olarak kümeler halinde gruplandırma ve önemli miktarda zaman ve iş gücü tasarrufu sağlayan k-Means kümeleme algoritması ile kolaylaştırılmıştır. Bu algoritma ile önceden tanımlanmış kategorilere

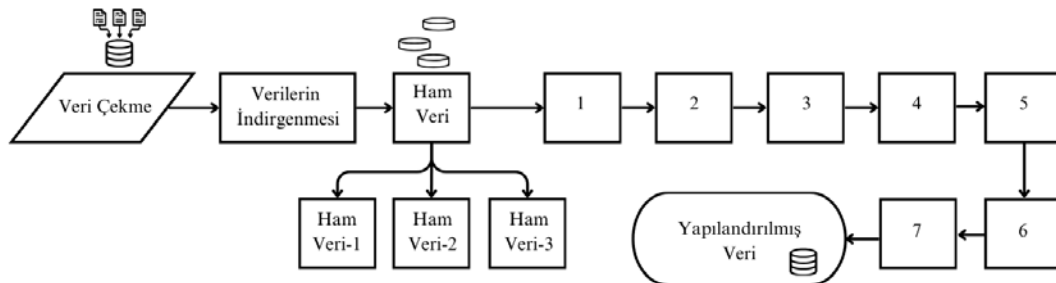
ihtiyaç duyulmaz. İçerik karmaşık veya öznel olsa da bu esneklik sayesinde makalelerin belirli bir sayı doğrultusunda kümelenebilirliği sağlanır. Öğrenciler/araştırmacılar, anahtar kelimeler ve başlıklar üzerinden k-Means kümeleme algoritması ile kümelendirilmiş verilerle dijital mimarlıktaki çeşitli araştırma alanlarını ve örüntüleri daha iyi kavrayabilirler. Bu yaklaşım, alanın daha kapsamlı olarak anlaşılmasına katkıda bulunur, araştırma eğilimlerini belirler ve gelecekteki araştırmalar için stratejik bilgi sağlar.

Buna ek olarak, çalışma kapsamında TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) istatistiksel ölçüsü kullanılmıştır. TF-IDF, metinlerdeki kelimelerin ağırlıklarını değerlendirerek veriyi sayısal bir forma dönüştürür. Bu yöntem, belirli terimlerin bir metin içindeki önem derecesini hesaplayarak hangi konuların daha belirgin olduğunu ve diğer metinlerden hangi yönleriyle farklılaştığını ortaya koyar. TF-IDF, terim sıklığı (TF) ve ters belge sıklığı (IDF) olmak üzere iki bileşeni birleştirerek metinler arası karşılaştırma yapma imkânı sunar ve terimlerin ayırt ediciliğini değerlendirmede önemli bir araç olarak kullanılır. Bunun için Doküman Sayısı / Terimin Geçtiği Doküman Sayısının logaritmasının mutlak değeri alınmaktadır [55] (Şekil 3).

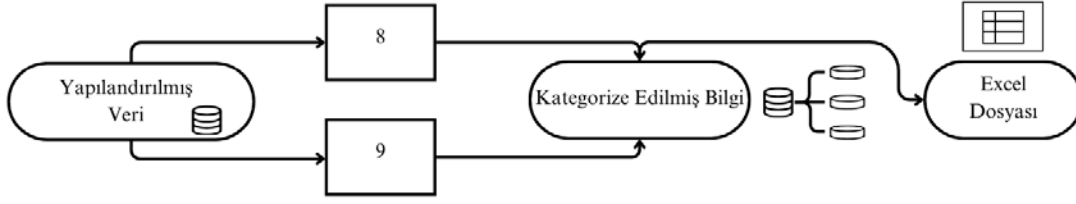
3.3. Kategorize edilen verinin görselleştirilmesi (Visualization of the categorized data)

Çalışmanın son aşamasında, d3.js (Data-Driven Documents) ile oluşturulan keşifsel bir veri görselleştirme modeli önerilmektedir. Bu model ile, “Yakınlaştırılabilir Güneş Patlaması (Zoomable Sunburst), Yakınlaştırılabilir İç İç Geçmiş Daire Kümeleri (Zoomable Circle Packing), Sekanslı Güneş Patlaması (Sequences Sunburst) (Birinci Grup Diyagramları); Akor Diyagramı (Hierarchical Edge Bundling), Radyal Ağaç (Radial Cluster Tree), Yaşam Ağacı (Tree of Life) (İkinci Grup Diyagramları)” gibi hiyerarşik yapıda olan diyagramlar kullanılarak bu ilişkiler görsel olarak temsil edilmektedir (Şekil 4). Söz konusu model, kullanıcılara sınıflandırılmış bilgiyi araştırmalarında yardımcı olmakta ve bu bilgilerin altında yatan alt ilişkileri analiz etmelerini sağlamaktadır. Birinci grup diyagramlar (Şekil 5), dairesel ve lekesel bir formatta bilgi sunarken, ikinci grup diyagramlar (Şekil 6) daha çok çizgisel ve radyal formatlarda bilgiyi temsil etmektedir. Bu şekilde, kullanıcılar farklı veri kümelerini ve kategorileri çeşitli temsillerden tercihlerine uygun bir görsel üzerinden keşfederek, bilgiye daha derinlemesine erişim sağlarlar.

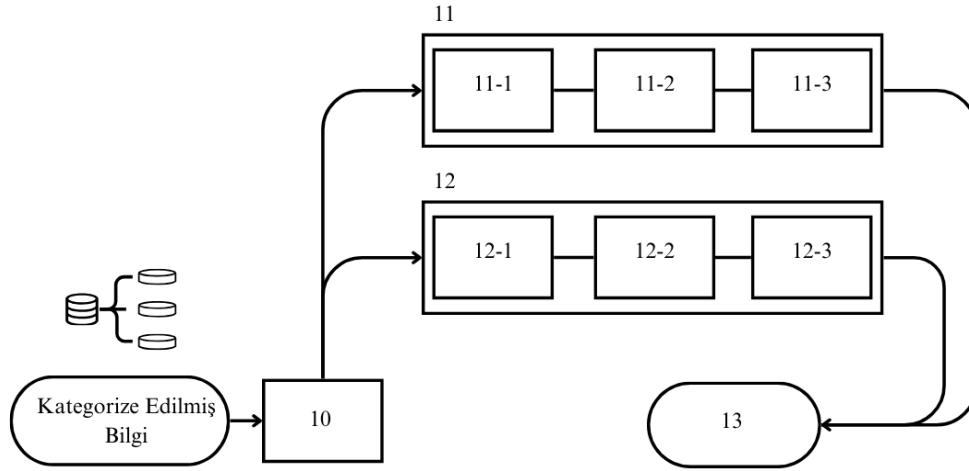
Çalışmada oluşturulan çevrim içi dijital mimarlık ansiklopedisi, estetik ve işlevsellik açısından dairesel formları ön plana çıkarmaktadır. Dairesel formun tercih edilmesinin birkaç temel nedeni bulunmaktadır.



Şekil 2. Dijital mimarlık bilgisine dair ham verinin CUMINCAD veri tabanından çekilmesi ve veri tabanından çekilen verilerin indirgenikten sonra ön işlemeden geçirilerek yapılandırılmış veri formatına dönüştürülmesine ilişkin şema
(A diagram related to extracting raw data on digital architecture knowledge from the CUMINCAD database, and after reducing and pre-processing the data, converting it into a structured data format)



Şekil 3. Yapılandırılmış verilerin TF-IDF vektörleştirme yöntemi (8) ve bir makine öğrenmesi algoritması olan k-Means kümeleme algoritması kullanılarak kategorize edilmesi (9) ve bunların Excel dosyasına dönüştürülmesine ilişkin şema
(A diagram related to categorizing the structured data using the TF-IDF vectorization method (8) and the k-Means clustering algorithm (a machine learning algorithm) (9), and converting them into an Excel file)



Şekil 4. Kategorize edilen bilginin görselleştirilerek (10) iki farklı gruptaki bilgi görselleştirme araçları olan birinci grup grafikler (11) ve ikinci grup grafikler (12) ile modelin (13) oluşturulmasına ilişkin şema
(A diagram related to visualizing the categorized information (10) and creating the model (13) using two different groups of data visualization tools: first group charts (11) and second group charts (12))

Öncelikle, dikkati merkezdeki ana bilgiye odaklarken, hiyerarşik yapıdaki kategoriler ve alt kategoriler arasında kolay bir geçiş sağlar. Bu, kullanıcıların bilgiye daha sezgisel bir şekilde ulaşmasını ve farklı bilgi katmanları arasında rahatça dolaşabilmesini mümkün kılar. Dairesel yapılar aynı zamanda akıcılığı ve yumuşak geçişleri simgeler, böylece bilgiye erişim süreci daha doğal ve hafızada kalıcı hale gelir. Dairenin merkezi, en önemli konuyu veya çekirdek bilgiyi temsil ederken, dıştaki halkalar alt konular ya da bu bilgiyle ilişkili diğer başlıkları sembolize eder. Bu görsel metafor, bilginin sürekli döngüsünü ve yenilenmesini de ifade eder; aynı zamanda ansiklopedinin çok katmanlı ve kapsamlı yapısını vurgular. Diyagram seçiminde kullanıcı özgürlüğü sağlanmış olup, hangi grafik türünün kullanılacağı tamamen kullanıcının tercihinin bırakılmıştır. Bu doğrultuda, diyagramların kullanıcılar açısından Tablo 2 ve Tablo 3'teki gibi avantaj ve dezavantajları incelenebilir.

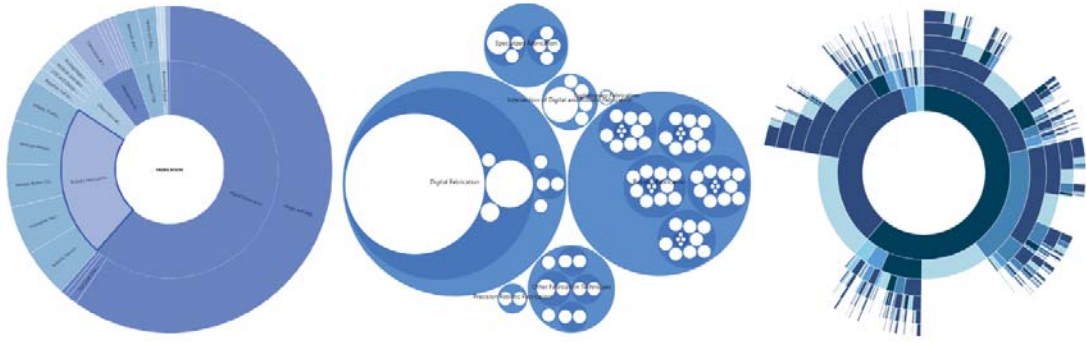
4. Dijital Mimarlık Bilgisinin Sınıflandırılması ve Görselleştirilmesine Yönelik Ansiklopedi Önerisi (Encyclopedia Proposal for Classification and Visualization of Dijital Architectural Knowledge)

Çalışmanın odak noktası dijital mimarlık alanındaki veri yükünü optimize etmek ve araştırma kapsamını daraltmak için "Fabrikasyon (Fabrication)" alt alanı ile sınırlandırılmıştır. Fabrikasyon alanı, dijital mimarlıkta sıkça tartışılan ve somut çıktılar üretilen bir alt alan olması nedeniyle sistemin görselleştirme ve sınıflandırma potansiyelini ortaya koymak için uygun bir zemin sunmuştur. Görsel temsil ve bilgi katmanlarının uygulanabilirliği, fabrikasyon süreçlerinde daha kolay

test edilebilir ve değerlendirilebilir bir yapı sağlamaktadır. Böylece, alanın belirli bir segmentine odaklanarak daha derinlemesine bir analiz yapılması sağlanmış ve sınırlandırılan konu sistemin işlevselliğini test etmek için uygun bir örnek teşkil etmiştir. Veri seti kapsamındaki makalelerin içerik analizi, fabrikasyonun bilgi organizasyonu açısından uygun bir alt alan olduğunu göstermiştir. Bu kapsamda, altı farklı diyagram biçimsel özelliklerine göre iki gruba ayrılmış ve kullanıcıya keşif sürecinde çeşitli görselleştirme seçenekleri sunulmuştur (Şekil 7).

Çalışmanın beta sürümü, uluslararası kullanım hedeflendiğinden İngilizce olarak hazırlanmıştır ve beta sürümüne şu adresten erişilebilir: <https://encyclopedia-of-digital-architecture.github.io/visual/>. Web sayfasında yer alan diyagramlar arasında, "yakınlaştırılabilir güneş patlaması" (zoomable sunburst) diyagramı tercih edildiğinde, Fabrikasyon (Fabrication) konusuna ilişkin alt kategorilere erişim sağlanmaktadır (Şekil 8). Bu alt kategoriler, CUMINCAD platformundan elde edilen makale başlıkları ve anahtar kelimeler kullanılarak, Python programlama dili aracılığıyla TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) vektörleştirici ve k-Means kümeleme algoritmasıyla oluşturulmuştur. Bu yöntem, Fabrikasyon altındaki makaleleri içeriksel benzerliklerine göre kategorize ederek daha ayrıntılı bir sınıflandırma sunar.

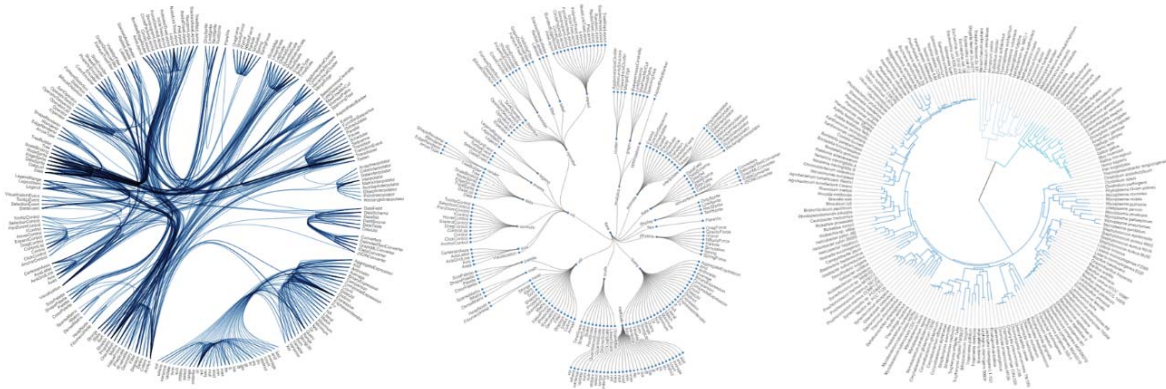
Görsel veri yoğunluğuna dayalı bu modelde, en fazla veri içeren alt kategori, grafiklerde en geniş alanı kaplayarak görsel olarak en dikkat çekici konu haline gelmektedir.



Şekil 5. 1. Grup: Yakınlaştırlabilir güneş patlaması, yakınlaştırlabilir iç içe geçmiş daire kümeleri ve sekanslı güneş patlaması diyagramları (1st Group: Zoomable sunburst, zoomable circle packing and sequences sunburst diagrams).

Tablo 2. Birinci grup grafiklerin açıklamaları, avantajları ve dezavantajları
(Descriptions, advantages and disadvantages of first group of diagrams).

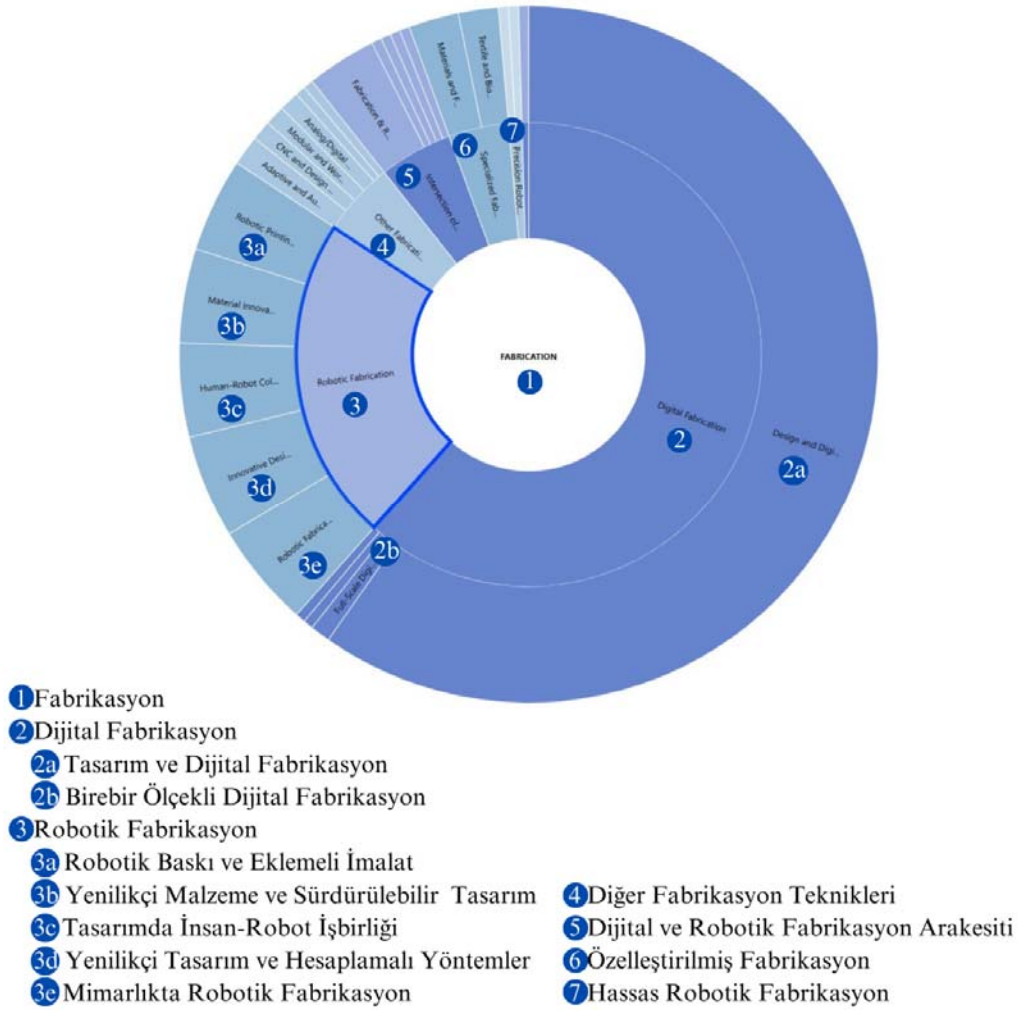
Grafik Türü	Açıklama	Avantajları	Dezavantajları
Yakınlaştırlabilir Güneş Patlaması (Zoomable Sunburst)	Radyal bir hiyerarşik gösterimdir. Merkezden dışa doğru aşamalı olarak açılır.	- Hiyerarşi yapısının yalnızca ilk iki katmanı aynı anda gösterilerek verilerin ilk aşamada karmaşık gözükmesi engellenir. -Veriler arası yaklaşım uzaklaştırma yapılmasıyla veriler arasındaki alt-üst ilişkilerinin anlaşılmasını sağlar. -Verilerin açılma gösterimi kompakt bir temsil imkânı sunar.	-Diyagramın içeriği arttıkça, çemberin içindeki verilerin okunabilirliğinin azalması riski dezavantajdır.
Yakınlaştırlabilir İç İçe Geçmiş Daire Kümeleri (Zoomable Circle Packing)	İç içe geçmiş kümelerin daire formunda, hiyerarşik olarak bir araya gelmesinden oluşur. Dairesel ağaç grafiği olarak da bilinir.	-Farklı bölge ve kümelere yakınlaştırlabilir animasyonlarla erişilebilmektedir. -Kullanıcıların belirli kümeleri ve ilişkili verileri hızlı bir şekilde değerlendirmelerine olanak tanınabilmektedir.	-Dikdörtgen forma kıyasla boşlukların fazla olması, alanın yeterince verimli kullanılmaması yönüyle eksiktir.
Sekanslı Güneş Patlaması (Sequences Sunburst)	Kartezyen eksenlerdeki doğrusal verinin polar eksene taşındığı ve açılar üzerinden tek seferde okumanın sağlandığı bir grafik türüdür.	-Bu grafikte, en fazla derinliğe sahip olan veri açıkça görülebilmektedir. -En alt katmandaki veriye hızlıca erişim sağlanabilir. -Verilerin açılma gösterimi kompakt bir temsil imkânı sunar.	-Karmaşık veri setlerinde okunabilirlik sorunu olabilir.

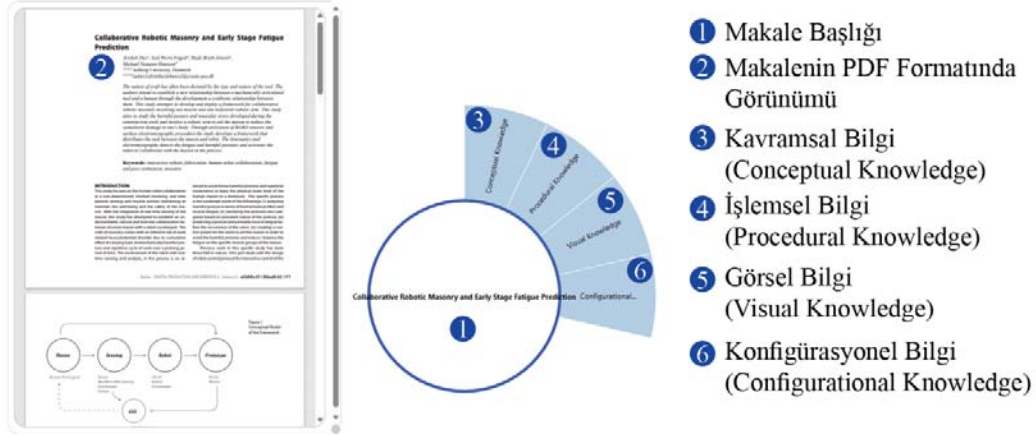


Şekil 6. 2. Grup: Akor, radyal ağaç ve yaşam ağacı diyagramları
(2nd Group: Hierarchical edge bundling, radial cluster tree and tree of life diagrams).

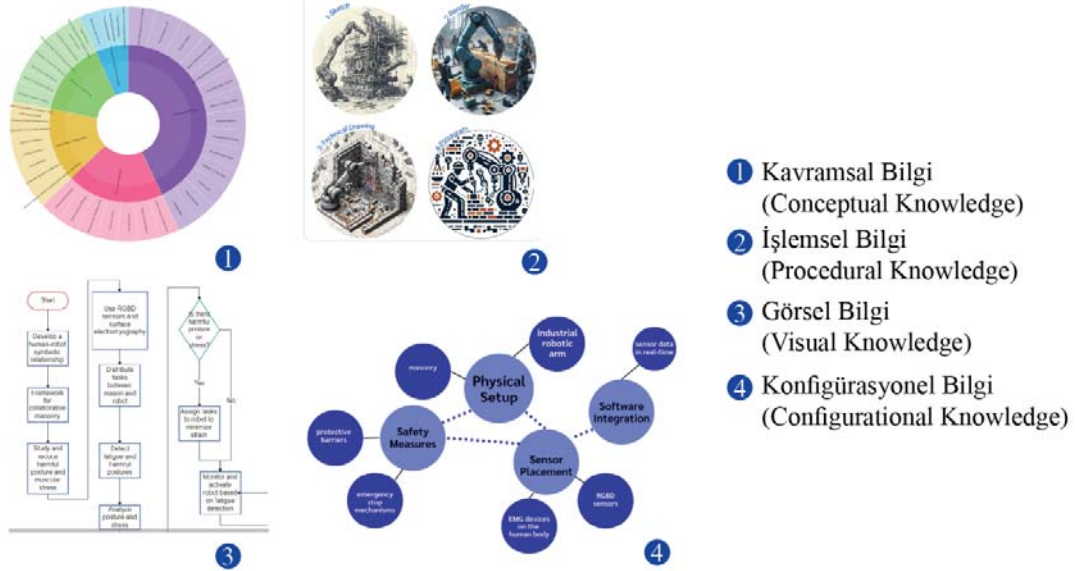
Tablo 3. İkinci grup grafiklerin açıklamaları, avantajları ve dezavantajları
(Descriptions, advantages and disadvantages of first group of graphs).

Grafik Türü	Açıklama	Avantajları	Dezavantajları
Akor Diyagramı (Hierarchical Edge Bundling)	Hiyerarşik olarak düzenlenmiş yapılar arasındaki bitişiklik ilişkilerini görselleştirmeye olanak tanır.	-Ebeveyn düğümler arasındaki doğrudan bitişik kenarlarına ek olarak, örtük olarak bitişik kenarlarını da görselleştirerek daha kapsamlı bir ağ analizi sağlar.	-Kenar demetleme işlemi sırasında, bazı detaylar veya ilişkiler görsel olarak kaybolabilir.
Radyal Ağaç (Radial Cluster Tree)	Eşit derinlikteki yaprak düğümlerden oluşan radyal bir ağaç diyagramıdır.	-Doğrusal ağaç diyagramlarına kıyasla kompakt yapısıyla tek seferde daha çok veriyi gösterir. - Verilerin polar koordinatlara yerleştirilmesi ve belirli bir merkeze odaklanması ile verileri daha etkili bir şekilde incelemeyi sağlar.	-Polar koordinatlarla görselleştirme yapmak, alanın etkin kullanımını zorlaştırabilir ve görsel sunumun verimliliğini azaltabilir. -İnteraktif özellikleri daha sınırlı olabilir, bu da kullanıcıların veriyi daha ayrıntılı bir şekilde inceleme imkanını kısıtlayabilir.
Yaşam Ağacı (Tree of Life)	Ağaçların dallarından esinlenerek oluşturulan bir filogenetik ağaçtır. Dairesel bir dendrograma benzetilebilir.	-Filogenetik ağaçlar, evrimsel ilişkileri ve süreçleri görsel olarak açıkça ifade eder, bu da karmaşık verileri daha anlaşılır hale getirir.	-Meta verilerin fazla miktarda olması, bu görselleştirmenin karmaşıklığını artırabilir ve kullanıcıların veriyi doğru bir şekilde yorumlamasını zorlaştırabilir.

**Şekil 7.** Yakınlaştırılabilir güneş patlaması diyagramı (Zoomable sunburst diagram in the web page)



Şekil 8. Robotik Fabrikasyon kategorisinin alt kategorileri (solda) ve ilgili makaleye tıklandığında makale ile makaleye ilişkin dört bilgi katmanının görüntülenmesi (sağda)
(Subcategories of the Robotic Fabrication category (left) and the article and four layers of knowledge related to the article displayed when clicking on the relevant article (right))



Şekil 9. Yakınlaştırılabilir güneş patlaması diyagramında "Collaborative Robotic Masonry and Early Stage Fatigue Prediction" makalesinin kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi katmanları
(Conceptual, procedural, visual and configurational knowledge layer of the article "Collaborative Robotic Masonry and Early Stage Fatigue Prediction" inside the zoomable sunburst diagram)

Bu sayede kullanıcı, en fazla odaklanılan alt kategoriye görsel olarak da yönlendirilir. Fabrikasyon (Fabrication) ana kategorisinden, örnek olarak Robotik Fabrikasyon (Robotic Fabrication) alt kategorisine, oradan da daha dar bir alt kategori olan İnsan-Robot İş Birliği (Human-Robot Collaboration) kategorisine adım adım ilerlemek mümkündür. Son aşamada, CUMINCAD veritabanından alınan, bu alt kategorilerle ilgili makalelere ulaşılır. Bu makalelerden biri, örneğin "Collaborative Robotic Masonry and Early Stage Fatigue Prediction" başlıklı çalışmayı seçtiğinde, sol tarafta makalenin tam metnine erişebilirken, sağ tarafta makaleden çıkarılan kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi katmanları incelenebilir (Şekil 9).

Bu çalışmada kullanılan kavramsal bilgi katmanı, zaman sınırlaması nedeniyle doğrudan kodlama yapılmadan, üretken bir yapay zekâ aracı olan ChatGPT ile makalenin özetinden seçilen anahtar

kavramların kategorize edilmesini ve aynı tür diyagramla hiyerarşik bir yapı içinde görselleştirilmesini içerir. Bu yaklaşım, seçilen diyagram türünün otomatik bir şekilde kavramlar arası ilişkileri ortaya koymasını sağlar. İşlemsel bilgi katmanında ise yapay zekâ destekli EdrawMax kullanılmış olup, makalenin metodolojisi adım adım akış şeması formatında görselleştirilmiştir. Bu sayede metodolojinin aşamaları görsel olarak takip edilebilir hale getirilmiştir. Görsel bilgi katmanında ise Microsoft Designer'dan faydalanılarak, yapay zekâ tarafından üretilen dört farklı türde görselleştirme kullanılmıştır: eskiz, render, teknik çizim ve piktogram. Bu katman, makalenin görsel anlatımını desteklemek amacıyla farklı görselleştirme biçimlerini içerir. Son olarak, konfigürasyonel bilgi katmanı, makalenin ana kavramları arasındaki ilişkileri bir ağ haritası aracılığıyla sunar. Bu katman, gelecekte düğüm eklenebilir hale getirilerek, kullanıcıların bu görselleştirme sürecine aktif katılım sağlamasına olanak tanıyacak şekilde genişletilecektir (Şekil 10).

5. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bu çalışmada kullanılan veri seti, Ocak 1954 ile Ekim 2023 arasında yayımlanan ve başlıkları, anahtar kelimeleri ile özet kısmı bulunan makalelerden oluşmaktadır. Örneklem, belirli bir zaman dilimine, spesifik bir veri tabanına ve yayın kaynaklarına odaklandığı için dijital mimarlık alanındaki tüm kaynakları kapsamamaktadır. Veri setinde yalnızca CUMINCAD veri tabanından yararlanılmıştır ve bu kapsamda indirgemeler yapılmıştır. SCOPUS ve WOS gibi diğer veri tabanlarından elde edilebilecek makalelerin yüksek boyutu, çalışmanın veri ön işleme kısmına daha fazla zaman harcama zorunluluğu doğuracağından, sadece CUMINCAD veri tabanındaki veriler kullanılmıştır. Bu veriler, çalışmanın test edilmesinde yeterli bir nicelik sağlamaktadır. Ayrıca, sistemin yalnızca Fabrikasyon alt alanı üzerinden sınanması, genel bir çözümlemeden ziyade bir pilot çalışma niteliği taşımaktadır. Ancak, gelecekteki araştırmalarda veri setinin genişletilmesi ve daha kapsamlı analizler yapılabilmesi amacıyla diğer veri tabanlarından da faydalanılması ve diğer alt alanlarda da uygulanabilirliğinin test edilerek daha bütüncül bir yaklaşıma ulaşılması hedeflenmektedir.

Çalışmanın sonuçları, bir web sayfasında yayımlanmış olsa da, erişilebilirlik ve kullanılabilirlik açısından bazı kısıtlamalar söz konusudur. Profesyonel düzeyde bir web sayfasının kullanılabilirlik testleri genellikle lisans, abonelik maliyetleri veya göz takip yazılımı ve donanımlarını gerektirmektedir. Gelecek aşamalarda kullanıcı deneyimi testleri gerçekleştirilerek kullanıcı memnuniyetini artırmak hedeflenmektedir. Bu süreçte, kullanıcıların web sayfasını nasıl kullandıkları, karşılaştıkları zorluklar ve genel memnuniyet seviyeleri değerlendirilecektir. Elde edilen veriler, sayfanın işlevselliğini ve erişilebilirliğini artırmaya yönelik iyileştirmelerin belirlenmesinde kullanılacaktır. Ayrıca, kullanıcı geri bildirimleri ışığında tasarım ve içerik açısından optimizasyonlar yapılması planlanmaktadır. Böylece, çevrimiçi ansiklopedinin kullanıcı dostu bir platform haline gelmesi sağlanacaktır.

Çalışmanın bu aşamasında, kullanıcı dostu bir deneyim sunmak amacıyla web sayfası, basit ve hızlı bir navigasyon sağlamak üzere tek sayfa formatında tasarlanmıştır. Mevcut durumda web sayfası beta sürüm aşamasındadır; söz konusu sistem yarı otomatik olmakla birlikte, zamanla manuel özellikler otomatikleştirilerek sistemin mümkün olan en üst seviyede otomatize edilmiş haline getirilmesiyle daha gelişmiş ve kapsayıcı bir web sayfasının oluşturulması hedeflenmektedir.

6. Sonuçlar (Conclusions)

Bu araştırma, TF-IDF vektörleştirme gibi metin madenciliği yöntemi ile bir gözetimsiz öğrenme algoritması olan k-means kümeleme algoritmasını entegre ederek, kavramsal, işlemsel, görsel ve konfigürasyonel bilgi katmanlarıyla dijital mimarlık alanında bilimsel bilginin düzenlenmesi, yeniden yapılandırılması, sentezlenmesi ve haritalandırılmasında yenilikçi bir yöntem sunmaktadır. Bu noktada, CUMINCAD veri tabanı, dijital mimarlık alanında önemli bir kaynak olmasının yanı sıra, makale meta verilerine kolay erişim sağlayan bir sistem olmasıyla da araştırmanın ilerleyişini hızlandırmıştır.

Çalışma, dijital beşerî bilimler ve mimarlık gibi iki farklı disiplinin birleşimini içerir. Bu disiplinler arası yaklaşım, dijital mimarlık eğitimi dönüştürme potansiyeline sahiptir. Üretilen web sayfası, dijital mimarlık alanının genişleyen yapısını keşfetme ve anlama imkânı sunan dinamik bir platformdur. Böylece, daha derinlemesine analizler ve görsel temsiller aracılığıyla geleneksel bilgi aktarım yöntemlerinin ötesine geçilerek bilginin iletimi sağlanır. Önerilen hiyerarşik yapı, hiyerarşik bilgi katmanları aracılığıyla düzenlenen yapılandırılmış bir format aracılığıyla araştırmacılara rehberlik eden

ve bilgi katmanları arasında sistematik gezinmeyi kolaylaştıran bir çerçeve sunmuştur.

Veri görselleştirmesi, bilgi edinme süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Kullanıcıların hedefleri ve aradıkları bilgi türü doğrultusunda, bir makalenin tamamını okumak yerine, özet niteliğinde ve anlık bilgi sunma potansiyeline sahip olan görselleştirilmiş veriler, erişilebilirlik ve anlaşılabilirlik açısından avantajlar sağlamaktadır. Bu durum, özellikle karmaşık bilgi bağlantılarını açıklama ve bilgiler arasındaki ilişkileri zihinde canlandırma ve çağrıştırmada etkilidir. Diyagramlar gibi görsel yardımcıları, okuyucuların bilgiyi daha hızlı edinmelerine ve eğilimleri ya da örüntüleri hızla kavramalarına yardımcı olur. Bu yöntem, okuyucuların karmaşık bilgileri hızla anlamalarına ve gerektiğinde ayrıntılara inmeden, özellikle de zaman kısıtlamasının olduğu durumlarda, temel bilgileri edinmelerine olanak tanır. Diğer taraftan, makale metninin tamamını okumak konuya ilişkin daha derin ve karmaşık bir anlayış sağlar. Bağlam, arka plan bilgisi, metodolojik ayrıntılar ve nüanslı yorumların tümü metnin içeriğine hakim olunarak sağlanır ve kapsamlı bilgiler yalnızca görsel temsillerle yeterli bir şekilde iletilmeyebilir. Kapsamlı bir bilgiye sahip olmak, eleştirel bir analiz yapmak ve araştırmayı daha detaylı değerlendirmek için makalenin tamamını okumak gereklidir. Ancak, bu çalışmada odak noktası, dijital mimarlık alanındaki bilimsel literatürde gezinebilmek için etkili araçlar sunmak ve alandaki araştırmalar için keşif yolu geliştirmektir. Temel olarak, tüm makaleyi okumak yerine veri görselleştirmesine odaklanma kararı, özellikle zaman sınırlamasına ve çalışmanın kuramsal kısmında değinilen bilişsel ekonomiye dayanır. Mümkün olabildiği durumlarda, iki yöntemi birleştirmek, dengeli bir bilgi sindirimi sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında d3.js platformunda üretilen diyagramlar genel olarak değerlendirildiğinde, sundukları görsel anlatım çeşitliliği ile kullanıcının tercihi doğrultusunda dijital mimarlık alanına ilişkin bilimsel bilgilere dair farklı ve kapsamlı bakış açılarına erişim sağlanmasına yardımcı olur. Bu diyagramlarda bilimsel bilgiler aşamalı bir şekilde soyutlanarak daha anlaşılır bir hal almıştır. Her bir diyagram türünün belirli bir görsel estetiği, avantaj ve dezavantajları olduğundan kullanıcı kendisine daha çok hitap eden gösterim üzerinden bilginin detaylarını deneyimleyebilecektir. Kullanıcılar dinamik görsellerle dijital mimarlık alanındaki bilimsel veri tabanından alınan veri setleri ile etkileşime girebilecek, yakınlaşıp uzaklaşabilecek ve belirli verilere odaklanabilecektir.

Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, dijital mimarlık alanında daha kapsamlı veri setleri, gelişmiş yapay zekâ ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak dijital mimarlık bilgisinin haritalandırılması süreci daha ileri bir seviyeye taşınabilir. Örneğin; yapay zekâ algoritmaları kullanılarak, ansiklopedinin içeriği kullanıcıların ilgi alanlarına göre kişiselleştirilebilir. Bu kişiselleştirme, kullanıcı deneyimini geliştirerek, öğrenme sürecini daha verimli hale getirebilir. Makalelerin veri olarak temel alınarak oluşturulduğu üretken yapay zekâ sohbet botları dahil edilerek metinsel çıktılar da analiz edilmesi sağlanabilir. İlerleyen aşamalarda, çalışmanın alanı sanal ve/veya artırılmış gerçeklik teknolojileriyle genişletilebilir. Böyle bir entegrasyon, kullanıcıların dijital mimarlık kavramlarını deneyimleyerek öğrenmelerini sağlayabilir. Oyunlaştırma elementlerinin dahil edilmesi ise kullanıcıların öğrenme süreçlerini daha etkileşimli ve eğlenceli hale getirebilir.

Dijital mimarlık kavramlarının öğrenilmesinde kullanılacak çevrim içi ansiklopedi kullanıcıların karmaşık bilgi bağlantılarını daha kolay anlayabilmelerini sağlayabilecek olup, bu yöntem mimarlık eğitimine de entegre edilebilir. Geleneksel bilgi edinme yöntemlerinin aksine, yenilikçi bilgi görselleştirme araçları sayesinde, sürekli gelişen dijital mimarlık kavramlarının takibi ve anlaşılması kolaylaşacaktır.

Kaynaklar (References)

1. Castells, M., *The Information Age: Economy, Society, and Culture*, Wiley-Blackwell, West Sussex, 2010.
2. Negroponte, N., *Being Digital*, Knopf Doubleday Publishing Group, New York, 1995.
3. Gilster, P., *Digital Literacy*, John Wiley & Sons, Kanada, 1997.
4. Jong, T.d. ve Ferguson-Hessler, M.G.M., Types and Qualities of Knowledge, *Educational Psychologist*, 31 (2), 105-113, 1996.
5. McCormick, R., Conceptual and Procedural Knowledge, *International Journal of Technology and Design Education* 7, 141-159, 1997.
6. Hillier, B., *Space is the machine*, Syndicate of the University of Cambridge, London, 2007.
7. Martens, B. ve Turk, Z., CUMINCAD-Cumulative Index about publications in Computer Aided Architectural Design. 2016 [cited 2023 3 Temmuz]; Available from: <https://papers.cumincad.org/about.html>.
8. Tonta, Y., Bilgi Sınıflama, Bilgi Düzenleme ve Bilgi Erişim, Hacettepe Üniversitesi, Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü, Ankara, 2012.
9. Goldstein, E.B., *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience*, Thomson Wadsworth, 9780495103530, 2008.
10. Sweller, J.A., Paul, Kalyuga, Slava, *Cognitive Load Theory*, Springer, 978-1-4419-8126-4, New York, 2011.
11. Collins, A.M. ve Quillian, M.R., Retrieval Time from Semantic Memory, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 8, 240-247, 1969.
12. Amadiou, F., Gog, T.V., Paas, F., Tricot, A. ve Mariné, C., Effects of prior knowledge and concept-map structure on disorientation, cognitive load, and learning, *Learning and Instruction*, 19 (5), 376-386, 2009.
13. Reif, F., Instructional design, cognition, and technology: Applications to the teaching of scientific concepts, *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (4), 309-324, 1987.
14. Alexander, P.A. ve Judy, J.E., The Interaction of Domain-Specific and Strategic Knowledge in Academic Performance, *Review of Educational Research*, 58 (4), 375-404, 1988.
15. Kogut, B. ve Zander, U., Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology, *Organization Science*, 3 (3), 383-397, 1992.
16. Reif, F. ve Allen, S., Cognition for Interpreting Scientific Concepts: A Study of Acceleration, Cognition and Instruction, 9 (1), 1-44, 1992.
17. Jonassen, D.H., Beissner, K., Yacci, M., Implicit Methods for Conveying Structural Knowledge Through Frames and Slots, *Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying, and Acquiring Structural Knowledge*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1993.
18. Eppler, M.J. ve Burkhard, R.A., *Knowledge Visualization: Towards a New Discipline and its Fields of Application*, 2004.
19. Asheim, B.T. ve Coenen, L., Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters, *Research Policy*, 34, 1173-1190, 2005.
20. Blumberg, P., Maximizing Learning Through Course Alignment and Experience with Different Types of Knowledge, *Innov High Educ* (Springer), 34, 93-103, 2009.
21. Bradley, R. ve Swartz, N., *Possible Worlds: An Introduction to Logic and Its Philosophy*, Hackett Publishing Company, 0-915144-60-3, Great Britain, 1988.
22. Selvi, K., *Phenomenology: Creation and Construction of Knowledge, Phenomenology/Ontopoiesis Retrieving Geo-cosmic Horizons of Antiquity*, 110, Editör: At, T., Springer, Dordrecht, 2011.
23. Millar, A., *Knowing by Perceiving*, Oxford University Press, 978-0-19-875569-2, New York, 2019.
24. Russell, B., *Stanford Encyclopedia of Philosophy: A Priori Justification and Knowledge*, 2020 [cited 20.02.2024].
25. Verduyck, S. ve Kuiper, M., Intuitive representation of computable knowledge, 2020.
26. Lynch, N., *Symbolic Knowledge Structures and Intuitive Knowledge Structures*, 2022.
27. Zhao, S., Wang, J., Ji, J. ve Eko, A.V., Proximity or alienation? Can knowledge type influence the relationship between proximity and enterprise innovation performance?, *Technological Forecasting & Social Change* 202, 2024.
28. Anderson, J.R., *The Experimental Psychology Series*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1976.
29. Gümüş, F.Ö. ve Umay, A., Problem Çözümüne Kavramsal-İşlemsel Yaklaşım Ölçeğinin Geliştirilmesi, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18 (1), 375-391, 2017.
30. Cook, M.P., *Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles*, Wiley InterScience 90, 1073-1091, 2006.
31. Güleç, G., Mimarlıkta Temsil ve Tasarım Araçları Olarak Haritalar, *Grid Architecture, Planning and Design Journal*, 4 (1), 53-73, 2021.
32. Aral, E.A., *İlişkisel Bir Eylem Olarak Haritalama, İlişkisel Bir Eylem Olarak Haritalama*, Cilt dosya 42, Editör: Aral, E.A., TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 2019.
33. Acar, Y., Bilginin Haritalanması: Bilgi, İlişkilendirme ve Temsil, *İlişkisel Bir Eylem Olarak Haritalama*, Cilt dosya 42, Editör: Aral, E.A., TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 19-26, 2019.
34. Park, K. ve Daston, L., *The Cambridge History of Science: Volume 3, Early Modern Science*, Cambridge University Press, New York, 2006.
35. Barney, S.A., Lewis, W.J., Beach, J.A. ve Berghof, O., *The Etymologies of Isidore of Seville*, Cambridge University Press, New York, 2006.
36. Avşar, Z., Kaya, E.E. ve Omur, S., Toplumsal ve Siyasal Bir Proje: Ansiklopedi ve Ansiklopedizm, *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, 22, 219-236, 2014.
37. Burke, P., *Bilginin Toplumsal Tarihi, Tarih Vakfı Yurt Yayınları*, İstanbul, 2001.
38. Vikipedi. 2022 [cited 10.12.2022; Available from: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Vikipedi>].
39. Svensson, P., *The Landscape of Digital Humanities*, DHQ: Digital Humanities Quarterly, 4 (1), 2010.
40. Öztemiz, S. ve Özel, N., *Dijital İnsani Bilimler Araçları Üzerine Bir Değerlendirme*, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 60 (1), 390-414, 2020.
41. Visuwords. Online Graphical Dictionary, 2023 [cited 01.09.2023; Available from: <https://visuwords.com/knowledge>].
42. VOSviewer. Visualizing Scientific Landscapes, 2023 [cited 01.09.2023; Available from: <https://www.vosviewer.com>].
43. Miner, G., Elder, J., Hill, T., Delen, D., Fast, A. ve Nisbet, R.A., *Practical Text Mining and Statistical Analysis for Non-structured Text Data Applications*, Elsevier, Oxford, 2012.
44. Jo, T., *Text Indexing, Text Mining: Concepts, Implementation, and Big Data Challenge*, Springer International Publishing, Cham, 19-40, 2019.
45. Berry, M.W., Mohamed, A. ve Yap, B.W., *Supervised and Unsupervised Learning for Data Science*, Springer Nature, Switzerland, 2020.
46. Shafabady, N., Lee, L.H., Rajkumar, R., Kallimani, V.P., Akram, N.A. ve Isa, D., Using unsupervised clustering approach to train the Support Vector Machine for text classification, *Neurocomputing*, 211, 4-10, 2016.
47. Bozyiğit, F., Doğan, O. ve Kılınç, D., Categorization of Customer Complaints in Food Industry Using Machine Learning Approaches, *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 5 (1), 85-91, 2022.
48. Mohammed, A. ve Kora, R., An effective ensemble deep learning framework for text classification, *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 34, 8825-8837, 2022.
49. Naeem, S., Ali, A., Anam, S. ve Ahmed, M.M., An Unsupervised Machine Learning Algorithms: Comprehensive Review, *International Journal of Computing and Digital Systems*, 1, 911-921, 2023.
50. Ikotun, A.M., Ezugwu, A.E., Abualigah, L., Abuhaija, B. ve Heming, J., K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data, *Information Sciences*, 622, 178-210, 2023.
51. Probiez, B., Kozak, J. ve Hrabia, A., Clustering of scientific articles using natural language processing, *Procedia Computer Science*, 207, 3443-3452, 2022.
52. Koçak S., İç Y.T., Sert M., Dengiz B., Ar-Ge projelerinin sınıflandırılması için doğal Türkçe dil işleme tabanlı yöntem, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38 (3), 1375-1387, 2023.
53. Probiez, B. ve Kozak, J., Knowledge graphs to an analysis and visualization of texts from scientific articles, *Procedia Computer Science*, 225, 4324-4333, 2023.

54. Kahraman S.Y., Durmuşoğlu A., Dereli T., Ön eğitimli Bert modeli ile patent sınıflandırılması, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 39 (4), 2485-2496, 2024.
55. Grootendorst, M., BERTopic: Neural topic modeling with a class-based TF-IDF procedure, ArXiv, abs/2203.05794, 2022.