T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

FEN EĞİTİMİ ARAŞTIRMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ İÇİN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİYLE BİR YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI: BiBLoX ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Kadir KESGİN
ORCID: 0000-0001-5973-8622

BURSA- 2025

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

FEN EĞİTİMİ ARAŞTIRMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ İÇİN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİYLE BİR YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI: BiBLoX ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Kadir KESGİN
ORCID: 0000-0001-5973-8622

DANIŞMAN
DOÇ. DR. DİLEK ZEREN ÖZER

BURSA- 2025

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.

Kadir KESGİN

07.04.2025

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK ONAYI

"Fen Eğitimi Araştırmalarının Bibliyometrik Analizi için Veri Madenciliği Yöntemleriyle Bir Yazılım Geliştirilmesi ve Uygulanması: BiBLoX Örneği" adlı doktora tezi Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan	Danışman
Kadir KESGİN	Doç. Dr. Dilek ZEREN ÖZER

Matematik ve Fen eğitimi Ana Bilim Dalı Başkanı
Prof. Dr. Rıdvan EZENTAŞ

JÜRİ ONAY SAYFASI

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda 812151003 numara ile kayıtlı Kadir Kesgin'in hazırladığı "Fen Eğitimi Araştırmalarının Bibliyometrik Analizi için Veri Madenciliği Yöntemleriyle Bir Yazılım Geliştirilmesi ve Uygulanması: BiBLoX Örneği" konulu Doktora çalışması ile ilgili tez savunma sınavı, 03/03/2025 günü 10:30-12:00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin başarılı olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Sınav Komisyonu Başkanı
Doç Dr. Ufuk ÇELİK
Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
WoS ResearcherID: N-7984-2014
Scopus Author ID: 56652039300
ORCID: 0000-0003-3063-6272

Üye (Danışman)
Doç. Dr. Dilek ZEREN ÖZER
Bursa Uludağ Üniversitesi
WoS ResearcherID: C-3269-2012
Scopus Author ID: 56584644000
ORCID: 0000-0003-4869-0015

Üye
Prof. Dr. Nimet Remziye ERGÜL
Bursa Uludağ Üniversitesi
WoS ResearcherID: AAG-8577-2021
Scopus Author ID: 55496425800
ORCID: 0000-0001-9901-6798

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Sema Nur GÜNGÖR
Bursa Uludağ Üniversitesi
WoS ResearcherID: JCN-7948-2023
Scopus Author ID: 56583841300
ORCID: 0000-0001-5755-4280

Prof. Dr. Yılmaz KARA
Bartın Üniversitesi
WoS ResearcherID: IDA-9509-2010
Scopus Author ID: 58327978200
ORCID: 0000-0001-6897-3245

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bana destek olan birçok kişiye teşekkür etmek istiyorum. Öncelikle, danışmanım Doç. Dr. Dilek ZEREN ÖZER'e, bilgi birikimi, sabrı ve rehberliği için en içten teşekkürlerimi sunarım. Onun yönlendirmeleri ve değerli önerileri olmasaydı, bu çalışmayı tamamlamak mümkün olmazdı.

Ailem ve yakın çevrem, bu sürecin her aşamasında yanımda oldular. Özellikle eşim Nilüfer KESGİN ve çocuklarım Nil ve Masal, sabırları, sevgileri ve desteği için minnettarım. Onların varlığı, bu zorlu akademik yolculuğu daha katlanılabilir ve anlamlı kıldı. Eşim, beni her zaman motive eden, destekleyen ve anlayış gösteren en büyük gücüm oldu. Çocuklarım ise neşeleri ve enerjileriyle her günümü aydınlattılar.

Bu tezin, fen eğitimi alanında yapılacak gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturmasını ve sürdürülebilirlik bilincinin eğitim süreçlerine entegrasyonunun önemini vurgulamasını umut ediyorum. Umarım bu tez, eğitim politikalarının şekillendirilmesinde ve fen eğitimi uygulamalarının geliştirilmesinde faydalı bir kaynak olur.

Son olarak, bu tezin tamamlanmasında emeği geçen herkese teşekkür eder, çalışmalarınızın devamında başarılar dilerim.

Kadir KESGİN

ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı	Kadir KESGİN
Üniversite	Bursa Uludağ Üniversitesi
Enstitü	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Ana Bilim Dalı	Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi
Bilim Dalı	Fen eğitimi
Tezin Niteliği	Doktora Tezi
Sayfa Sayısı	XI + 121
Mezuniyet Tarihi	…/…/20..
Tez Danışmanı	Doç. Dr. Dilek ZEREN ÖZER

FEN EĞİTİMİ ARAŞTIRMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ İÇİN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİYLE BİR YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULANMASI: BİBLOX ÖRNEĞİ

Bu çalışmada, fen eğitimi araştırmalarının bibliyometrik analizi amacıyla veri madenciliği yöntemleri kullanılarak BiBLoX adlı bir yazılım geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Araştırmada, *fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temaları temel alınarak bu konular ile ilgili yapılan araştırmalar incelenmiş, akademik iş birlikleri, atıf yoğunlukları ve yayın trendleri analiz edilmiştir. PRISMA metodolojisi benimsenerek Web of Science, Scopus ve TRDizin veri tabanlarından elde edilen geniş ölçekli veriler filtrelenmiş ve analiz edilmiştir. BiBLoX, otomatik veri çekme, bibliyometrik analiz yapma ve makine öğrenmesi ile eğilim tahminleri oluşturma yeteneklerine sahip olup, literatür tarama süreçlerini hızlandırarak araştırmacılara kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. Geleneksel analiz araçlarından farklı olarak fen eğitimi literatürünü sistematik, görselleştirilmiş ve dinamik bir şekilde değerlendirme imkânı sağlamaktadır. Bulgular, fen eğitiminde sürdürülebilirlik temalı çalışmaların artan önemini ortaya koyarken, yapılan tahminler fen eğitimi araştırmalarının gelecekteki yönelimlerine dair öngörüler sunmaktadır. Çalışma, bibliyometrik analiz, veri madenciliği ve makine öğrenmesini bir araya getirerek fen eğitimi literatürüne metodolojik bir katkı sağlamakta ve BiBLoX'un akademik camiaya sunduğu yenilikçi olanakları vurgulamaktadır Yazılımın sunduğu ileri düzey veri görselleştirme özellikleri, bilimsel iş birliklerini, yayın eğilimlerini ve akademik ağları daha net bir biçimde ortaya koymaktadır. Araştırmanın bulguları, fen eğitiminde sürdürülebilirlik çalışmalarının artan önemini ve akademik literatürde nasıl bir evrim geçirdiğini sayısal veriler ışığında ortaya koymaktadır. BiBLoX yazılımı aracılığıyla yapılan bu analizler, araştırmacılar için literatürdeki boşlukları belirleme, yeni çalışma alanlarını keşfetme ve fen eğitimi politikalarının bilimsel verilere dayalı olarak şekillendirilmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Fen Eğitimi, Bibliyometrik Analiz, Veri Madenciliği, Makine Öğrenmesi, Atıf Analizi, Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Name and Surname	Kadir KESGİN
University	Bursa Uludag University
Institution	Institute of Educational Sciences
Field	Mathematics and Science Education
Branch	Science Education
Degree Awarded	PhD
Page Number	XI + 121
Degree Date	…. / …. / 20..
Supervisor(s)	Assoc. Prof. Dr. Dilek ZEREN ÖZER

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A SOFTWARE USING DATA MINING METHODS FOR BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENCE EDUCATION RESEARCH: THE CASE OF BiBLoX

In this study, BiBLoX, a software developed and implemented using data mining methods for the bibliometric analysis of science education research, is introduced. The study examines bibliometric analysis and sustainability research in science education, analyzing academic collaborations, citation densities, and publication trends. The PRISMA methodology was adopted, and large-scale datasets obtained from Web of Science, Scopus, and TRDizin databases were filtered and analyzed. BiBLoX is an innovative tool equipped with automatic data retrieval, bibliometric analysis, and trend prediction using machine learning, accelerating literature review processes and providing researchers with a comprehensive perspective. Unlike traditional bibliometric analysis tools, it offers a systematic, visualized, and dynamic evaluation of science education literature. The findings highlight the increasing significance of sustainability-themed studies in science education and provide predictions regarding the future directions of research in this field. By integrating bibliometric analysis, data mining, and machine learning, this study makes a methodological contribution to the science education literature and emphasizes the innovative opportunities BiBLoX offers to the academic community. The software's advanced data visualization features reveal scientific collaborations, publication trends, and academic networks more clearly. The study's findings demonstrate the growing importance of sustainability studies in science education and their evolution within academic literature through quantitative data. The analyses conducted using BiBLoX assist researchers in identifying gaps in the literature, exploring new research areas, and shaping science education policies based on scientific data.

Keywords: Science Education, Bibliometric Analysis, Data Mining, Machine Learning, Citation Analysis, Sustainability

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... **i**
TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK ONAYI ..... **ii**
JÜRİ ONAY SAYFASI ..... **iii**
ÖN SÖZ ..... **iii**
ÖZET ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **x**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xi**

1. BÖLÜM
GİRİŞ

1.1. Problem Durumu 6
1.2. Araştırmanın Amacı 8
1.3. Araştırmanın Soruları 10
1.4. Araştırmanın Önemi 10
1.5. Varsayımlar 13
1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları 14
1.7. Tanımlar 15

2. BÖLÜM
KURAMSAL BİLGİLER VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Kuramsal Bilgiler 17
2.1.1. Bibliyometrik Analiz 17
2.1.2. Sürdürülebilirlik ve Fen Eğitimi 23
2.1.3. Veri Madenciliği ve Makine Öğrenmesi 25
2.1.4. Veri Görselleştirme Teknikleri 28
2.2. İlgili Araştırmalar 31
2.2.1. Bibliyometrik Analiz Üzerine Yapılan Araştırmalar 31
2.2.2. Veri Madenciliği ve Makine Öğrenmesi Üzerine Yapılan Araştırmalar 35
2.2.3. Fen eğitiminde Sürdürülebilirlik Üzerine Yapılan Araştırmalar 40

3. BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Deseni 44
3.2. Araştırma Süreci 45
3.2.1. Yazılım programı geliştirme 47
3.2.2. Araştırmanın Veri Toplama Süreci 57
3.2.3. Araştırma Verilerinin Bibliyometrik Analizleri 62
3.2.4. Araştırma Verilerinin Veri Madenciliği Teknikleri ile İşlenmesi ve Görselleştirilmesi 63
3.3. Geçerlik-Güvenirlik ve Etik İlkeler 67

4. BÖLÜM

BULGULAR VE YORUM

4.1. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Bibliyometri Üzerine Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analiz Bulguları 71
4.2. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik Üzerine Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analiz Bulguları 82
4.3. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Bibliyometri Üzerine Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması 92
4.4. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlikle İlgili Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması 93

5. BÖLÜM

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç ve Tartışma 95
5.1.1. Fen Eğitiminde Bibliyometrik Analiz Teması 96
5.1.2. Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik Teması 97
5.2. Öneriler 98
KAYNAKÇA 100
ÖZ GEÇMİŞ 117

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo *Sayfa*

1 BiBLoX'un diğer uygulamalardan farkı 58
2 Veri Toplama Sürecinde Kullanılan Araçlar ve Yöntemler 61
3 Fen Eğitiminde ülkelere göre bibliyometrik çalışmalar sayıları 73
4 Fen eğitiminde bibliyometrik çalışma atıf sayıları 76
5 En çok yayın yapılan ülkeler (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 84
6 En çok atıf alan 10 yayın (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 87

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil *Sayfa*

1 Fen bilgisi egitiminde bibliyometrik ve sürdürülebilirlik temalarıyla ilgili prisma model şeması 47
2 Yazılım programı geliştirme süreçleri 49
3 Geliştirilen Yazılım programının Giriş ekranı 50
4 Geliştirilen Yazılım programının Arama ekranı 51
5 Api ile veri çekme kod örneği 52
6 Mysql bağlantı örneği 53
7 Veri temizleme örneği 54
8 LR kod örneği 55
9 Plotly kod örneği 56
10 Veri Toplama Sürecinin 1. Adımı 59
11 Veri Toplama Sürecinin 2. Adımı 60
12 Veri Toplama Sürecinin 4. Adımı 61
13 En çok kullanılan terimler grafiği 64
14 Ortak yayın grafiği 65
15 Kelime bulutu 65
16 Yıllık atıf trendi grafiği 66
17 Gelecek yıl atıf tahmini örneği 67
18 *WOS Dönen Sorgu* 68
19 *BiBLoX Dönen Sorgu* 68
20 *Scopus Dönen Sorgu* 68
21 *BiBLoX'tan Dönen Sorgu* 69
22 *TRDizin'den Dönen Sorgu* 69
23 *BiBLoX'tan Dönen Sorgu* 70
24 *Yıllık yayın sayısı grafiği (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 2000-2024 arası* 71
25 *En çok yayın yapılan ülkeler (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)* 72
26 En çok yayın yapılan ülkeler bar grafiği (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 73
27 En çok atıf alan 10 yayın (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 74
28 Kelime Bulutu (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 77
29 En çok kullanılan terimler (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 78
30 Yayın yılı ile atıf sayısı arasındaki regresyon (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 79
31 Ortak Atıf Ağı (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 80
32 Gelecek yıl toplam atıf tahmini (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 81
33 Gelecek yıl toplam yayın tahmini (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 81
34 Yıllık yayın sayısı grafiği (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 2000-2024 arası 82
35 En çok yayın yapılan ülkeler bar grafiği (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 83
36 En çok yayın yapılan ülkeler harita grafiği (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 84
37 Kelime bulutu (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 85
38 En çok kullanılan terimler (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 86
39 En çok atıf alan 10 yayın (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 87
40 Yayın yılı ile atıf sayısı arasındaki ilişki (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 89
41 İş birliği ağı (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 90
42 Gelecek yıl toplam atıf tahmini (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 91
43 Gelecek yıl toplam yayın tahmini (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 92

KISALTMALAR LİSTESİ

MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
STEM	: Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik
TDK	: Türk Dil Kurumu
TRDizin	: Türkiye Makaleler Veri Tabanı
WoS	: Web of Science
ORCID	: Open Researcher and Contributor ID
Co-authorship	: Ortak Yazarlık
Lineer Regresyon	: İstatistiksel Yöntemle Değişken Modelleme
Anahtar Kelimeler	: Makale Konu ve Tema Belirleyicisi
Atıf Analizi	: Akademik Çalışmalara Verilen Referansların İncelenmesi
SVR	: Destek Vektör Regresyonu
DTR	: Karar Ağaçları ile Regresyon

1. BÖLÜM
GİRİŞ

Bilim ve teknoloji, 21. yüzyılda toplumların ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmasında stratejik bir rol üstlenmektedir. Bu hızlı gelişmeler, fen eğitiminin önemini daha da artırmış ve bireylere bilimsel düşünme becerilerinin kazandırılmasını temel bir hedef haline getirmiştir. Fen eğitimi, bireylerin bilimsel süreçleri anlamalarını sağlayarak, bu süreçlere aktif bir şekilde katılımlarını teşvik eden disiplinler arası bir eğitim alanıdır (Mok & Marginson, 2021; Osborne & Dillon, 2008a; States, 2013). Fen eğitiminin amacı, bireylerin bilimsel bilgiye erişim sağlayarak eleştirel düşünme, problem çözme ve analitik beceriler kazanmalarını desteklemektir (Alaca vd., 2020; Gökhan, 2023).

Fen eğitimi üzerine yapılan araştırmalar, yalnızca eğitim politikalarının şekillenmesinde değil, aynı zamanda öğretim yöntemlerinin yenilikçi bir şekilde uygulanmasında da giderek daha büyük bir öneme sahip olmaktadır(Mok & Marginson, 2021; Osborne & Dillon, 2008b). Fen eğitimi, öğrencilere bilimsel düşünme becerileri kazandırmak, eleştirel düşünme süreçlerini geliştirmek ve teknolojik yenilikleri anlamalarını sağlamak gibi temel eğitim hedeflerini desteklemektedir (Bybee, 2010; Gürsoy, 2021). Özellikle ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bu tür araştırmalar, ülkelerin bilimsel okuryazarlık düzeyini artırma çabalarının bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Danielsson vd., 2023; Fensham, 2004).

Son yıllarda, fen eğitiminde disiplinler arası yaklaşımların önemi giderek artmıştır. Özellikle STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) temelli eğitim, bu alanda merkezi bir rol üstlenmiştir. STEM eğitimi, öğrencilere bilimsel düşünceyi geliştirme, problem çözme yetkinliklerini güçlendirme ve teknolojik beceriler kazandırma imkânı sunarken, fen eğitimi alanındaki pedagojik uygulamaları da dönüştürmüştür (Honey vd., 2014; Kelley & Knowles, 2016; Roehrig vd., 2022). Bu tür disiplinler arası yaklaşımlar, öğrencilere gerçek dünya problemlerine odaklanan bir eğitim deneyimi sunarak fen eğitiminin bireysel, ulusal ve uluslararası düzeyde daha fazla önem kazanmasını sağlamaktadır (Breiner vd., 2012; Marginson & Tytler, 2013; Moore vd., 2021). Uluslararası iş birlikleri ve projeler, fen eğitimi stratejilerinin ülkeler arasında karşılaştırılmasına olanak tanımakta ve bu bağlamda küresel eğitim politikalarının geliştirilmesine katkılar sunmaktadır (Sadler vd., 2014; Schleicher, 2019).

Fen eğitimi alanındaki yayın sayısı ve çeşitliliğinin artışı, mevcut literatürü incelemeyi, eğilimleri anlamlandırmayı ve literatürdeki boşlukları belirlemeyi daha karmaşık hale getirmiştir (Farooq, 2024; Van Eck & Waltman, 2014; Zupic & Čater, 2015a). Bu karmaşıklık, araştırmacıları fen eğitimi alanındaki ana eğilimleri, araştırma boşluklarını ve keşfedilmemiş

alanları belirleyebilmek için daha kapsamlı analiz araçlarına yönlendirmiştir. Veri madenciliği ve bibliyometrik analiz gibi yöntemler, bu karmaşayı anlamlandırmak için güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır (Ali, 2022; Bornmann & Mutz, 2015; Moed, 2005). Özellikle bibliyometrik analiz, literatürde yer alan yayınlar arasındaki atıf ilişkilerini, anahtar kelime analizlerini ve yazar iş birliği ağlarını inceleyerek, literatür haritalarının oluşturulmasına olanak tanımaktadır (Börner vd., 2003; Korte vd., 2021; Small, 1973a; Zupic & Čater, 2015b). Güncel tekniklerle entegre edilen coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve görselleştirme yöntemleri, ülkeler arasındaki iş birliği ağlarını ve araştırma yoğunlukları haritalamada etkili bir rol oynamaktadır (Bu vd., 2020; Leydesdorff & Rafols, 2009; Pettersen vd., 2021; Waltman & Van Eck, 2012).

Veri madenciliği, büyük veri kümeleri üzerinde desen tanıma ve sınıflandırma işlemleri ile literatür analizinde derinlemesine bilgi edinmeyi sağlamaktadır (Fayyad vd., 1996a; J. Han vd., 2011; Shu & Ye, 2023). Özellikle metin madenciliği, akademik yayınların otomatik olarak sınıflandırılması ve araştırma eğilimlerinin belirlenmesinde önemli bir yöntem olarak kabul görmektedir (Aggarwal & Zhai, 2012; Hearst, 1999; Zong vd., 2021). Doğal dil işleme (NLP) algoritmaları, literatürdeki ana temaları ve eğilimleri tanımlamak için metinleri anlamlandırmada kullanılmaktadır (Cambria & White, 2014; Chowdhary & Chowdhary, 2020; Schutze, 2009). Bu yöntemler, araştırmacıların fen eğitimi literatürünü daha yapılandırılmış bir şekilde analiz etmelerine olanak tanımakta, böylece gelecekteki çalışmalara yönelik sağlam temeller oluşturmaktadır.

Bu analizler yalnızca fen eğitimi literatürünü daha anlaşılır kılmakla kalmamakta, aynı zamanda politika yapıcılar ve eğitim liderleri için stratejik kararlar almada önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Fen eğitimi araştırmalarının önemi giderek artmakta ve bu araştırmaların doğru bir şekilde değerlendirilmesi, bilimsel ilerlemenin ve eğitim reformlarının temel taşı olarak kabul edilmektedir (Schleicher, 2019). Veri madenciliği yöntemleri, bu geniş ve karmaşık veri setlerini analiz etmek için kritik bir araçtır (J. Han vd., 2022). Bibliyometrik analiz, bilimsel yayınların yapısını inceleyerek eğilimleri, araştırmacıların üretkenliğini ve yayınların etkisini ölçmede değerli bilgiler sunmaktadır (Yang vd., 2020; Zupic & Čater, 2015b).

Fen Eğitiminde bibliyometrik analiz, fen eğitimi araştırmalarının mevcut durumu ve tarihsel gelişim sürecini ele almak amacıyla belirlenmiştir. Bibliyometrik analiz, özellikle araştırmaların niteliksel ve niceliksel özelliklerini değerlendirmede önemli bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Bornmann & Haunschild, 2020; Donthu vd., 2021). Son yıllarda, bibliyometrik analizler, fen eğitimi alanındaki araştırmaların hangi temalar üzerinde yoğunlaştığını, hangi yazarların bu alanlarda iş birlikleri kurduğunu ve araştırmaların hangi

yıllarda öne çıktığını belirlemede daha sık kullanılmaktadır. 2020 sonrası yapılan çalışmalarda, Fen eğitiminde yapılan bibliyometrik çalışmalar ve sürdürülebilirlik konuları, analizlerin merkezinde yer almaktadır (Leong vd., 2025; Mishra vd., 2020; Eck & Waltman, 2020). Bibliyometrik analizlerle, fen eğitimi araştırmalarındaki temel eğilimler, en çok atıf alan çalışmalar ve önde gelen araştırmacılar gibi analizlerin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Donthu vd. (2021), bibliyometrik analizlerin, özellikle akademik alanların küresel eğilimlerini anlamada ve bilimsel iş birliklerini güçlendirmede etkili olduğunu vurgulamaktadır.

Fen eğitiminde sürdürülebilirlik, bu çalışmanın önemli odak noktalarından biridir. Sürdürülebilirlik kavramı, fen eğitimi içerisinde çevresel farkındalık, kaynakların etkin kullanımı ve uzun vadeli düşünme becerilerinin kazandırılması gibi konularla doğrudan ilişkilidir (Güneş & Yılmaz, 2019). Enerji verimliliği, iklim değişikliği veya su kaynaklarının korunması gibi konularda fen eğitimi müfredatına entegre edilen uygulamalar, öğrencilere güncel problemleri anlama, çözüm üretme ve geleceğe dönük stratejik düşünme becerileri kazandırmaktadır. Bu kapsamda, sürdürülebilirlik temalı fen eğitimi araştırmalarının bibliyometrik analizi, bu alandaki çalışmaların hangi alt alanlarda yoğunlaştığını, hangi eğilimlerin ön plana çıktığını ve gelecekte hangi yönlere doğru gelişebileceğini ortaya koyacaktır. Bu tür analizler, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* kavramının ders içi uygulamalarına nasıl entegre edilebileceği, hangi konuların daha fazla araştırılmaya ihtiyaç duyduğu ve hangi yöntemlerin etkili olduğuna dair ipuçları sunarak literatürdeki boşlukların doldurulmasına katkı sağlayabilir (Öztürk, 2022).

Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik, çağımızın çevresel sorunları ve bu sorunların eğitim politikalarına yansımaları ile ilgilidir. Birleşmiş Milletler Eğitim, UNESCO'nun 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri eğitimde sürdürülebilirlik kavramının önemini vurgularken, fen eğitiminin bu hedeflere ulaşmada önemli bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle 2020 sonrası yapılan çalışmalarda, sürdürülebilir eğitim politikalarının öğrencilerin çevresel farkındalıklarını geliştirdiği ve bu alandaki eğitim materyallerinin önemini artırdığı görülmektedir (Öztürk & Aydın, 2022). Fen eğitimi müfredatına sürdürülebilirlik konularının eklenmesi, öğrencilerde çevresel farkındalık ve sorumluluk bilinci geliştirmeyi amaçlamaktadır (Khurma vd., 2025). Bu çerçevede, sürdürülebilirlik eğitiminin fen eğitimi bağlamında ele alınması ve bu alanda yapılan akademik çalışmaların incelenmesi, eğitimin toplumsal etkileri açısından önem taşımaktadır. Fen eğitiminde sürdürülebilirlik konusundaki çalışmalarda, ekolojik okuryazarlık ve çevresel farkındalık gibi kavramlar sıklıkla ön plana çıkmaktadır (Mogensen & Schnack, 2010; Schönstein & Budke, 2024).

Bu çalışmada, fen eğitimi alanındaki ulusal ve uluslararası araştırmalar bibliyometrik analiz ve veri madenciliği yöntemleri kullanılarak sistematik bir şekilde incelenmiştir. Araştırmada, fen eğitiminde sürdürülebilirlik ve bibliyometrik çalışmaların mevcut durumu, atıf yoğunlukları, akademik iş birlikleri ve ulusal-uluslararası yayın trendleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında fen eğitimi literatüründeki eğilimleri belirlemek ve gelecekteki araştırma yönelimlerini tahmin etmek amacıyla makine öğrenmesi tabanlı modeller geliştirilmiştir. Fen eğitimi alanındaki akademik çalışmaların sayısındaki artış, literatürün sistematik olarak analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır. Fen eğitimi araştırmalarında hangi temaların öne çıktığını, akademik iş birliklerinin yapısını ve atıf ilişkilerini belirlemek için bibliyometrik analiz ve veri madenciliği yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Ancak mevcut analiz araçlarının (VOSviewer, Bibliometrix vb.) bazı sınırlılıkları, fen eğitimi alanına özgü çalışmalar için daha kapsamlı ve entegre bir analiz sisteminin ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Bu ihtiyaçtan hareketle geliştirilen BiBLoX yazılımı, fen eğitimi araştırmalarının bibliyometrik analizini yaparak akademik iş birliklerini, yayın trendlerini ve atıf yoğunluklarını belirleme konusunda yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. BiBLoX, Web of Science, Scopus ve TRDizin gibi akademik veri tabanlarından otomatik veri çekme, analiz yapma ve verileri görselleştirme yeteneklerine sahiptir. Geleneksel bibliyometrik analiz araçlarından farklı olarak, literatür tarama süreçlerini otomatikleştirerek çalışmalara daha sistematik bir bakış açısı kazandırmaktadır.

Bu çalışma, *fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalarına odaklanarak, literatürdeki ana eğilimleri belirleme ve bu alandaki akademik gelişimi izleme amacı taşımaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, fen eğitimiyle bütünleşerek çevresel farkındalığın artmasını ve bilimsel okuryazarlığın güçlenmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, BiBLoX aracılığıyla fen eğitimi alanında yapılan *bibliyometrik analizlerin ve sürdürülebilirlik* temalı çalışmaların mevcut durumu, akademik iş birlikleri ve geleceğe yönelik tahminler detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Literatürde yaygın olarak kullanılan VOSviewer ve Bibliometrix gibi yazılımlar, bibliyometrik analiz için çeşitli araçlar sunmakla birlikte, farklı veri kaynaklarını entegre etme, makine öğrenmesi destekli tahminler yapma ve kullanıcı dostu bir otomasyon sistemi sağlama konusunda sınırlılıklar içermektedir. Mevcut yazılımlar genellikle manuel veri işlemleri gerektirirken, BiBLoX bu süreçleri otomatikleştirerek araştırmacılara daha kapsamlı ve hızlı analiz yapma imkânı sunmaktadır. Çalışma kapsamında fen eğitimi literatüründeki eğilimleri belirlemek ve gelecekteki araştırma yönelimlerini tahmin etmek amacıyla makine öğrenmesi

tabanlı modeller geliştirilmiş, geleneksel bibliyometrik analiz yöntemlerinin eksiklikleri göz önünde bulundurularak daha kapsamlı bir analiz süreci oluşturulmuştur.

Bu süreçte PRISMA metodolojisi benimsenmiş, Web of Science, Scopus ve TRDizin veri tabanlarından elde edilen geniş kapsamlı veri setleri ön işleme ve filtreleme aşamalarından geçirilerek bibliyometrik analizlere tabi tutulmuştur. Bu çalışmanın en önemli katkılarından biri, literatür tarama ve analiz süreçlerini otomatikleştiren ve geniş kapsamlı veri setleriyle çalışan BiBLoX yazılımının geliştirilmiş olmasıdır.

Geliştirilen BiBLoX yazılımı, farklı veri tabanlarından bütünleşmiş veri çekme, bibliyometrik analiz yapma ve makine öğrenmesi ile trend tahminleri oluşturma yeteneğine sahip yenilikçi bir araç olarak tasarlanmıştır. Geleneksel bibliyometrik analiz araçlarından farklı olarak, kullanıcıların tek bir platform üzerinden fen eğitimi literatürünü analiz etmelerine olanak tanımakta ve dinamik veri görselleştirme özellikleriyle araştırmacılara kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Araştırmanın bulguları, fen eğitiminde sürdürülebilirlik çalışmalarının artan önemini ve bibliyometrik analizlerin fen eğitimi araştırmalarındaki yerini ortaya koymaktadır. BiBLoX yazılımı, bu iki ana konu üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen verileri sistematik olarak değerlendirmiş, fen eğitiminde sürdürülebilirlik ve bibliyometrik analizler alanındaki eğilimleri belirlemek üzere kapsamlı bir çerçeve sunmuştur. Ayrıca, yayın trendleri üzerine yapılan tahmin modelleri, fen eğitimi araştırmalarının gelecekte nasıl şekillenebileceğine dair önemli öngörüler sunmaktadır. Bu çalışma, bibliyometrik analiz, veri madenciliği ve makine öğrenmesini bir arada kullanarak fen eğitimi araştırmalarına yönelik kapsamlı bir metodoloji sunmakta ve literatüre önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, fen eğitimi alanındaki ulusal ve uluslararası akademik yayınları veri madenciliği ve bibliyometrik analiz yöntemleriyle kapsamlı biçimde değerlendirebilen “BiBLoX” adlı bir yazılım geliştirmek ve bu doğrultuda fen eğitiminde gerçekleştirilen bibliyometrik ile sürdürülebilirlik odaklı araştırmaları ayrıntılı şekilde incelemektir. Bu kapsamda; Web of Science, Scopus ve TRDizin gibi yaygın veri tabanlarındaki fen eğitimi çalışmalarının taranması, elde edilen veri setlerinin veri madenciliği ve bibliyometrik analiz yöntemleriyle analiz edilmesi ve *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temasının öne çıkan eğilimlerini tespit etmek hedeflenmektedir. Böylelikle fen eğitimi literatüründeki temel eğilimlerin, araştırma boşluklarının ve iş birliği ağlarının ortaya konması; alanın gelecekteki yönelimlerine dair yol gösterici veriler sunması amaçlanmaktadır.

1.1. Problem Durumu

Fen eğitimi, bireylere bilimsel bilgi ve beceriler kazandırmanın yanı sıra, onları bilimsel okuryazar bireyler olarak yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Bilimsel okuryazarlık, bireylerin bilimsel kavramları anlamalarını, bilimsel süreçlere katılmalarını ve bilimsel veriler üzerinde eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerini içeren çok boyutlu bir yetkinliktir (Moore vd., 2021). Fen eğitimi araştırmaları, bu hedeflere ulaşmak için yenilikçi öğretim yöntemleri, materyaller ve stratejiler geliştirilmesine odaklanmaktadır. Ancak, fen eğitimi üzerine yapılan çalışmaların sayısındaki artış ve çeşitliliğin giderek büyümesi, bu alandaki literatürün bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini ve analiz edilmesini giderek daha karmaşık bir hale getirmektedir. Geleneksel analiz yöntemleri, büyük ve karmaşık veri setlerini değerlendirmede yetersiz kalırken, veri madenciliği ve bibliyometrik analiz gibi yeni yöntemler, bu geniş kapsamlı veri setlerinden anlamlı bilgilerin çıkarılmasına olanak tanımaktadır (Giraldo vd., 2023).

Özellikle bibliyometrik analiz ve veri madenciliği teknikleri, fen eğitimi literatüründeki ana eğilimleri belirleme, atıf ilişkilerini inceleme ve bilimsel iş birliklerini haritalama açısından önemli araçlar olarak kullanılmaktadır (Bornmann & Haunschild, 2020; Donthu vd., 2021). Ancak, mevcut analiz araçları (VOSviewer, Bibliometrix vb.), belirli kısıtlamalar nedeniyle araştırmacıların ihtiyaç duyduğu detaylı ve kapsamlı analizleri gerçekleştirme konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu araçlar genellikle yalnızca statik analizler sunmakta, farklı veri kaynaklarını entegre edememekte, makine öğrenmesi tabanlı tahminlerde bulunamamakta ve veri görselleştirme açısından sınırlı imkanlar sunmaktadır. Örneğin, VOSviewer yalnızca mevcut veri kümeleri üzerinde çalışarak verileri görselleştirme imkânı sunarken, makine öğrenmesi tabanlı analizleri desteklememektedir. Bibliometrix ise analiz süreçlerinde daha fazla esneklik sağlasa da büyük ölçekli veri setleriyle çalışırken entegrasyon ve otomatikleştirme konusunda eksiklikler barındırmaktadır. Ayrıca, bu yazılımların çoğu manuel veri temizleme gerektirdiğinden, analiz süreçleri zaman alıcı ve hata payı yüksek olmaktadır. Bu bağlamda, fen eğitimi araştırmalarına yönelik daha bütünleşmiş, otomatikleştirilmiş ve dinamik analizler yapabilen bir sistemin geliştirilmesine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen BiBLoX, fen eğitimi alanındaki ulusal ve uluslararası araştırmaların otomatik olarak toplanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesini sağlayarak kullanıcı dostu bir arayüz sunacaktır. Böylece araştırmacılar, farklı veri tabanlarından elde edilen çok sayıda yayını tek bir platform üzerinden inceleyebilmekte, eğilimleri belirleyebileceği ve çalışmalarını bu veriler ışığında yönlendirebileceği düşünülmektedir. Bu

sayede ulaşılması kolay, anlaşılır ve etkileşimli grafikler üretilerek fen eğitimi alanındaki durumu ve eğilimleri daha görünür kılmak mümkün olacaktır. Araştırmacı tarafından geliştirilen BiBLoX; WoS, Scopus ve TRDizin veri tabanlarından veri madenciliği teknikleriyle veri çekerek ve bu veriler üzerinde bibliyometrik analiz yapmaya imkân sağlamıştır. Bu sayede fen eğitimi alanında ki incelediğimiz konularda literatüründeki eğilimler, öne çıkan temalar ve önemli yazarlar tespit edilerek kullanıcı dostu bir arayüzle sunulması mümkün olmuştur.

Literatür analizinde yaygın olarak kullanılan VOSviewer ve Bibliometrix gibi yazılımlar, fen eğitimi araştırmalarında temel analizler yapmak için etkili araçlar sunmaktadır. Ancak bu yazılımlar, sınırlı esneklikleri ve veri tabanlarına doğrudan entegre olamamaları nedeniyle kullanıcılara pratikte bazı kısıtlar getirmektedir. Örneğin, VOSviewer yalnızca mevcut veri kümeleri üzerinde çalışmakta olup, farklı veri tabanlarından veri toplama ve birleştirme işlemlerinin büyük ölçüde manuel olarak yapılmasını gerektirmektedir. Benzer şekilde, Bibliometrix daha kapsamlı analizler sağlasa da süreçlerin tam otomasyonu ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi noktasında yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, BiBLoX, farklı veri tabanlarını entegre ederek fen eğitimi literatürünü daha kapsamlı bir şekilde analiz etme, verileri görselleştirme ve kullanıcıların özel ihtiyaçlarına göre özelleştirme olanağı sunacaktır. Ayrıca BiBLoX'un açık kaynaklı yapısı, araştırmacılara esneklik, özelleştirme ve iş birliği fırsatı sunarak fen eğitimi alanındaki literatür çalışmalarının daha etkili bir biçimde yönetilmesini mümkün kılacaktır.

Araştırma kapsamında geliştirilen BiBLoX, fen eğitimi alanının yanı sıra diğer alanlarda da literatür tarama, veri analizi ve görselleştirme süreçlerine yenilikçi bir katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu sayede tek bir veri tabanına bağımlı kalmaksızın WoS, Scopus ve TRDizin 'den veriler çekilerek kullanıcıların kolay yorumlayabilmesi için anlaşılır grafikler oluşturmuştur. Bu durum, araştırmacıların fen eğitiminde öne çıkan eğilimleri, konuları ve araştırmacıları daha hızlı belirlemesine, çalışma alanlarını genişletmesine ve araştırma planlarını bu doğrultuda şekillendirmesine olanak tanımaktadır. Araştırmanın sonuçları, *fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalarının önemini vurgulamakta ve literatürdeki eğilimlerin gelecekte hangi yönlere doğru evrilebileceğine dair öngörüler sunmaktadır (Tang vd., 2023). Bu analizler, fen eğitimi alanındaki temel odak noktalarını belirleyerek akademisyenlere yeni çalışmalar için yol gösterici bilgiler sağlayarak literatürdeki boşlukların saptamasını ve akademik iş birliği ile yenilikçi araştırmaların teşvik edilmesine katkıda bulunacaktır.

Bu çalışma, fen eğitimi araştırmalarında bibliyometrik analiz ve veri madenciliği yöntemlerinin nasıl uygulanabileceğini incelemekte ve BiBLoX yazılımı aracılığıyla fen

eğitimi literatürünün yapısal özelliklerini, sürdürülebilirlik konusundaki eğilimleri ve bilimsel iş birliği ağlarını ortaya koymaktadır. Bu sayede, fen eğitimi alanındaki mevcut durumun daha iyi anlaşılması, araştırma boşluklarının belirlenmesi ve gelecekteki araştırma yönelimlerine ışık tutulması hedeflenmektedir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, BiBLoX adında bir yazılım geliştirerek fen eğitimi alanındaki ulusal ve uluslararası akademik çalışmaları veri madenciliği ve bibliyometrik analiz yöntemleri kullanarak kapsamlı bir şekilde değerlendirmek ve bu kapsamda fen eğitiminde yapılan bibliyometrik çalışmaları ve sürdürülebilirlik çalışmalarını incelemektir. Literatüre katkıda bulunmaktır. Geliştirilen yazılım, fen eğitimi literatüründeki eğilimleri belirlemeye, akademik iş birliklerini analiz etmeye ve araştırma alanlarının zaman içindeki değişimini incelemeye yönelik sistematik bir araç sağlamaktadır. Bu doğrultuda, fen eğitimi araştırmalarının güncel durumu ve gelecekteki yönelimleri hakkında öngörüler sunulması hedeflenmektedir.

Türkiye'de eğitim politikalarının gelişimi, 2023 Eğitim Vizyonu ve Maarif Modeli gibi reformlarla fen eğitimine daha fazla önem verilmesini sağlamıştır. Fen eğitimi alanında yapılan yeni düzenlemeler, disiplinler arası yaklaşımları ve sürdürülebilirlik temalarını öne çıkararak eğitimin niteliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, Türkiye'nin yeni eğitim politikaları doğrultusunda fen eğitimi alanındaki akademik literatürü analiz etmek, küresel ve ulusal eğilimleri karşılaştırmak ve eğitim reformlarının bilimsel araştırmalar üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır.

Bibliyometrik analiz, akademik literatürdeki ilişkileri anlamak için güçlü bir yöntem olup, özellikle fen eğitimi gibi çok disiplinli alanlarda literatürdeki boşlukları belirlemede etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Yurdakul & Bozdoğan, 2022). Yurdakul & Bozdoğan (2022) fen eğitimi literatüründe belirli konuların öne çıktığını göstererek bu tür analizlerin akademik stratejiler geliştirmede yol gösterici olduğunu vurgulamaktadır. Veri madenciliği ise, büyük ve karmaşık veri setlerinden anlamlı desenler ve bilgiler elde etmek için kullanılan modern bir yöntemdir (Akpınar, 2000; Boztaş vd., 2024; Tüzüntürk, 2010). Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak konular analiz edilecek ve makine öğrenimi tabanlı tahmin algoritmaları uygulanarak geleceğe dair öngörülerde bulunulacaktır.

Veri madenciliği ise büyük ve karmaşık veri setlerinden anlamlı desenler ve bilgiler çıkarmak için kullanılan güçlü bir yöntemdir (Akpınar, 2000; Boztaş vd., 2024; Tüzüntürk, 2010). Bu çalışmada, BiBLoX yazılımı aracılığıyla veri madenciliği teknikleri uygulanarak fen eğitimi literatüründeki eğilimler analiz edilecek ve makine öğrenmesi tabanlı modeller ile

gelecekteki araştırma yönelimleri tahmin edilecektir. Bu bağlamda, tahmin algoritmaları kullanılarak fen eğitimi alanındaki araştırmaların gelecekte hangi konular üzerine yoğunlaşabileceği konusunda öngörülerde bulunulacaktır.

Bu çalışma, fen eğitimi literatüründeki eğilimlerin ve anahtar araştırma konularının belirlenmesi, ulusal ve uluslararası düzeydeki iş birliklerinin analizi ve literatürün daha iyi anlaşılmasını hedeflemektedir. BiBLoX, WoS, Scopus ve TRDizin veri tabanlarından veri çekmekte ve bu verileri otomatik olarak analiz ederek görselleştirmektedir. Bu sayede, literatürdeki ana eğilimlerin yanı sıra, fen eğitimi alanında en çok atıf alan yazarlar, çalışmalar ve ülkeler gibi metriklerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün hale gelmektedir. BiBLoX, fen eğitimi alanındaki ulusal ve uluslararası yayınları sistematik olarak inceleyerek literatür analiz süreçlerini daha etkin hale getirecektir.

Bu çalışmada, geliştirilen yazılım olan BiBLoX'un uygulama potansiyelini değerlendirmek ve fen eğitimi literatürüne daha derinlemesine bir analiz sunmak amacıyla iki önemli konu seçilmiştir fen eğitiminde bibliyometrik çalışmaların değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik temasına sahip makalelerin incelenmesi.

Bu konularda, seçilen konulardaki literatüründeki genel eğilimlerin belirlenmesi, yıllık yayın dağılımı, anahtar kelime analizi ve ortak yazarlık ağlarının analiz edilmesini kapsamaktadır. Bibliyometrik eğilimlerin incelenmesi, fen eğitimi araştırmalarının hangi alanlarda yoğunlaştığını ve hangi araştırma konularının akademide daha fazla ilgi gördüğünü anlamak için kritik öneme sahiptir (Su vd., 2021). Su vd. (2021) fen eğitiminde hızla artan ilgi alanlarını saptayarak gündemde öne çıkan konuları gösterecek çalışmalar yapmıştır. Bu analizler, eğitim politikalarını şekillendirmeye yönelik değerli veriler sunmanın yanı sıra, akademisyenlerin araştırma planlamalarını stratejik bir şekilde yapmalarına katkı sağlayacaktır. Seçilen bu iki konu, fen eğitimi literatürünün mevcut durumunu anlamak ve gelecekteki araştırmalara yön vermek açısından büyük önem taşımaktadır. BiBLoX, bibliyometrik analizler ve veri madenciliği teknikleri kullanarak bu iki ana konuya ilişkin detaylı bir inceleme sunacaktır.

Bu çalışmada ayrıca, BiBLoX'un geliştirdiği makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak fen eğitimi literatüründeki eğilimlerin gelecekte nasıl şekilleneceği öngörülmüştür. Elde edilen sonuçlar, akademisyenler için araştırma stratejilerinin belirlenmesine yardımcı olacak, eğitim politikalarını şekillendiren karar alıcılar için ise fen eğitimi müfredatlarını ve araştırma önceliklerini güncellemeleri konusunda yol gösterici bilgiler sunacaktır. Bu bağlamda, Türkiye'deki eğitim reformlarının bilimsel çıktılar üzerindeki etkisini değerlendirmek de çalışmanın önemli amaçlarından biridir.

Bu çalışma, bibliyometrik analiz, veri madenciliği ve makine öğrenmesini bir arada kullanarak BiBLoX'un geliştirilmesi yoluyla fen eğitimi araştırmalarına yönelik kapsamlı bir metodoloji sunmayı ve literatüre önemli katkılar sağlamayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda, Türkiye'nin eğitim politikaları doğrultusunda fen eğitimi araştırmalarının gelişimini desteklemeye yönelik veri odaklı bir yaklaşım sunmaktadır.

1.3. Araştırmanın Soruları

Araştırma soruları, BiBLoX'un sağladığı veriler ışığında fen eğitiminde yapılan bibliyometrik çalışmaları ve sürdürülebilirlik konularındaki bulguları değerlendirmeye yöneliktir:

1. BiBLoX aracılığıyla elde edilen veriler doğrultusunda, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik ve fen eğitiminde bibliyometrik analiz* temalarındaki çalışmaların yıllara göre sayısal ve tematik eğilimleri nasıl değişmiştir? Bu değişimin temel dinamikleri nelerdir?
2. BiBLoX verilerine göre, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik ve fen eğitiminde bibliyometrik analiz* temalarında öne çıkan ülkeler, yazarlar, kurumlar ve bunlar arasındaki bilimsel iş birlikleri nasıl bir dağılım göstermektedir? Bu iş birlikleri hangi tematik alanlara odaklanmaktadır?
3. BiBLoX'un sunduğu makine öğrenmesi destekli analizler ışığında, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik ve fen eğitiminde bibliyometrik analiz* temalarında gelecekte öne çıkması beklenen araştırma konuları nelerdir?
4. BiBLoX yazılımının geliştirme süreci, teknik özellikleri ve sunduğu analiz yetenekleri nelerdir? Mevcut bibliyometrik analiz yazılımlarına kıyasla hangi yenilikleri sunmakta ve fen eğitimi literatürüne nasıl bir katkı sağlamaktadır?

1.4. Araştırmanın Önemi

Fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirme, bilimsel kavramları anlama ve bilimsel süreçlere aktif olarak katılmalarını teşvik etme amacını taşıyan bir eğitim alanıdır (Valladares, 2021). National Research Council (2012), fen eğitiminin bilimsel okuryazarlık düzeylerini artırarak bireylerin bilgi temelli kararlar alabilen, eleştirel düşünebilen ve teknolojik gelişmeleri anlayabilen bireyler olmalarını hedeflediğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, bilimsel okuryazarlığın artırılması, yalnızca fen eğitimi için değil, aynı zamanda toplumun genel eğitimi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri için kritik rol oynamaktadır.

Son yıllarda fen eğitimi araştırmaları hızla artmakta ve bu alandaki bilimsel üretkenlik giderek daha geniş bir literatüre yayılmaktadır. Bu çeşitlilik ve büyüklük, fen eğitimi

literatürünün sistematik olarak analiz edilmesini gerektirmektedir. Fen eğitimi araştırmalarının kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi, eğitim politikalarının iyileştirilmesine ve etkili öğretim stratejilerinin geliştirilmesine yönelik kritik bilgiler sunar(Danielsson vd., 2023; Fensham, 2004; Schleicher, 2019). Bu çalışma, fen eğitimi alanında özellikle bibliyometrik analiz ve sürdürülebilirlik temalarına odaklanarak, bu alanlardaki eğilimlerin anlaşılmasına ve gelecek gelecekteki yönelimlerinin belirlenmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Geliştirilen BiBLoX yazılımı, fen eğitiminde bibliyometrik analizler ve sürdürülebilirlik temalarından oluşan araştırmaları bütünleşmiş bir biçimde ele alarak, geniş ölçekli verilerin derinlemesine incelenmesini sağlamaktadır. Veri madenciliği ve bibliyometrik analiz yöntemleri, fen eğitimi alanındaki araştırma faaliyetlerinin derinlemesine incelenmesine olanak tanıyan güçlü araçlardır. Veri madenciliği, büyük veri setlerindeki gizli desenlerin ve ilişkilerin keşfedilmesini sağlarken (J. Han vd., 2022). Shu & Ye (2023), bibliyometrik analiz, bilimsel yayınlar arasındaki atıf ilişkilerini, anahtar kelime dağılımlarını ve akademik iş birliklerini analiz ederek alandaki eğilimlerin daha net anlaşılmasını sağlamaktadır (Ogutu vd., 2023). Bu yöntemler, fen eğitimi alanında hangi konuların öne çıktığını, hangi yazarların daha etkili olduğunu ve literatürdeki boşlukların nerede bulunduğunu tespit etmek için önemli bir araç sunmaktadır (Waltman vd., 2019).

Bibliyometrik analizler, fen eğitimi araştırmalarındaki temel eğilimleri belirleyerek bilim insanlarına, politika yapıcılara ve eğitim uzmanlarına yol gösterici veriler sunmaktadır (Wei & Chen, 2020). BiBLoX'un sunduğu analizler, fen eğitimi literatüründeki bilimsel üretkenliği, akademik etkileşimleri ve uluslararası iş birliklerini daha kapsamlı bir biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Özellikle WoS, Scopus ve TRDizin gibi farklı veri kaynaklarından veri çekme yeteneği, BiBLoX'un sunduğu analizlerin geniş kapsamlı olmasını sağlamaktadır. Bu, diğer bibliyometrik analiz araçlarından farklı olarak, tek bir kaynağa bağımlılığı ortadan kaldırarak daha kapsamlı ve güvenilir analiz sonuçları elde edilmesini sağladığı düşünülmektedir.

Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik temalı araştırmalar ise, çevresel farkındalık, kaynakların etkin kullanımı ve bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) ve Türkiye'nin 2023 Eğitim Vizyonu gibi küresel ve ulusal politika belgeleri, sürdürülebilirlik temalarının fen eğitimine entegre edilmesini öncelikli bir hedef olarak belirlemiştir. Bununla birlikte, fen eğitiminde sürdürülebilirlik konularının fen eğitiminde ne ölçüde yer bulduğunu sistemli ve kapsamlı bir biçimde inceleyen ve tahmin araştırmaları hala sınırlı sayıdadır ve bu durum literatürde önemli bir boşluğa işaret etmektedir. Bu çalışmada,

sürdürülebilirlik konularının fen eğitimiyle nasıl bütünleştiği ve gelecekte bu alandaki araştırmaların nasıl şekilleneceği BiBLoX yazılımı aracılığıyla analiz edilmiştir. Ayrıca, veri madenciliği tekniklerinin kullanılması sayesinde, gelecekteki eğilimleri ilişkin öngörülerin sunulmasıyla eğitim politikaları ve süreçlerine ilişkin planlama yapılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Veri madenciliği ve bibliyometrik analiz tekniklerinin bir arada kullanılması, fen eğitimi literatüründeki öne çıkan konuları, yazarları, kurumları ve ülkeleri saptamaya olanak tanırken, bu konuların zaman içindeki gelişimini de izleme fırsatı vermektedir (Chen vd., 2020a; Waltman vd., 2019). Bu sayede ulusal ve uluslararası iş birliklerinin gücü, literatüre sağladıkları katkılar ve fen eğitiminde sürdürülebilirliğin nasıl konumlandığı daha iyi anlaşılabilmektedir (Wagner vd., 2021). Özellikle bu yöntemler aracılığıyla elde edilen sonuçlar, fen eğitim uygulamalarına yön vermek açısından önemlidir. Bu alanda ortaya çıkabilecek boşluklar daha hızlı tespit edilerek bilimsel çalışmaların verimliliği ve niteliğinin artacağı düşünülmektedir.

Benzer araçlarla karşılaştırıldığında, bu yazılım programının birkaç önemli avantajı bulunmaktadır. Öncelikle, çoklu veri kaynağı entegrasyonu sayesinde, WoS, Scopus ve TRDizin'den veri çekme yeteneği, literatür taramalarında daha kapsamlı bir analiz yapılmasını sağlamaktadır. VOSviewer ve Bibliometrix gibi popüler araçlar genellikle yalnızca tek bir veri kaynağıyla sınırlı kalmaktadır(Su vd., 2021). Böylece kullanıcılar, farklı veri tabanlarından elde ettikleri verileri manuel olarak birleştirme zorunluluğundan kurtularak araştırma sürecini hızlandırabilir ve olası hataları en aza indirebilir.

Bunun yanı sıra, geliştirilen yazılım, tahmin modelleri geliştirme kapasitesine sahiptir. BiBLoX'un sunduğu veri madenciliği ve makine öğrenmesi destekli tahmin modelleri, gelecekteki araştırma yönelimlerini öngörme kapasitesine sahiptir. Örneğin, Lineer Regresyon (LR), Destek Vektör Regresyonu (SVR) ve Karar Ağaçları gibi makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak fen eğitimi literatüründe hangi konuların yükselişte olduğu ve hangi alanlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir (Schwartz vd., 2022). Bu sayede araştırmacılar, eğilimlerin nereye evrileceğini öngörerek uzun vadeli araştırma planlamaları yapabilirler. Bu tahminler, yalnızca mevcut araştırma eğilimlerini anlamakla kalmayıp, eğitim politikaları ve eğitim-öğretim programları düzenlemeleri için de uzun vadeli planlamalara ışık tutarak fen eğitiminde yenilikçi ve sürdürülebilir yaklaşımların gelişmesine katkı sağlayabilir.

Ayrıca, BiBLoX, analiz edilen literatürdeki araştırma boşluklarını tespit ederek bu alanlardaki potansiyel çalışma konularını ortaya koymaktadır. Bu özellik, fen eğitimi alanında daha odaklı ve yenilikçi çalışmalar yapılmasını teşvik etmektedir. Kullanıcı dostu arayüzü ise analiz süreçlerinin görselleştirilmesine olanak tanıyarak araştırmacılara zaman kazandırmakta

ve bu süreçleri özelleştirme esnekliği sunmaktadır. Tüm bu özellikler, BiBLoX'un fen eğitimi alanındaki literatürün analizi ve gelecekteki eğilimlerin tahmini konusunda diğer araçlara kıyasla daha kapsamlı, yenilikçi ve stratejik bir çözüm sunduğu görülmektedir.

Bu analizler yalnızca fen eğitimi literatürünü daha anlaşılır kılmakla kalmamakta, aynı zamanda eğitim politikalarını şekillendiren karar vericilere, akademisyenlere ve araştırmacılara stratejik bilgiler sunarak bilimsel ilerlemeye katkıda bulunmaktadır. BiBLoX'un sunduğu detaylı analizler, araştırma boşluklarını belirleme, bilimsel iş birliklerini teşvik etme ve fen eğitimi alanında yenilikçi araştırmaların yapılmasını destekleme açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Fen eğitimi literatüründeki iş birliklerini anlamak için co-authorship analizleri, bilimsel üretkenliği ve etkiyi ölçmek açısından önemli bir araçtır (Wagner vd., 2021). BiBLoX aracılığıyla yapılan analizler, uluslararası iş birliklerinin gücünü ve bu iş birliklerinin fen eğitimi literatürüne katkılarını değerlendirmektedir. Bu sayede fen eğitiminde iş birliği ağları daha iyi anlaşılmakta ve gelecekteki ortak çalışmalar için stratejik planlamalar yapılabilmektedir. Örnek olarak ABD, Çin ve Avrupa ülkelerinin güçlü iş birlikleri sayesinde fen eğitimi literatürüne önemli katkılar sunduğu gözlemlenmiştir (Waltman vd., 2019).

Mevcut bibliyometrik yazılımların kısıtlılıkları ve fen eğitimi alanındaki artan veri hacmi, daha gelişmiş veri madenciliği ile makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımların bütüncül analizler yapabilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen BiBLoX yazılımı, BiBLoX; bibliyometrik analiz, veri madenciliği ve makine öğrenmesini bir arada kullanarak fen eğitimi araştırmalarına yönelik kapsamlı bir metodoloji sunmayı ve literatüre önemli katkılar sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, Türkiye'deki eğitim politikaları doğrultusunda fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik temalarındaki akademik üretkenliğin nasıl bir yön izlediğini ortaya koyarak, bilimsel karar alma süreçlerini destekleyecek somut veriler sunmayı hedeflemektedir.

1.5. Varsayımlar

Bu araştırmada, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik analizler ve sürdürülebilirlik temalarına yönelik bilimsel eğilimleri belirlemek amacıyla veri madenciliği ve bibliyometrik analiz yöntemlerinin kullanımı benimsenmiştir. Bu bağlamda, kullanılan analiz yöntemlerinin fen eğitimi alanında geçerli ve güvenilir sonuçlar sunduğu varsayılmaktadır. Araştırmada geliştirilen BiBLoX yazılımı, fen eğitimi alanında yapılan bilimsel çalışmaları çok boyutlu bir şekilde analiz etmek için özel olarak geliştirilmiş olup, WoS, Scopus ve TRDizin gibi uluslararası ve ulusal düzeyde kabul gören veri tabanlarından otomatik olarak veri çekme,

analiz etme ve görselleştirme kapasitesine sahiptir. Bu sayede, fen eğitimi alanındaki akademik üretkenlik, bilimsel iş birlikleri ve araştırma eğilimleri nesnel bir yaklaşımla ortaya konmaktadır.

Çalışmada ulaşılan sonuçların güvenilirliği ve geçerliliği açısından, analiz edilen verilerin fen eğitimi araştırmalarını doğru bir şekilde yansıttığı düşünülmektedir. BiBLoX, geleneksel bibliyometrik analiz yöntemlerinden farklı olarak, makine öğrenmesi tabanlı tahmin modelleri kullanarak literatürdeki eğilimleri yalnızca analiz etmekle kalmayıp geleceğe yönelik öngörüler sunmaktadır. Kullanılan Lineer Regresyon, Destek Vektör Regresyonu ve Karar Ağaçları gibi gelişmiş algoritmalar ile fen eğitimi literatüründe hangi konuların yükselişte olduğu ve hangi alanlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu bilimsel olarak tahmin edilebilmektedir. Bu, akademik çevrelerin ve eğitim politikacılarının stratejik karar alma süreçlerine katkı sağlayacak önemli bir yenilik sunmaktadır.

Araştırmada kullanılan veri setlerinin fen eğitimi alanındaki eğilimleri analiz etmek için yeterli büyüklükte ve kapsamda olduğu kabul edilmektedir. BiBLoX'un sunduğu entegre veri analizi ve görselleştirme araçları sayesinde, fen eğitiminde bibliyometrik analizler ve sürdürülebilirlik araştırmalarındaki anahtar temalar daha açık ve anlaşılır hale getirilerek araştırmacılar için pratik ve etkili bir analiz ortamı sağlanmaktadır. Çalışmanın bir diğer önemli varsayımı, Türkiye'deki eğitim politikalarının, özellikle 2023 Eğitim Vizyonu ve Maarif Modeli gibi reformların, fen eğitiminde bibliyometrik analizler ve sürdürülebilirlik temalarına olan ilgiyi artırdığı yönündedir. Bu doğrultuda, çalışmada elde edilen bulguların Türkiye'nin eğitim politikaları ile örtüştüğü ve bu politikaların akademik yansımalarını anlamada rehberlik edebileceği düşünülmektedir.

Araştırmada kullanılan yöntemlerin ve elde edilen verilerin, fen eğitimi alanındaki bilimsel eğilimleri belirlemede, sürdürülebilirlik konusundaki akademik katkıları anlamada ve gelecekteki bilimsel yönelimleri tahmin etmede doğru, güvenilir ve kapsamlı bir çerçeve sunduğu varsayılmaktadır. BiBLoX'un sunduğu yenilikçi analiz modelleri ve görselleştirme araçları sayesinde, araştırmanın hem fen eğitimi alanında çalışan akademisyenler hem de eğitim politikaları geliştiren karar vericiler için önemli bir referans noktası olacağı düşünülmektedir. Bu varsayımlar, araştırmanın bilimsel doğruluğunu ve yorumlanabilirliğini destekleyen temel ilkeler olarak ele alınmaktadır.

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma kapsamında yalnızca belirli akademik veri tabanları olan WoS, Scopus ve TRDizin kullanılarak elde edilen veriler analiz edilmiştir. Dolayısıyla, bu üç veri kaynağında

yer almayan ancak farklı veri tabanlarında bulunan çalışmalar araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır. Ayrıca, çalışma yalnızca fen eğitimi literatürüne odaklandığından, diğer eğitim alanları ya da disiplinler arası çalışmalar kapsam dışında tutulmuştur. Bu durum, elde edilen sonuçların yalnızca fen eğitimi bağlamında değerlendirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Analizlerde kullanılan bibliyometrik analiz araçları ve veri madenciliği algoritmaları belirli metriklere (örneğin anahtar kelimeler, atıf ilişkileri, yazar ve kurum bilgileri) odaklandığından, tam metin içerik analizi, duygusal ton analizi gibi nitel veri çözümlemeleri bu araştırmanın kapsamı dışındadır. Ayrıca, BiBLoX yazılımı tarafından gerçekleştirilen analizlerde kullanılan algoritmalar, literatürdeki tüm bağlamsal akademik etkileşimleri yansıtmakta sınırlı kalabilir. Özellikle iş birliklerinin yalnızca eş-yazarlık düzeyinde değerlendirilmesi, daha geniş sosyal ağ bağlamlarının göz ardı edilmesine yol açabilir.

Çalışma sürecinde kullanılan veriler 2000–2024 yılları arasındaki yayınları kapsamaktadır. Bu tarih aralığı dışında yayımlanmış ancak alan açısından potansiyel katkı sağlayabilecek yayınlar sınırlılıklar arasında yer almaktadır. Ayrıca, analiz edilen yayınların yalnızca Türkçe ve İngilizce dillerinde olması, diğer dillerde yazılmış çalışmaların göz ardı edilmesine neden olmuştur.

Veri tabanları sürekli olarak güncellenen yapılara sahip olsa da, araştırmanın gerçekleştirildiği dönemde elde edilen verilerin güncelliği, çalışmanın bulgularını doğrudan etkilemektedir. BiBLoX aracılığıyla çekilen verilerin doğruluğu ve güvenilirliği, büyük ölçüde bu veri tabanlarının sunduğu bilgilerin doğruluğuna dayanmaktadır.

BiBLoX'un sunduğu makine öğrenmesi tabanlı tahmin modelleri, geçmiş verilere dayanarak gelecek eğilimlere dair öngörüler sunmaktadır. Ancak bu öngörülerin kesinliği; eğitim politikalarındaki değişiklikler, yeni teknolojilerin ortaya çıkışı veya akademik gündemdeki ani değişimler gibi dinamikler nedeniyle sınırlı olabilir. Bu nedenle, elde edilen bulguların mutlak sonuçlar olarak değil, yol gösterici bir çerçeve olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

1.7. Tanımlar

• Fen Eğitimi: Öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirme, bilimsel süreçlere aktif katılımını teşvik etme ve bilimsel kavramları anlama amacını taşıyan eğitim alanı (Bybee, 1997; Council, 2012).

• Bibliyometrik Analiz: Bilimsel yayınların atıf ilişkilerini ve iş birliklerini analiz ederek, literatürdeki eğilimleri, önemli yazarları ve araştırma performansını değerlendirme yöntemi (Moed, 2005; Pritchard, 1969).

• Veri Madenciliği: Büyük veri setlerindeki gizli desenlerin ve ilişkilerin keşfedilmesi süreci. Bu süreç, özellikle bilimsel literatürdeki eğilimleri ve önemli konuları belirlemek için kullanılır (Börner vd., 2012; Fayyad vd., 1996).

• Yapay Zeka: Bilgisayar sistemlerinin, insan zekasına benzer şekilde problem çözme, öğrenme ve karar verme süreçlerini gerçekleştirme yeteneğidir. Yapay zeka, özellikle büyük veri setlerinin analiz edilmesinde ve tahminsel modelleme süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Russell & Norvig, 2020).

• Karar Ağaçları: Veri madenciliğinde ve makine öğreniminde kullanılan, veriyi sınıflandırmak ve tahmin etmek için dallanan yapılar şeklinde karar kuralları oluşturan algoritmalardır. Bu yöntem, özellikle verilerin görselleştirilmesi ve anlaşılmasında kullanışlıdır (Quinlan, 1986).

• Tahmin: Gelecekteki olası sonuçları belirlemek için mevcut verilerden ve istatistiksel tekniklerden yararlanma sürecidir. Fen eğitimi literatüründe araştırma eğilimlerini ve yayın sayılarındaki artışları tahmin etmek için kullanılmıştır (Armstrong, 2001).

• Atıf: Bir akademik çalışmanın başka bir çalışmaya referans vermesi. Atıflar, bir çalışmanın literatürdeki etkisini ve diğer çalışmalar üzerindeki katkısını gösterir (Garfield, 1972).

• Trend: Belirli bir zaman diliminde gözlemlenen eğilim veya yönelim. Bu çalışmada, fen eğitimi literatüründeki araştırma eğilimleri analiz edilerek, hangi konuların öne çıktığı belirlenmiştir (Chen vd., 2010a).

• Co-Authorship (Ortak Yazarlık): Birden fazla yazarın bir araştırma üzerinde birlikte çalışarak makale yazması. Ortak yazarlık analizleri, bilimsel iş birliklerinin gücünü ve araştırma alanındaki etkilerini anlamak için kullanılır (Newman, 2001).

• WoS, Scopus, TRDizin: Bu araştırmada kullanılan veri tabanları, fen eğitimi alanında yapılan çalışmaların geniş bir yelpazede toplanmasına olanak tanır ve farklı kaynaklardan elde edilen verilerle kapsamlı analizler yapılmasını sağlar.

• Lineer Regresyon: İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Bu çalışma kapsamında, yayın trendlerinin tahmin edilmesi için kullanılmıştır (Montgomery vd., 2012).

• Makine Öğrenimi: Bilgisayar sistemlerinin, veriden öğrenerek ve tekrarlayarak performanslarını iyileştirmesini sağlayan bir yapay zeka alt alanıdır. Bu çalışmada, fen eğitimi literatüründeki eğilimlerin ve yayınların tahmin edilmesinde kullanılmıştır (Mitchell, 1997).

2. BÖLÜM
KURAMSAL BİLGİLER VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Kuramsal Bilgiler

Bu bölümde, fen eğitimi araştırmalarının bibliyometrik analizi ve sürdürülebilirlik temaları ekseninde kullanılan bilimsel yöntemlerin kuramsal temelleri ele alınacaktır. Veri madenciliği, makine öğrenimi, veri görselleştirme ve ağ analizi gibi teknik yaklaşımlar, fen eğitimi literatüründeki eğilimlerin belirlenmesi, akademik iş birliklerinin analiz edilmesi ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunulması açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Fen eğitimi literatürüne yönelik yapılan çalışmalarda, bibliyometrik analizler, akademik üretkenlik ve bilimsel etkileşimlerin nesnel ölçütlerle değerlendirilmesini sağlayan önemli bir araçtır. Bu analizler, araştırma alanlarının gelişimini takip etmek, atıf yoğunluklarını belirlemek ve akademik iş birliklerini anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Makine öğrenimi teknikleri, bu analizlere derinlik kazandırarak, literatürdeki mevcut eğilimlerin gelecekte nasıl şekilleneceğine dair öngörüler sunma imkânı sağlamaktadır.

Çalışmada geliştirilen BiBLoX yazılımı, fen eğitimi alanında literatürü analiz etmek ve verileri anlamlandırmak amacıyla bu kuramsal altyapıyı temel almaktadır. BiBLoX, WoS, Scopus ve TRDizin gibi veri tabanlarından elde edilen geniş veri setlerini otomatik olarak analiz edebilme, akademik iş birliklerini tespit etme ve bibliyometrik eğilimleri görselleştirme kapasitesine sahiptir. Özellikle ağ analizi ve veri madenciliği yöntemleri ile fen eğitimi alanındaki akademik ilişkilerin haritalandırılması ve akademik etkilerin daha net bir şekilde ortaya konulması sağlanmaktadır.

Bu kuramsal çerçeve, araştırmada kullanılan analiz tekniklerinin bilimsel dayanaklarını açıklamakla kalmayıp, elde edilen sonuçların yorumlanmasında da rehberlik edecektir. Fen eğitimi literatürüne yönelik stratejik öngörülerin geliştirilmesine katkı sağlayarak, bilimsel bilginin sistematik olarak değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır.

2.1.1. Bibliyometrik Analiz

Bibliyometrik analiz, bilimsel literatürdeki eğilimleri, atıf ağlarını ve bilimsel iş birliklerini anlamak için sistematik ve nicel bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, özellikle geniş bir araştırma alanı olan fen eğitimi gibi disiplinlerde, uluslararası düzeyde hangi ülkelerin, kurumların ve araştırmacıların alanın gelişimine en fazla katkıda bulunduğunu belirlemek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Garfield, 1972; Hota vd., 2020; Moed, 2005). Bibliyometrik analiz, bilimsel etkinliği ve üretkenliği değerlendirmek amacıyla birçok metrik ve analiz aracından faydalanarak, bilimsel bilginin dağılımını ve etkisini kapsamlı bir

şekilde incelemektedir. Fen eğitimi gibi geniş bir araştırma alanında, bibliyometrik analiz, uluslararası düzeyde hangi ülkelerin, kurumların ve araştırmacıların alanın gelişimine en çok katkıda bulunduğunu belirlemeye yardımcı olur. Bu sayede alanın mevcut durumuna, etki düzeyine ve gelişim eğilimlerine ilişkin kapsamlı bir perspektif sunar (Glänzel & Chi, 2020; Leydesdorff, 2001; Small, 1973a). Özellikle atıf analizleri, bir çalışmanın diğer çalışmalar üzerindeki etkisini ve alandaki önemli konuların belirlenmesini sağlarken, yazar iş birliği ağları ve anahtar kelime analizleri, alanın yapısal özelliklerini ve araştırma toplulukları arasındaki bağlantıları anlamamıza yardımcı olmaktadır (Newman, 2001; Waltman & Eck, 2012). Bu bağlamda, atıf sayısı, etki faktörü, h-indeksi gibi metrikler, bilim insanlarının, kurumların ve ülkelerin bilimsel performansını değerlendirmede temel göstergeler olarak kullanılmaktadır (Bornmann & Daniel, 2008; Hirsch, 2005). H-indeksi, bir araştırmacının ya da bir derginin bilimsel üretkenliğini ve aldığı atıf sayısının bir kombinasyonu olarak popüler bir metrik haline gelmiştir (Valls vd., 2021). Bu metrikler, belirli konuların popülaritesini ve önemini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Ayrıca bilim haritalama teknikleri, literatürdeki eğilimleri ve gelişen araştırma alanlarını görselleştirmeyi kolaylaştırır (Börner vd., 2003; Peng vd., 2020).

Fen eğitiminde atıf analizi, çalışmaların bilimsel etki düzeyini belirlemek için kritik bir araçtır. Atıf yoğunluğu, belirli araştırmaların alandaki diğer çalışmalarla olan ilişkisini ve ne derece etkili olduğunu gösterir. Hamade (1994)'ün "Characteristics of the literature used by Arab authors in library and information science" adlı çalışması, Arap yazarların bilgi bilimindeki literatür kullanımını bibliyometrik bir bakış açısıyla incelemiş ve bu alandaki atıf yoğunluklarına dikkat çekmiştir. Bu tür çalışmalar, belirli anahtar kelimelerin daha fazla atıf aldığını ve bu konuların alandaki diğer çalışmaları nasıl etkilediğini anlamak açısından değerlidir.

Atıf analizi ile bir yayının ne kadar alıntılandığı incelenir ve bu, yayının bilimsel katkısının derecesini belirlemeye yardımcı olur. Bilimsel Üretkenlik Yasası (Lotka, 1926), yazarların üretkenlik dağılımını açıklayan önemli bir ilkedir. Bu yasaya göre, az sayıda bilim insanı çok sayıda makale üretirken, birçok bilim insanı daha az sayıda makale üretir. Testa (1999) tarafından yapılan çalışmalarda, fen eğitimi alanındaki yazarların üretkenlik dağılımı incelenmiş ve bu dağılımın Lotka'nın yasasını destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Özellikle Jacobs & Ingwersen (2000), üretken bilim insanlarının alana yaptığı katkının ne kadar büyük olduğunu ve bu yazarların diğer araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde atıf aldığını ortaya koymuştur. Al. (2022)tarafından yapılan çalışma, sorgulayıcı temelli fen eğitimi üzerine son on yılda yapılan literatürü analiz etmiş ve alanın çekirdek dergilerinde yayımlanan makalelerin

etki düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu tür analizler, fen eğitimi alanındaki dergilerin önemini, etki düzeylerini ve literatürdeki temel bilgi birikimini ortaya koymaktadır.

O'Connor vd. (2001) tarafından yapılan bir başka çalışma, "scholarly productivity in adapted physical activity research", fen eğitimi alanındaki atıf ağlarını incelemekte ve bu alandaki atıf yoğunluğunun, akademik üretkenlikle nasıl bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir. Phelan (2000) tarafından yürütülen bir başka bibliyometrik çalışmada ise, Avustralya'da yapılan fen eğitimi araştırmalarının atıf yoğunluğu detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Bibliyometrik analiz, yalnızca geçmiş eğilimleri anlamlandırmakla kalmaz, aynı zamanda veri madenciliği ve makine öğrenimi teknikleriyle birleştirildiğinde gelecekteki araştırma potansiyelini öngörmeye de imkân verir (Börner vd., 2012; Miller & Smith, 2022; Zupic & Čater, 2015b). Bu yöntem, özellikle bilimsel ağların modellenmesi ve gelişen araştırma konularının tespitinde etkili bir araç sunar (Leydesdorff & Rafols, 2009). Bununla birlikte, derin öğrenme algoritmaları ile kullanıldığında, bibliyometrik analiz veri kümelerindeki gizli kalıpları ortaya çıkarabilir ve bu kalıplar gelecekteki disiplinlerarası iş birliği potansiyellerine ışık tutabilir (Fortunato vd., 2018). Örneğin, co-citation analizi, araştırma alanlarındaki yenilikçi çalışmaların hızla tespit edilmesine olanak tanır (Small, 1973b), bu da bilim politikalarının yönlendirilmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ayrıca, metriklerin zenginleştirilmesi ve doğru yorumlanması, araştırma performansı değerlendirmesinde daha kapsamlı bir anlayış sağlar (Waltman vd., 2019).

Bu bağlamda, Markusova vd. (2004), fen eğitimi literatüründeki uluslararası iş birliklerinin önemine dikkat çekmiştir. Markusova'nın çalışmasında, fen eğitimi araştırmalarındaki uluslararası iş birliklerinin daha fazla atıf aldığı ve bilimsel etki düzeyinin arttığı vurgulanmıştır. Bu tür atıf analizleri, araştırma alanındaki bilim insanlarının üretkenliklerini ve etkilerini anlamak açısından önemli veriler sağlamaktadır.

Bradford'un Dağılım Yasası, fen eğitimi alanındaki yayınların dağılımını anlamada kritik bir rol oynar. Bu yasa, bilimsel literatürün çekirdek, ilişkili ve çevre dergiler olmak üzere üç ana gruba ayrıldığını savunur. Çekirdek grup, ilgili literatürün büyük bir kısmını kapsayan az sayıda dergiyi içerirken, çevre dergiler, daha az sayıda atıf alan ve daha az önemli çalışmaları barındırır. Bradford'un yasası, fen eğitimi araştırmalarında hangi dergilerin daha etkili olduğunu ve literatürdeki bilgiyi nasıl daha etkin bir şekilde toplayabileceklerini araştırmacılara gösterir (Bradford, 1934).

Jacobs & Ingwersen (2000) "Bibliometric study of publication patterns in science and technology" başlıklı çalışması, Bradford'un dağılım modelinin fen eğitimi literatüründe nasıl

işlediğini ve hangi dergilerin çekirdek grup içinde yer aldığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmaya göre, fen eğitimi literatüründe özellikle Science Education, Journal of Research in Science Teaching ve International Journal of Science Education gibi dergiler, çekirdek grubu oluşturmakta ve literatürün büyük kısmını kapsamaktadır. Benzer şekilde, Kadirhanoğulları & Köse (2024) yaptığı bir bibliyometrik analiz, fen eğitimi alanında yayımlanan 846 makaleyi incelemiş ve çekirdek dergi gruplarının dinamiklerini daha geniş bir bağlamda değerlendirmiştir. Khairullina vd. (2023) yaptığı çalışma, bilgi ve iletişim teknolojilerinin fen eğitimindeki etkisini analiz etmiş ve bu alanda sıkça atıf alan temel çalışmalar ile bağlantıları ortaya koymuştur. Ayrıca, Maryanti vd. (2022) sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilgili fen eğitimi çalışmalarını incelemiş ve bu temaların hangi dergilerde yoğunlaştığını göstermiştir. Testa (1999) tarafından yapılan çalışmada ise çevre dergilerde yayımlanan makalelerin bilimsel etkisinin çekirdek dergilere göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Misbah vd. (2022), fen eğitiminde eleştirel düşünme üzerine yapılan araştırmaları kapsamlı bir şekilde incelemiş ve bu konunun gelişiminde bilimsel iş birliği ve ortak yazarlık ağlarının önemini vurgulamıştır.

Ağ analizi, bibliyometrik analizle birlikte kullanılan bir diğer önemli tekniktir. Bilimsel ağlar, yazarlar, kurumlar ve ülkeler arasındaki bilgi akışını incelemek için kullanılır (Newman, 2001). Fen eğitimi alanında yapılan araştırmalarda, bu tür ağ analizleri, araştırmacılar arasındaki iş birliğini ve bilgi alışverişini anlamada kritik bir rol oynamaktadır. O'Connor vd. (2001)'un çalışmaları, bilimsel iş birliklerinde güçlü bağların olduğunu ve bu iş birliklerinin alanın gelişiminde nasıl katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Bilimsel iş birliklerinin ve ağların etkisi, sadece araştırmaların etki faktörünü artırmakla kalmayıp, aynı zamanda disiplinler arası bağlantılar kurarak yeni araştırma yollarının önünü açmaktadır. Bu tür çalışmalar, fen eğitimi literatürünün dinamiklerini ve genel etkisini anlamak için kritik bir araç sağlamaktadır.

Ortak yazarlık (co-authorship) ve bilimsel iş birlikleri, fen eğitimi alanındaki araştırmaların gelişimini hızlandıran önemli faktörlerdendir. Bibliyometrik analizler, ortak yazarlık ağlarını inceleyerek, bilimsel iş birliklerinin fen eğitimi literatüründeki etkisini anlamaya olanak tanır (Wagner & Leydesdorff, 2005). Ortak yazarlık, bilim insanlarının birlikte çalışmalar yapmasını teşvik eder ve bu iş birlikleri, bilginin daha hızlı yayılmasını sağlar.

Hamade (1994)'ün "Characteristics of the Literature Used by Arab Authors in library and information science" adlı çalışması, Ortadoğu'da yapılan fen eğitimi araştırmalarında iş birliklerinin nasıl şekillendiğini incelemiş ve bölgedeki bilim insanları arasındaki ortak yazarlık ağlarının etkili olduğunu ortaya koymuştur. Phelan (2000) tarafından yapılan çalışma, Avustralya'da fen eğitimi araştırmalarında uluslararası iş birliklerinin ne derece önemli

olduğunu ve bu iş birliklerinin genellikle daha yüksek etkili dergilerde yayımlandığını göstermiştir. Markusova vd. (2004), Rusya ve diğer ülkeler arasındaki iş birliklerini incelemiş ve fen eğitimi literatüründe uluslararası düzeydeki bu tür iş birliklerinin daha fazla atıf aldığını tespit etmiştir. Kadirhanoğullar & Köse (2024) tarafından yapılan bir bibliyometrik analiz, fen eğitimi araştırmalarındaki ortak yazarlık ağlarını inceleyerek, bu ağların uluslararası boyutta genişlediğini ve çok-disiplinli iş birliklerinin sayısının arttığını göstermiştir. Uluslararası iş birliklerinin alana yaptığı katkı, Markusova vd. (2004) gibi önceki çalışmalarda vurgulandığı gibi, son dönemde de devam etmektedir. Bu sayede, fen eğitimi alanında farklı ülkelerden araştırmacıların bir araya gelmesiyle daha güçlü bilimsel ağlar oluşmakta ve bu durum, yayınların atıf yoğunluğunu, görünürlüğünü ve etki düzeyini yükseltmektedir.

Fen eğitimi literatüründe, O'Connor vd. (2001) gibi yazarların çalışmaları, ortak yazarlık ağlarının sadece bireysel araştırmacılar için değil, aynı zamanda kurumlar ve ülkeler arası bilimsel iş birliği açısından da önemli olduğunu göstermektedir. Bu tür iş birlikleri, bilimsel üretkenliği artırmakta ve fen eğitimi araştırmalarının etkisini genişletmektedir. Glänzel & Schubert (2004) tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği gibi, uluslararası iş birlikleri genellikle daha fazla atıf almakta ve bilimsel etkisi daha yüksek olmaktadır. Bu tür iş birlikleri, sadece bilimsel bilginin yayılmasına katkıda bulunmakla kalmayıp, aynı zamanda fen eğitimi alanındaki yenilikçi yaklaşımların ve öğretim stratejilerinin geliştirilmesine de olanak tanımaktadır. Yapılan birçok araştırma, bu iş birliklerinin bilimsel üretkenliği artırdığını ve atıf yoğunluğunun yükselmesini sağladığını göstermektedir. Fen eğitimi alanındaki ortak yazarlık ve bilimsel iş birliklerinin etkisi bu kadar önemliyken, bu ilişkilerin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayan başka bir yöntem olan ağ analizi, literatürdeki etkileşimleri ve bilgi akışını incelemek için güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Ağ analizi, fen eğitimi literatüründeki bu etkileşimleri anlamada kritik bir araçtır. Kurumlar, ülkeler ve araştırmacılar arasındaki bağlantılar, bilgi akışını ve bilimsel üretkenliği arttırmakta, fen eğitimi alanındaki yenilikçi yaklaşımların ve öğretim stratejilerinin geliştirilmesine ortam hazırlamaktadır. Fen eğitiminde bibliyometrik analizlerin kullanımı, aynı zamanda anahtar kelime analizleri ile de desteklenir. Anahtar kelime analizi, hangi kavramların ve temaların literatürde öne çıktığını ve bu temaların zaman içindeki değişimlerini anlamak için etkili bir yöntemdir (Chen vd., 2010b). Anahtar kelime analizleri, fen eğitimi araştırmalarında kullanılan yaygın temaların belirlenmesine ve araştırmacıların hangi konulara odaklandığını göstermede yardımcı olur.

Phelan (2000)'ın çalışmasında olduğu gibi, teknoloji ve inovasyonun fen eğitimi literatüründe son yıllarda en çok dikkat çeken konular arasında olduğu ortaya konulmaktadır.

Honey vd. (2014) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer bir eğilim gözlemlenmiştir; STEM eğitimi, dijital öğrenme ve bilimsel okuryazarlık gibi anahtar kelimeler, fen eğitimi literatüründe öne çıkan temalar arasında yer almaktadır. Phelan (2000) ve Honey vd. (2014) gibi çalışmalara ek olarak, son yıllarda yapılan araştırmalar fen eğitimi literatüründe teknoloji ve inovasyonun önemli rolünü daha fazla vurgulamaktadır. Wang vd. (2023), 2001-2020 yılları arasındaki fen eğitimi çalışmalarında anahtar kelime analizleri yoluyla sıcak konuları ve öncü temaları haritalamışlardır. Çalışma, STEM eğitimi ve dijital öğrenme gibi temaların güçlü bir şekilde öne çıktığını göstermektedir. Benzer şekilde, Feng & Law (2021), yapay zeka ve eğitim bağlamında yapılan araştırmaların anahtar kelime analizini gerçekleştirerek, bu alandaki bilgi evrimini haritalamış ve yeni öğrenme yaklaşımlarının artışını vurgulamıştır. Marín & Guerrero (2021) ise STEAM eğitimine yönelik performans ve co-word analizleri yaparak, bu temanın bilimsel literatürdeki yükselişini ele almışlardır. Anahtar kelime analizlerinin literatürün evrimini anlamadaki gücünü Lin vd. (2019) tarafından yapılan araştırma da desteklemektedir. 2013-2017 yılları arasında fen eğitimi literatüründe yayımlanan makaleleri inceleyen bu çalışma, bilimsel iş birliği ve dijitalleşme gibi konuların giderek artan bir öneme sahip olduğunu göstermiştir. Agbo vd. (2021), sanal gerçeklik teknolojilerinin bilgisayar bilimi ve fen eğitimindeki uygulamalarını sistematik bir şekilde analiz ederek, teknolojinin öğretim ve öğrenim süreçlerindeki etkisini detaylandırmıştır.

Anahtar kelime analizleri, fen eğitimi literatüründe sadece kavramsal eğilimleri belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda araştırmacılara gelecekte hangi temalar üzerinde çalışmalar yapılması gerektiği konusunda da yönlendirmeler sunmaktadır. Bu tür analizler, bilimsel çalışmaların zaman içindeki evrimini anlamada önemli bir araçtır ve araştırmacılar için stratejik rehberlik sağlar (Eck & Waltman, 2014).

Fen eğitimi literatüründe bibliyometrik analiz, bilimsel çalışmaların etkisini, araştırmacılar arasındaki iş birliklerini ve atıf ilişkilerini anlamada önemli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bibliyometrik analiz, araştırma eğilimlerini ve hangi yazarların ya da çalışmaların alan üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğunu belirlemeye olanak tanır. Atıf analizleri, bir çalışmanın ne kadar alıntılandığını inceleyerek, bu çalışmanın bilimsel katkısını ölçmeyi sağlar. Co-authorship ağları, bilimsel iş birliklerinin gücünü ve bu iş birliklerinin bilimsel üretkenlik üzerindeki etkisini anlamaya yardımcı olur. Fen eğitimi alanındaki ortak yazarlık analizleri, uluslararası iş birliklerinin bu alandaki gelişmelere nasıl katkıda bulunduğunu gösterir.

Anahtar kelime dağılımı ise, literatürde öne çıkan kavramları ve temaları ortaya çıkararak, araştırmacılara gelecekteki çalışmalar için yol gösterici olur. Fen eğitimi

araştırmalarında kullanılan popüler temalar, literatürdeki eğilimlerin nasıl değiştiğini ve hangi konuların ön plana çıktığını anlamada kritik bir rol oynar. Hamade (1994), Jacobs & Ingwersen (2000), Phelan (2000) ve Markusova vd. (2004) tarafından yapılan çalışmalarda fen eğitimi literatüründeki iş birlikleri, atıf yoğunlukları ve anahtar kelime dağılımları detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalar, fen eğitimi literatürünün nasıl şekillendiğini ve gelecekteki araştırma yönelimlerinin ne olacağını anlamak için önemli ipuçları sunmaktadır. Fen eğitimi literatüründeki bibliyometrik analizler, literatürün derinlemesine anlaşılmasını sağlar ve araştırmacılara daha stratejik bir bakış açısı sunar. Bu analizler, fen eğitimi alanında bilimsel bilginin nasıl üretildiği, yayıldığı ve kullanıldığı konusunda kapsamlı bir çerçeve sunarak, gelecekteki araştırmaların daha etkili bir şekilde planlanmasına olanak tanır. Benzer şekilde, Chang vd. (2023) çalışması, kavramsal değişim ve fen okuryazarlığı gibi konuların son dönemde fen eğitimi araştırmalarında yaygınlaştığını ve bu temaların gelecekteki araştırmalara yön verebileceğini göstermektedir.

2.1.2. Sürdürülebilirlik ve Fen Eğitimi

Sürdürülebilirlik, günümüzde çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla küresel öneme sahip bir kavramdır (Brundtland, 1987). Bu kavram, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynakların verimli kullanımını, ekosistemlerin korunmasını, toplumsal adaletin sağlanmasını ve ekonomik dengenin sürdürülmesini hedefler. Sürdürülebilirlik, çevresel sorunların ötesinde, sosyal eşitsizlikler, ekonomik adaletsizlikler ve küresel kaynakların adil dağılımı gibi karmaşık meseleleri de kapsar (UNESCO, 2015). Bu nedenle, sürdürülebilirlik anlayışı, disiplinler arası bir yaklaşım gerektirir ve fen eğitimi bu yaklaşımın merkezinde yer alır.

Fen eğitimi, sürdürülebilirlik bilincini geliştirmede kilit bir rol oynar. Doğa bilimleri, mühendislik ve çevre bilimleri gibi alanlarda verilen eğitimler, öğrencilere çevresel sorunlara bilimsel temelli çözümler geliştirmeleri için gerekli bilgi, beceri ve tutumları kazandırır (Sjostrom vd., 2023). Fen eğitimi, öğrencilerin çevreye duyarlı bir dünya görüşü geliştirmelerine yardımcı olurken, aynı zamanda doğal kaynakların yönetimi ve korunması konusunda bilinçli bireyler yetiştirmede kritik bir işlev görür (He vd., 2023). Fen eğitiminin sürdürülebilirlikle entegrasyonu, öğrencilerin hem bireysel hem de toplumsal sorumluluklarını yerine getirebilen, çevreye duyarlı ve eleştirel düşünme becerilerine sahip bireyler olmalarını sağlar (Uralovich vd., 2023) Ayrıca, öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmeleri ve ekolojik farkındalık kazanmaları için deneysel öğrenme süreçlerine ağırlık verilmesi önerilmektedir.

Sürdürülebilirlik, fen eğitimi müfredatlarına entegre edilmesi gereken temel bir unsur olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu entegrasyon, öğrencilere çevresel, sosyal ve ekonomik boyutları ele alarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sağlamayı amaçlayan bir yaklaşımı benimsetir (UNESCO, 2014). Fen eğitimi müfredatlarında sürdürülebilirlik anlayışının yer alması, öğrencilere biyolojik çeşitliliğin korunması, enerji tasarrufu, doğal kaynakların verimli kullanımı ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlara yönelik çözümler sunmayı hedefler (Stein vd., 2023). Bu eğitim, genellikle çevre sorunlarına yönelik projeler, ders içi etkinlikler ve disiplinler arası iş birlikleriyle desteklenir. Özellikle saha çalışmaları, laboratuvar deneyleri ve yerel çevre projeleri, öğrencilerin sürdürülebilirlik konularını doğrudan deneyimleyerek öğrenmelerine imkân tanımaktadır.

Fen eğitimi ve sürdürülebilirlik ilişkisinde sistem düşüncesi yaklaşımı büyük bir önem taşır. Sistem düşüncesi, öğrencilerin çevresel sorunları bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmelerine ve uzun vadeli etkilerini anlamalarına yardımcı olur (M. Pennington vd., 2020) Fen eğitiminde problem temelli öğrenme (PBL), STEM temelli yaklaşımlar ve disiplinler arası öğrenme yöntemleri, öğrencilerin sürdürülebilirlik ile ilgili sorunları çözmelerine yönelik güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır (Feinstein & Kirchgasler, 2015). Özellikle STEM eğitimi, öğrencilere çevresel problemlere teknoloji destekli çözümler geliştirme konusunda pratik beceriler kazandırır ve inovatif düşünmeyi teşvik eder (Vasconcelos & Orion, 2021). Ayrıca, proje tabanlı öğrenme (PBL) ile öğrenciler, çevresel sürdürülebilirlik sorunlarına yönelik çözümler geliştirirken, araştırma yapma ve hipotez test etme becerilerini de kazanırlar.

Araştırma temelli öğrenme yaklaşımı, öğrencilerin sürdürülebilirlikle ilgili güncel bilimsel araştırmaları analiz etmelerini ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerini sağlar. Oyunlaştırma ve simülasyon teknikleri, çevresel problemlerin çözümüne yönelik etkileşimli öğrenme ortamları sunarak öğrencilerin aktif katılımını artırabilir. Deneysel öğrenme yöntemleri ise yenilenebilir enerji kaynakları, geri dönüşüm süreçleri veya ekosistem modellemeleri gibi konular üzerine uygulamalı çalışmalar yapılmasına olanak tanır. Ayrıca, dijital araçların kullanımı bu süreci destekleyebilir. Sanal laboratuvarlar ve simülasyonlar, öğrencilerin çevresel konular hakkında deney yapmasını sağlarken, büyük veri analizi ve yapay zekâ, çevresel değişimleri anlamaya yönelik veri toplama ve modelleme çalışmalarında kullanılabilir. Dijital öğrenme platformları ise öğrencilere sürdürülebilirlik konusunda interaktif eğitim materyalleri sunabilir (O'Neill vd., 2018).

Fen eğitimi müfredatında sürdürülebilirlik konularının ele alınması, öğrencilere yerel ve küresel çevresel sorunları karşılaştırma fırsatı sunar. Öğrenciler, kendi ülkelerindeki çevresel sorunları küresel ölçekteki benzer sorunlarla kıyaslayarak farkındalık kazanabilirler. Ayrıca,

uluslararası işbirlikleri çerçevesinde farklı ülkelerde uygulanan sürdürülebilirlik politikaları incelenerek başarılı müfredat entegrasyonları örnek alınabilir. Çevre politikalarının eğitim sistemleri ile uyumlu hale getirilmesi, fen eğitiminde sürdürülebilirlik odaklı öğretim materyallerinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH), fen eğitiminin sürdürülebilirlikle entegrasyonu için önemli bir rehberlik sağlar. SKH, özellikle biyoloji, kimya, fizik ve çevre bilimleri gibi doğrudan çevresel sürdürülebilirlikle ilişkili fen derslerinde uygulanabilir (UNESCO, 2015). Bu hedefler, öğrencilerin küresel sorunları anlamalarını ve bu sorunlara yönelik bilimsel temelli çözümler geliştirmelerini teşvik eder (Abulibdeh vd., 2024). Eğitim politikaları açısından, sürdürülebilirlik eğitimi için öğretmenlerin yeterliliklerinin artırılması büyük önem taşır. Öğretmen eğitimi programları, sürdürülebilirlik konularında bilinçli nesiller yetiştirmek için güncellenmelidir. Ulusal ve uluslararası eğitim politikaları doğrultusunda, müfredat reformları ile sürdürülebilirliğin fen eğitimine entegrasyonu teşvik edilmelidir (Hogan & O'Flaherty, 2022).

Sürdürülebilirliğin fen eğitimine entegrasyonu, öğrencilerin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarda bilinçli bireyler olmalarını sağlamanın yanı sıra, küresel sorunlara yönelik çözüm geliştirmelerine de olanak tanır (Eilks, 2015). Bu entegrasyon, fen eğitiminin sadece bilimsel bilgi aktaran bir araç olarak değil, aynı zamanda toplumsal sorumlulukları ve çevresel adaleti hedefleyen bir eğitim modeli olarak yeniden şekillenmesine katkı sağlar (Pennington vd., 2020). STEM ve sistem düşüncesi yaklaşımlarıyla desteklenen fen eğitimi, öğrencilerin sürdürülebilirlik sorunlarına yönelik inovatif çözümler üretmesini sağlar (Feinstein & Kirchgasler, 2015). Bu nedenle, fen eğitiminin sürdürülebilirlikle entegrasyonu, gelecek nesillerin daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir dünya inşa etmeleri için kritik bir adım olarak değerlendirilmelidir.

2.1.3. Veri Madenciliği ve Makine Öğrenmesi

Veri madenciliği, büyük ve karmaşık veri setlerinden anlamlı desenler ve ilişkiler çıkarma sürecidir (Han & Xu, 2022). Eğitim araştırmalarında, öğrenci performansını tahmin etmek, öğretim süreçlerini analiz etmek, öğretim stratejilerini geliştirmek ve eğitsel kararlar almak için güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Fen eğitimi literatüründe, veri madenciliği bilimsel iş birliği ağlarını analiz etmek, araştırma eğilimlerini belirlemek ve akademik üretkenliği incelemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler aracılığıyla, literatürde hangi konuların öne çıktığı, hangi anahtar kelimelerin yoğun şekilde kullanıldığı ve hangi yazarların daha etkin olduğu belirlenebilmektedir (Romero & Ventura, 2020a). Özellikle

uluslararası akademik literatürün analizi için kullanılan veri madenciliği teknikleri, fen eğitimi alanındaki gelişmeleri daha kapsamlı bir perspektifle incelemeye olanak tanımaktadır.

Veri madenciliği ile makine öğrenmesi arasındaki temel farklar, kullanılan analiz yöntemleri ve hedeflenen çıktılar açısından belirginleşmektedir. Veri madenciliği genellikle betimleyici analiz sağlarken, makine öğrenmesi öngörücü modelleme ve otomatik öğrenme süreçleri üzerine odaklanmaktadır. Eğitim araştırmalarında metin madenciliği, ilişkilendirme analizi ve kümeleme algoritmaları, öğretim materyallerinin etkinliğini ölçmek, öğrenci davranışlarını analiz etmek ve akademik başarıyı tahmin etmek amacıyla sıkça kullanılmaktadır (Baker & Yacef, 2009). Fen eğitimi alanında doğal dil işleme (NLP) ve derin öğrenme algoritmalarının kullanımı giderek artmaktadır. Bu yöntemler, öğrenci yazılı cevaplarını analiz etmek, öğretmen geri bildirimlerini değerlendirmek ve akademik yayın eğilimlerini belirlemek için önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Makine öğrenmesi, veri madenciliği tekniklerinin bir alt kümesi olarak, sistemin veriden otomatik öğrenmesini ve tahminlerde bulunmasını sağlayan bir yapay zeka disiplinidir (Rane vd., 2024). Fen eğitimi araştırmalarında, yıllık yayın eğilimlerini tahmin etmek, atıf sayıları gibi değişkenler üzerinde geleceğe yönelik öngörüler oluşturmak ve literatürdeki eğilimleri analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. Denetimli öğrenme algoritmaları, öğrenci başarısını tahmin etmek ve öğretim materyallerinin etkisini değerlendirmek gibi eğitimle ilgili farklı amaçlara yönelik olarak uygulanmaktadır (Liebech-Lien, 2021).

Fen eğitimi araştırmalarında SVR, DTR ve LR gibi klasik makine öğrenmesi algoritmalarının yanı sıra, Derin Sinir Ağları (Deep Neural Networks - DNN), Bayes Ağları (Bayesian Networks) ve Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning - RL) gibi daha karmaşık modeller de kullanılmaktadır. Özellikle Bayes Ağları, öğrencilerin öğrenme yollarını modellemek ve akademik başarılarını tahmin etmek için yaygın olarak tercih edilen yöntemlerden biridir (Smola & Schölkopf, 2004a). Takviyeli Öğrenme, fen eğitimi bağlamında uyarlanabilir öğrenme ortamları oluşturmak için uygulanabilir. Bu bağlamda, özellikle çevrim içi eğitim platformları ve akıllı öğretim sistemleri gibi alanlarda bu tekniklerden faydalanılmaktadır.

Fen eğitimi araştırmalarında, SVR ve DTR gibi algoritmalar, atıf sayıları ve yayınlar arasındaki ilişkileri modellemek için güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. SVR, doğrusal olmayan veri setlerinde yüksek başarı sağlaması nedeniyle sıkça tercih edilmektedir (Huang vd., 2022). Jacobs & Ingwersen (2000) çalışmasında, SVR ve DTR algoritmaları kullanılarak fen eğitiminde yıllık yayın eğilimleri analiz edilmiştir. Benzer şekilde, O'Connor vd. (2001)

araştırmalarında DTR algoritmaları kullanılarak fen eğitimi literatüründeki atıf ilişkileri modellenmiş ve en etkili yayınlar belirlenmiştir.

Makine öğrenmesi yalnızca akademik yayın eğilimlerini modellemekle kalmaz, aynı zamanda bilimsel çalışmalar arasındaki bağlantıları ortaya çıkararak hangi araştırmaların fen eğitimi literatüründe daha fazla etkili olduğunu belirlemede de kritik bir rol oynar. Markusova vd. (2004) çalışmasında, makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak yazarlar arasındaki ilişkiler analiz edilmiş, alandaki en etkili çalışmalar belirlenmiş ve gelecekteki araştırma yönelimleri öngörülmüştür. Bu tür modellemeler, fen eğitimi literatürünün mevcut durumunu daha iyi anlamaya yardımcı olurken, aynı zamanda gelecekte üzerinde çalışılması gereken boşlukları belirlemede de önemli katkılar sağlamaktadır. Bu süreçte çapraz doğrulama (cross-validation) tekniklerinin kullanılması, modelleme süreçlerinin doğruluğunu artırmak açısından kritik önem taşımaktadır.

Büyük veri (Big Data) kullanımı, fen eğitimi araştırmalarında önemli bir dönüşüm sağlamaktadır. Eğitimde büyük veri kaynakları, online öğrenme platformları (Moodle, Coursera vb.), öğrenci sınav verileri, öğretmen geri bildirimleri gibi çeşitli veri setlerinden oluşmaktadır. Ancak, veri kalitesi, model performansını doğrudan etkilemektedir. Fen eğitimi araştırmalarında eksik veya önyargılı verilerin algoritmalar üzerindeki etkisini azaltmak için gelişmiş veri ön işleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir (Costa & Pedreira, 2023). Eğitimde büyük veri analizleri, öğretim süreçlerinin iyileştirilmesine, öğrenci başarısının daha iyi tahmin edilmesine ve eğitim politikalarının daha sağlıklı şekillendirilmesine olanak tanımaktadır.

Veri madenciliği ve makine öğrenmesi, fen eğitimi literatüründe büyük veri setlerini analiz etmenin ve bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkarmanın temel araçlarıdır. Veri madenciliği, araştırma eğilimlerini belirleme, akademik üretkenliği ölçme ve atıf ağlarını analiz etme konusunda önemli bir rol oynarken, makine öğrenmesi algoritmaları gelecekteki eğilimleri ve yayın sayılarını tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu tekniklerin fen eğitimi alanındaki kullanımına yönelik bazı etik kaygılar göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle, öğrenci başarısının tahmin edilmesine yönelik yapılan modellemelerde veri gizliliği, etik veri kullanımı ve algoritmaların ayrımcı önyargılardan arındırılması büyük önem taşımaktadır. Şeffaf modelleme süreçleri ve etik ilkelere dayalı veri kullanımı, makine öğrenmesi ve veri madenciliği tekniklerinin fen eğitimi literatüründe daha güvenilir sonuçlar üretmesini sağlayacaktır.

Şekil 6'da gösterildiği gibi, kullanılan tahmin algoritmaları, fen eğitimi literatürünün daha derinlemesine anlaşılmasına ve gelecekteki araştırma yönelimlerine ışık tutmaya olanak

sağlamaktadır. Makine öğrenmesi ve veri madenciliği yöntemlerinin başarısı, kullanılan veri setlerinin kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Eksik veya hatalı veri sorunu, model doğruluğunu düşürebilir. Fen eğitimi araştırmalarında veri temizleme (data cleaning) ve veri ön işleme (data preprocessing) teknikleri kullanılarak model doğruluğu artırılmaktadır. Çapraz doğrulama (cross-validation) yöntemi modelin genelleme başarısını artırmak için yaygın olarak uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra, hiperparametre optimizasyonu (hyperparameter tuning) ile model performansı iyileştirilmekte ve veri dengesizliği sorununun olumsuz etkileri azaltılmaktadır. Fen eğitimi araştırmalarında kullanılan veri setlerinin eksik veya önyargılı olması, modelleme sonuçlarının güvenilirliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, kullanılan veri setlerinin çeşitlendirilmesi ve modelleme süreçlerinde kontrollerin yaapılması önerilmektedir.

Makine öğrenmesi ve veri madenciliğinin fen eğitimi araştırmalarında kullanımına yönelik bazı etik kaygılar bulunmaktadır. Algoritmik önyargılar (Algorithmic Bias), veri güvenliği ve şeffaflık en büyük etik konular arasında yer almaktadır. Özellikle, öğrenci başarısının tahmin edilmesine yönelik yapılan modellemelerde, veri gizliliği, etik veri kullanımı ve algoritmaların ayrımcı önyargılardan arındırılması büyük önem taşımaktadır. Öğrenci verilerinin anonimleştirilmesi ve güvenliği, etik ilkelere uygun olarak sağlanmalı ve bu verilerin eğitim araştırmalarında nasıl kullanıldığı şeffaf bir şekilde ortaya konmalıdır. Bu bağlamda, makine öğrenmesi ve veri madenciliği tekniklerinin etik ilkelere uygun bir şekilde kullanılması, fen eğitimi araştırmalarının güvenilirliğini artıracak ve daha kapsayıcı eğitim politikalarının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

2.1.4. Veri Görselleştirme Teknikleri

Veri görselleştirme, büyük ve karmaşık veri setlerini anlaşılır ve etkili bir şekilde sunmak için kullanılan grafiksel araçlar ve yöntemler bütünüdür (Fadloun vd., 2022; McInerny vd., 2014). Fen eğitimi literatüründe, veri görselleştirme teknikleri, bilimsel bilgiyi sunmak, eğilimleri analiz etmek ve bibliyometrik incelemeleri desteklemek için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Büyük veri setlerinin doğrudan yorumlanması zor olduğundan, görselleştirme teknikleri, araştırmacıların bu verilerden anlam çıkarmasını kolaylaştırmakta ve karar alma süreçlerini hızlandırmaktadır. Özellikle, bilimsel eğilimlerin belirlenmesi, araştırma yoğunluklarının ölçülmesi ve akademik üretkenliğin analiz edilmesi gibi süreçlerde, grafik, harita ve interaktif veri görselleştirme yöntemleri bilimsel çıktıları daha anlaşılır hale getirmektedir (Su vd., 2021; Ware, 2004).

Fen eğitimi gibi geniş ve disiplinler arası bir alan, bilimsel eğilimlerin ve ilişkilerin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak amacıyla görselleştirme tekniklerinden faydalanır. Bilim haritalama ve atıf ağları görselleştirme, literatürdeki iş birliklerini, sıkça atıf yapılan çalışmaları ve önemli araştırma konularını görsel olarak sunmada yaygın olarak kullanılır (Chen, 2013; Qi vd., 2021). Literatürdeki eğilimlerin belirlenmesi açısından veri görselleştirme sadece bilgi sunmakla kalmaz, aynı zamanda veriye dayalı tahmin yapmayı ve gelecekteki araştırma yönelimlerini belirlemeyi de mümkün kılmaktadır. Zaman serisi analizleriyle akademik literatürde belirli bir alandaki yayın eğilimleri incelenirken, ağ analiziyle bilimsel iş birliklerinin yoğunluğu ve etkili yazarlar ortaya konulmaktadır. Fen eğitimi literatüründe, özellikle bilimsel iş birliklerini ve akademik üretkenliği anlamak için atıf ağları görselleştirme teknikleri oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan Seaborn ve Plotly gibi kütüphaneler, veri görselleştirme için yaygın ve güçlü araçlardır. Seaborn, veri setlerini hızlı ve etkili bir biçimde görselleştirmek için Python'da kullanılan popüler bir kütüphanedir. Matplotlib üzerine inşa edilmiştir ve estetik açıdan zengin, istatistiksel açıdan doğru grafikler üretmeye olanak tanır (Waskom, 2021). Özellikle fen eğitimi alanında, Seaborn, verilerin hızlı ve doğru biçimde analiz edilmesine ve bu verilerdeki kalıpların görünmesine yardımcı olur. Seaborn, atıf ağları, yayın eğilimleri ve anahtar kelime analizleri gibi bibliyometrik verilerin görselleştirilmesi için yaygın olarak tercih edilir. Plotly, interaktif veri görselleştirme araçlarıyla ön plana çıkan bir başka kütüphanedir. Plotly'nin sağladığı etkileşimli grafikler, kullanıcıların verilerle daha fazla etkileşimde bulunmasına olanak tanır. Fen eğitimi literatüründeki eğilimleri görselleştirirken Plotly, kullanıcılara veriler üzerinde etkileşimli analizler yapma imkânı sunar. Yıllık yayın eğilimleri veya anahtar kelime yoğunlukları gibi değişkenlerin zaman içinde nasıl değiştiğini analiz etmek için Plotly'nin interaktif grafikleri kullanılmaktadır (Siegfried, 2020). Ayrıca, bu tür grafikler, araştırmacıların büyük veri setlerinde hızlıca gezinebilmelerine ve veriler üzerinde daha etkileşimli analizler yapmalarına imkân sağlar.

Fen eğitimi literatüründe, bilimsel haritalama ve ağ analizi gibi veri görselleştirme teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilimsel haritalama, araştırmalar arasındaki bağlantıları, atıf ağlarını ve bilimsel iş birliği kalıplarını görselleştirmek için kullanılır. Bu haritalar, literatürdeki ana araştırma konularını ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyar. Fen eğitimi alanında yapılan bibliyometrik analizlerde, bilimsel iş birliği ağları, yazarlar arasındaki etkileşimleri ve hangi yazarların literatürde daha merkezi roller üstlendiğini görselleştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu analizler, özellikle literatürdeki boşlukları ve gelecekteki araştırma fırsatlarını belirlemede önemli bir rol oynar (Cobo vd.,

2011; Li vd., 2021). Ağ analizi bilimsel iş birliği ve atıf ağlarının görselleştirilmesi için kullanılan bir başka tekniktir. Atıf ağları, literatürde hangi çalışmaların daha fazla atıf aldığını ve bu çalışmaların literatür üzerindeki etkisini analiz etmek için kullanılır. Fen eğitimi literatüründe, ağ analizi teknikleri kullanılarak, uluslararası iş birliklerinin hangi yazarlar arasında daha yoğun olduğu ve bu iş birliklerinin bilimsel üretkenlik üzerindeki etkisi görselleştirilebilir. VOSviewer ve Gephi gibi araçlar, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik verilerin ağ analizi ve haritalama işlemlerinde sıkça tercih edilen görselleştirme yazılımlarıdır (Ding & Yang, 2022; Eck & Waltman, 2010).

Veri görselleştirme teknikleri, sadece literatürdeki eğilimleri anlamayı kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda karar alma süreçlerini de hızlandırır. Araştırmacılar, görselleştirme teknikleri sayesinde büyük veri setlerinden elde ettikleri bilgileri daha anlaşılır hale getirebilir ve bu bilgileri diğer araştırmacılarla etkili bir şekilde paylaşabilirler. Özellikle fen eğitimi gibi disiplinler arası alanlarda, araştırmacıların verileri hızlı ve doğru bir şekilde analiz etmeleri büyük önem taşır. Bu bağlamda, veri görselleştirme teknikleri, karmaşık ilişkileri basit ve anlaşılır grafikler aracılığıyla sunarak, alandaki bilgi paylaşımını hızlandırır (Card vd., 1999; Ware, 2021).

Makine öğrenmesi, veri görselleştirme tekniklerini daha güçlü hale getiren unsurlar arasında yer almaktadır. Denetimsiz öğrenme algoritmaları, veri görselleştirme sürecinde büyük ölçekli veri kümelerinin anlamlandırılmasına olanak tanımaktadır. Kümeleme algoritmaları, araştırma alanlarındaki ana eğilimleri belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, k-means kümeleme algoritması, literatürdeki anahtar temaları belirlemek ve bilimsel araştırmaların sınıflandırılmasını sağlamak için kullanılmaktadır (Van Eck & Waltman, 2010). t-SNE (t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding) ve UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) gibi boyut indirgeme teknikleri, çok boyutlu bibliyometrik verileri iki boyutlu haritalar halinde sunarak, ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, doğal dil işleme (NLP) tabanlı metin madenciliği teknikleri, fen eğitimi literatüründeki araştırma konularını analiz ederek hangi temaların zaman içinde daha fazla önem kazandığını belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede, bilimsel yayınların içerikleri makine öğrenmesi tabanlı görselleştirme yöntemleriyle analiz edilerek, gelecekte hangi alanların ön plana çıkabileceği tahmin edilebilmektedir. Veri görselleştirme teknikleri, fen eğitimi literatüründeki eğilimleri ve bilimsel iş birliklerini anlamak ve bu bilgileri daha geniş kitlelerle paylaşmak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Veri görselleştirme araçları, karmaşık verileri sadeleştirerek, araştırmacıların veri setlerini analiz etmelerini ve anlamalarını kolaylaştırmaktadır.

BiBLoX, fen eğitimi literatüründe daha önceki çalışmalardan farklı olarak makine öğrenmesi ve veri madenciliği tekniklerini birleştirerek derinlemesine analiz imkânı sunmaktadır. Bu analizler, fen eğitimi araştırmalarında öne çıkan temaları ve araştırma boşluklarını belirleyerek, hem akademik araştırmalar için bir yol haritası oluşturmakta hem de eğitim politikaları açısından faydalı bilgiler sunmaktadır.

2.2. İlgili Araştırmalar

Bu bölümde, bibliyometrik analiz, veri madenciliği, sürdürülebilirlik ve makine öğrenmesi tekniklerinin fen eğitimi literatürüne nasıl uygulandığına dair ulusal ve uluslararası düzeyde yapılmış çalışmalar ele alınmaktadır. Öncelikle, bibliyometrik analiz yöntemleriyle yapılan araştırmaların fen eğitimi alanında hangi temaları öne çıkardığı, literatürdeki yönelimleri nasıl ortaya koyduğu ve atıf ilişkileri üzerinden hangi iş birliği ağlarını görünür kıldığı değerlendirilecektir. Ardından, veri madenciliği ve makine öğrenmesi tekniklerinin, özellikle büyük veri setlerinden bilgi çıkarımı ve öngörüsel modelleme bağlamında nasıl kullanıldığı örneklerle tartışılacaktır. Son olarak, fen eğitimi bağlamında sürdürülebilirlik temalı çalışmaların hem içerik hem de yöntemsel açıdan nasıl konumlandığı, bu çalışmaların eğitsel politika ve uygulamalara olan yansımaları incelenecektir. Bu çerçevede ele alınan literatür, araştırmanın kuramsal altyapısını oluşturmakla birlikte, geliştirilen BiBLoX yazılımının özgün katkısını da temellendirme amacını taşımaktadır.

2.2.1. Bibliyometrik Analiz Üzerine Yapılan Araştırmalar

Bibliyometrik analiz, bilimsel literatürdeki eğilimleri, iş birliklerini ve araştırma performansını anlamak amacıyla kullanılan sayısal analiz yöntemlerini içerir. Fen eğitimi gibi geniş disiplinlerde, hangi konuların daha fazla araştırıldığı, hangi ülkelerin ve kurumların bu alana en çok katkı sağladığı ve hangi yazarların daha etkili olduğu gibi kuramsalı yanıtlamak için sıklıkla kullanılır. Fen eğitimi literatürü, uluslararası iş birliği ve disiplinler arası çalışmaları içeren zengin bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, literatürdeki eğilimleri ve iş birliklerini analiz etmek için bibliyometrik analiz yöntemlerine başvurulması önemlidir.

Bibliyometrik analizler, yalnızca fen eğitimi alanındaki araştırma faaliyetlerini değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda literatürdeki araştırma boşluklarını ve gelecekte hangi alanlarda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini de ortaya koyar (Peng vd., 2020) tarafından yapılan çalışmalarda, bilimsel yayınlar arasındaki atıf ağları incelenmiş ve bilimsel iş birliklerinin nasıl şekillendiği analiz edilmiştir. Peng'in çalışmaları, bilimsel literatürde araştırma grupları ve iş birliği ağlarının hangi ülkelerde ve kurumlarda yoğunlaştığını

göstermesi açısından büyük önem taşır. Fen eğitimi alanında yapılan bu tür bibliyometrik analizler, araştırma ağlarının merkezinde yer alan araştırmacıların ve kurumların bu alandaki bilimsel üretkenliği nasıl yönlendirdiğini gözler önüne serer.

Eck & Waltman (2010) tarafından geliştirilen VOSviewer yazılımı, bibliyometrik analizlerde sıkça kullanılan güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. VOSviewer, özellikle atıf ağlarını ve co-authorship (ortak yazarlık) ağlarını görselleştirerek bilimsel iş birliklerinin analiz edilmesine yardımcı olur. Van Eck ve Waltman'ın çalışmaları, bilimsel haritalama ve bilimsel iş birliği ağlarının nasıl oluşturulacağını gösteren önemli bir metodolojik katkı sunmuştur. Bu yazılım, bilimsel yayınların atıf yoğunluklarını ve hangi yazarların literatürde daha merkezi bir rol oynadığını görselleştirir ve analiz eder. Özellikle fen eğitimi alanında kullanılan bibliyometrik analizlerde, bu tür araçlar büyük veri setleri üzerinde çalışmak ve literatürdeki eğilimleri anlamak için vazgeçilmezdir.

Bibliyometrik analiz yöntemleri, literatürde hangi anahtar kelimelerin daha fazla kullanıldığını, hangi konuların daha fazla ilgi çektiğini ve hangi yayınların daha fazla atıf aldığını görselleştirmede önemli bir rol oynar. Fen eğitimi literatüründe yapılan çalışmalarda, co-citation analysis (eş-atıf analizi), araştırma alanlarındaki bilimsel kümelenmeleri belirlemek ve hangi araştırmacıların benzer konular üzerinde çalıştığını anlamak için kullanılır. fen eğitimi alanında yapılan araştırmaların büyük bir kısmı, öğretim yöntemleri, teknoloji entegrasyonu ve öğrenci başarısı gibi konulara odaklanmaktadır. Bibliyometrik analizler, bu konuların zamanla nasıl geliştiğini ve hangi anahtar kelimelerin daha fazla öne çıktığını göstermek için kullanılır (Chen vd., 2010b; Qi vd., 2021).

Fen eğitimi literatüründe bibliyometrik analizler üzerine yapılan çalışmalar, alandaki en etkili yazarların ve araştırma gruplarının kimler olduğunu belirlemeye de odaklanmıştır. Glänzel & Schubert (2020) tarafından yapılan çalışmalar, uluslararası iş birliklerinin bilimsel üretkenlik üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışmalarda, uluslararası iş birlikleri içeren yayınların genellikle daha fazla atıf aldığı ve bu iş birliklerinin fen eğitimi literatüründeki etkiyi artırdığı gösterilmiştir. Özellikle fen eğitimi gibi geniş bir araştırma alanında, uluslararası iş birliği, literatüre büyük katkı sağlamakta ve bu katkılar bibliyometrik analizlerle daha açık bir şekilde ortaya konulmaktadır.

Kuhn (1962) ve Merton (1973) gibi bilim sosyologları, bilimin gelişiminde sosyometrik (bilimsel etkileşimlerin ve iş birliklerinin incelenmesi) ve bilimsel üretkenlik analizlerinin önemini vurgulamışlardır. Fen eğitimi literatüründe de bu tür analizler, hangi ülkelerin ve kurumların alana daha fazla katkı sağladığını anlamak için kullanılmıştır. Özellikle ABD, Çin ve Avrupa ülkeleri gibi ülkelerin fen eğitimi alanında merkezi bir rol oynadığı, bu ülkelerdeki

araştırmacıların daha fazla atıf aldığı ve literatürdeki önemli katkıların bu ülkelerden geldiği gösterilmiştir. Scopus ve WoS gibi büyük veri tabanlarında yapılan bibliyometrik analizler, bu eğilimleri net bir şekilde ortaya koymaktadır (Leydesdorff & Milojević, 2015; Yang vd., 2020).

Fen eğitimi literatüründe bibliyometrik analizler, bilimsel alandaki eğilimleri anlamak, ulusal ve uluslararası iş birliklerini incelemek ve gelecekteki araştırma yönelimlerini belirlemek amacıyla önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Taieb vd., 2021; Moed, 2005; Raan, 2004). Bibliyometrik analizler, bilimsel yayınlardaki atıf yoğunluğunu, yazarlar arasındaki iş birliği ağlarını ve anahtar kelime kullanımlarının yoğunluklarını analiz ederek, literatürdeki büyük veri kümelerinin daha sistematik ve anlaşılır hale getirilmesine olanak sağlar (Börner vd., 2003; Qi vd., 2021). Bu analiz türü, araştırmacılara hangi konuların ön planda olduğunu ve hangi alt alanların gelecekte gelişim potansiyeline sahip olduğunu belirleme fırsatı sunmaktadır (Garfield, 1979; Singh vd., 2021; Small, 1973a).

Atıf analizleri, hangi çalışmaların literatürde en fazla etki yarattığını belirlerken, anahtar kelime co-occurrence analizleri, belirli konuların popülerliğini ve literatürdeki eğilimlerin zaman içindeki evrimini gözlemleme imkânı sunmaktadır (Leydesdorff, 2001; Zupic & Čater, 2015b). Anahtar kelime analizleri kullanılarak belirli araştırma konularının yükseliş veya düşüş eğilimleri tespit edilebilmekte, bu sayede bilimsel topluluklar gelecekte hangi konuların daha fazla önem kazanabileceği konusunda fikir sahibi olmaktadır (Chen vd., 2010b; Hota vd., 2020).

Bibliyometrik analizler ayrıca, akademik iş birliklerinin analizinde de önemli rol oynamaktadır. Yazar iş birliği ağları incelendiğinde, hangi kurumların ya da ülkelerin uluslararası projelerde daha etkin oldukları ortaya konulabilir (Glänzel & Schubert, 2020; Katz & Martin, 1997). Bu tür analizler, fen eğitimi gibi uluslararası düzeyde yaygın bir alanda, farklı ülkelerin iş birliği örüntülerini ve bu iş birliklerinin bilimsel üretkenlik üzerindeki etkilerini anlamamıza yardımcı olmaktadır (Ilan, 2008). Coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile entegre edilmiş analizler, belirli ülkelerin veya bölgelerin bilimsel katkılarını ve aralarındaki iş birliği düzeylerini görselleştirerek uluslararası araştırma ağlarının daha geniş bir perspektifte incelenmesine olanak tanır (Ding & Yang, 2022; Leydesdorff & Rafols, 2009; Waltman & Eck, 2015).

Fen eğitimi, geniş bir araştırma alanını kapsadığı için uluslararası düzeyde iş birliklerinin ve ortak yazarlık ağlarının önemi oldukça büyüktür. Özellikle fen eğitimi gibi disiplinler arası alanlarda, ülkeler arasındaki iş birlikleri, bilimsel üretkenliği artıran en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. (Glänzel & Schubert, 2020), uluslararası iş birliklerinin bilimsel literatüre daha fazla katkı sağladığını ve bu tür çalışmaların genellikle

daha yüksek atıf aldığını göstermiştir. Bu, uluslararası iş birliklerinin, sadece bilimsel üretkenlik değil, aynı zamanda çalışmaların bilimsel etki düzeyini de artırdığını ortaya koymaktadır.

Chen vd. (2010b) tarafından yapılan çalışmalarda, fen eğitimi literatüründe sıkça kullanılan anahtar kelimeler arasında "bilimsel okuryazarlık", "eğitim teknolojileri", "problem çözme" ve "öğrenci başarısı" gibi kavramların öne çıktığı gösterilmiştir. Bu kavramlar, fen eğitimi araştırmalarında sıkça vurgulanan temel temalar arasında yer alırken, aynı zamanda bilimsel okuryazarlık gibi kavramlar, öğrencilere bilimsel düşünme becerilerini kazandırmayı hedefleyen eğitim stratejilerinin önemini vurgular. Jacobs & Ingwersen (2000)'un çalışmasında da anahtar kelime analizleri kullanılarak fen eğitimi literatüründeki temel temalar ve bu temaların yıllar içindeki değişimi incelenmiştir.

Bibliyometrik analizlerde kullanılan bazı temel metrikler, fen eğitimi literatürünü anlamak ve değerlendirmek için kritik önem taşır. Bu metrikler arasında atıf sayısı, h-indeksi ve etki faktörü öne çıkar:

Atıf Sayısı: Bir çalışmanın literatürde ne kadar atıf aldığını gösteren bu metrik, çalışmanın bilimsel alandaki önemini ölçmek için yaygın olarak kullanılır (Garfield, 1972). Atıf sayısı yüksek olan çalışmalar, genellikle alandaki önemli bulgulara veya metodolojik yeniliklere işaret eder.

H-indeksi: Bu metrik, bir araştırmacının belirli bir sayıda yayınının, en az o kadar sayıda atıf almış olmasını ifade eder (Hirsch, 2005). Örneğin, h-indeksi 10 olan bir araştırmacının en az 10 çalışmasının 10 veya daha fazla atıf aldığı anlamına gelir. H-indeksi, araştırmacının bilimsel katkısının sürdürülebilirliğini ve etki gücünü değerlendirmede kullanılır.

Etki Faktörü: Genellikle dergilerin değerlendirilmesinde kullanılan bu metrik, belirli bir yıl içerisinde bir dergide yayımlanan makalelerin aldığı ortalama atıf sayısını ifade eder (Moed, 2005). Etki faktörü yüksek olan dergiler, literatürde daha fazla etkili kabul edilir ve bu dergilerde yayımlanan makalelerin de daha fazla atıf alması beklenir.

Bu metrikler, fen eğitimi literatüründe etkili araştırmacıları, popüler konuları ve önemli dergileri belirlemek için sıklıkla kullanılır. Fen eğitimi alanında yüksek h-indeksi veya atıf sayısına sahip olan araştırmacılar, alanda tanınan ve bilimsel üretkenliği yüksek olarak kabul edilen kişiler olarak öne çıkar. Benzer şekilde, etki faktörü yüksek olan dergiler, bilimsel çalışmalarda daha fazla tercih edilen yayımlardır ve bu dergilerde yayımlanan makaleler literatürde daha fazla atıf alır.

2.2.2. Veri Madenciliği ve Makine Öğrenmesi Üzerine Yapılan Araştırmalar

Veri madenciliği ve makine öğrenmesi eğitim araştırmalarında, büyük veri setlerinden anlamlı örüntüler çıkarmak ve geleceğe yönelik tahminler yapmak için kullanılan önemli araçlar haline gelmiştir. Eğitimde veri madenciliği, öğrenme süreçlerini ve öğrenci performansını analiz etmek için kritik bir araç olup, öğretim süreçlerinin iyileştirilmesi, öğrenme yöntemlerinin daha etkili hale getirilmesi ve eğitim politikalarının şekillendirilmesi için bilgi sağlar (Romero & Ventura, 2010; Zong vd., 2021). Bu araçlar sayesinde, eğitim verilerinden anlamlı çıkarımlar yapılabilir, bu da araştırmacıların eğitim sistemlerini daha etkili bir şekilde optimize etmelerine yardımcı olur.

Veri madenciliği, eğitim araştırmalarında geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Romero & Ventura (2007), eğitimde veri madenciliğinin özellikle öğrenci davranışlarını modelleme, öğrenci başarısını tahmin etme ve öğrenme yollarını inceleme gibi konularda nasıl uygulandığını göstermiştir. Bu teknikler, öğrenci verileri üzerindeki analizlerin derinleştirilmesine, hangi öğretim stratejilerinin daha etkili olduğunu belirlemeye ve eğitimi bireyselleştirmeye olanak sağlar. Sınıf içi faaliyetler, ödevler ve sınav sonuçları gibi veri setleri analiz edilerek, öğrencilerin hangi öğrenme yollarını tercih ettiği veya hangi konularda zorluk çektiği tespit edilebilir.

Zhang vd. (2009), veri madenciliği tekniklerinin eğitsel süreçlerde, öğrenci performansını tahmin etme ve eğitim süreçlerinin verimliliğini artırmada nasıl kullanılabileceğini vurgulamıştır. Özellikle büyük ölçekli veri setlerinin analizinde, bu teknikler, eğitim kurumlarına, öğretim süreçlerinin etkisini değerlendirmede güçlü bir araç sunmaktadır. Bu bağlamda, veri madenciliği teknikleri, öğrencilerin başarı ve başarısızlık eğilimlerini belirleyerek, daha kişiselleştirilmiş ve hedeflenmiş öğretim stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Fen eğitimi gibi disiplinler arası alanlarda, veri madenciliği uygulamaları bilimsel literatürdeki eğilimleri ve iş birliklerini analiz etmek için de kullanılır. Fen eğitimi araştırmalarında büyük miktarda bilimsel yayın ve atıf verisi bulunur. Bu veri setleri üzerinde veri madenciliği teknikleri kullanılarak, hangi araştırma konularının daha fazla ilgi gördüğü ve hangi ülkelerin veya kurumların fen eğitimi alanında daha fazla katkıda bulunduğu analiz edilebilir.

Makine öğrenmesi, veri madenciliği ile birlikte eğitimde kullanılan bir diğer önemli tekniktir. Makine öğrenmesi algoritmaları, büyük veri setlerinde örüntüleri ve eğilimleri otomatik olarak öğrenerek, eğitim araştırmalarında büyük faydalar sağlar. (Valladares, 2021),

makine öğrenmesinin büyük veri setlerinde modelleme ve tahmin yeteneklerinin eğitim araştırmalarında nasıl kullanılabileceğini detaylı bir şekilde incelemiştir. Bu teknikler, fen eğitimi araştırmalarında özellikle yıllık yayın sayılarının, atıf yoğunluklarının ve araştırma eğilimlerinin tahmin edilmesi için kullanılır.

LR, SVR ve DTR gibi makine öğrenmesi algoritmaları, verilerdeki eğilimleri analiz etmek ve bu eğilimleri modellemek için sıkça kullanılan güçlü araçlardır. Bu algoritmalar, fen eğitimi araştırmalarında önemli bir rol oynamaktadır; geçmiş verileri kullanarak yıllık yayın sayılarının nasıl değiştiğini ve gelecekte hangi konuların daha fazla ilgi göreceğini tahmin etmeye olanak sağlar.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, makine öğrenmesi algoritmalarının eğitim verilerinin analizinde ve tahmininde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle, 2020 yılından sonra yapılan çalışmalar, SVR ve diğer gelişmiş algoritmaların eğitimdeki uygulamalarını daha da vurgulamıştır. Hussain vd. (2021), SVR'nin e-öğrenme ortamlarında öğrenci başarısını tahmin etmede etkili olduğunu ve doğrusal regresyon modellerine kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığını belirtmiştir. Ayrıca, Abdulaziz & Altun (2022), SVR ve derin öğrenme yöntemlerinin eğitim verilerindeki doğrusal olmayan ilişkileri başarılı bir şekilde modelleyebildiğini ve geleceğe yönelik tahminlerde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmalar, SVR'nin özellikle eğitim verilerinde karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilerin öne çıktığı durumlarda tahmin gücüyle dikkat çektiğini ortaya koymaktadır.

Son yıllarda, fen eğitimi literatüründe makine öğrenmesi algoritmaları, yıllık yayın sayıları ve atıf yoğunlukları gibi değişkenler üzerinde geleceğe yönelik öngörüler yapmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Romero & Ventura (2020b), eğitim verilerinin analizinde makine öğrenmesi tekniklerinin önemini vurgulayarak, bu tekniklerin yayın trendlerini ve atıf desenlerini tahmin etmede etkili olduğunu belirtmiştir. Schwartz & Johnson (2022) ise eğitim araştırmalarındaki eğilimleri analiz etmek için makine öğrenmesi algoritmalarını kullanmış ve SVR gibi yöntemlerin, LR kıyasla daha karmaşık veri yapılarını dikkate alarak daha hassas öngörüler sunabildiğini göstermiştir. Bu çalışmalar, gelecekteki araştırma konularının belirlenmesinde ve bilimsel literatürün yönlendirilmesinde makine öğrenmesi algoritmalarının önemini vurgulamaktadır.

DTR, veriyi çeşitli dallara ayırarak her bir dal için tahminler yapar ve verinin karmaşıklığını azaltarak analizleri daha anlaşılır hale getirir. Son yıllarda, bu yöntem fen eğitimi araştırmalarında giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. Smith & Johnson (2022), makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak fen eğitimi alanındaki yayın trendlerini ve atıf desenlerini tahmin etmeye odaklanmış ve DTR'un bu alanda etkili bir araç olduğunu göstermiştir. Ayrıca,

Romero & Ventura (2020b), eğitim verilerinin analizinde karar ağaçlarının etkin kullanımını vurgulamış ve bu yöntemin öğrenci performansını ve öğrenme eğilimlerini tahmin etmede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmalar, DTR'un veriyi farklı segmentlere ayırma yeteneği sayesinde, yayınların hangi faktörlerle daha fazla ilişkilendirildiğini anlamada önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Fen eğitimi alanında yapılan bibliyometrik analizlerde makine öğrenmesi ve veri madenciliği tekniklerinin kullanılması, araştırma eğilimlerini daha iyi anlamamıza ve gelecekte hangi konuların daha fazla önem kazanacağını tahmin etmemize olanak sağlamaktadır. Li & Chen (2022b), makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak eğitim teknolojisi araştırmalarındaki eğilimlerin zaman içindeki değişimini analiz etmiş ve gelecekteki araştırma konularını öngörmüştür. Bu algoritmalar, bilimsel literatürün gelecekteki yönelimlerini anlamak ve hangi konuların daha fazla ilgi göreceğini belirlemek için etkili araçlardır. LR, SVR ve Karar Ağacı Regresyonu gibi algoritmalar, fen eğitimi literatüründe araştırma eğilimlerini anlamak ve geleceğe yönelik öngörüler sunmak için önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikler, verilerin analizi ile gelecekte hangi araştırma konularının ön planda olacağını ve bilimsel etkinliğin nasıl şekilleneceğini tahmin etmemize yardımcı olur.

Veri madenciliği ve makine öğrenmesi, eğitim araştırmalarında karar destek sistemlerinin geliştirilmesi ve veri tabanlı politika üretiminde sundukları avantajlarla öne çıkar. Romero & Ventura (2020b), veri madenciliği tekniklerinin büyük veri setlerinden elde edilen bulgularla daha iyi eğitim politikaları oluşturulmasına yardımcı olduğunu vurgulamıştır. Bu tekniklerin eğitim araştırmalarında uygulanması, geniş veri setlerinden elde edilen örüntüler sayesinde öğrenci performansı, öğretim süreçleri ve eğitim kalitesi hakkında önemli çıkarımlar yapılmasını mümkün kılar.

Fen eğitimi araştırmalarında, veri madenciliği ve makine öğrenmesi, öğretim süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi ve araştırma sonuçlarının daha doğru bir şekilde tahmin edilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Romero & Ventura (2010), veri madenciliği tekniklerinin eğitimde kullanılmasıyla, öğrenci başarısı, öğretim yöntemleri ve öğrenme sürecine ilişkin değerli bilgiler elde edilebileceğini belirtmiştir. Bu teknikler, eğitim verilerinden çıkarılan desenler aracılığıyla öğretmenlerin ve eğitimcilerin stratejik kararlar almasına katkıda bulunur.

Fen eğitimi literatüründe, makine öğrenmesi algoritmaları, özellikle LR, SVR ve Karar Ağaçları gibi modeller, yıllık yayın eğilimlerini ve atıf yoğunluklarını tahmin etmede etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Lee vd. (2021), fen eğitimi alanındaki yayın trendlerini analiz etmek için makine öğrenmesi tekniklerini kullanmış ve bu tekniklerin gelecekteki araştırma konularını

öngörmede başarılı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Sun vd. (2022), fen eğitimi araştırmalarındaki atıf desenlerini inceleyerek, SVR ve Karar Ağaçları'nın bu alandaki eğilimleri tahmin etmede etkili olduğunu belirtmiştir.

Makine öğrenmesi tekniklerinin fen eğitimi literatüründeki gelecekteki yayın eğilimlerini tahmin etmede ve araştırma konularının zamanla nasıl evrileceğini modellemelerde etkili bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Kim vd. (2020), veri madenciliği teknikleriyle geçmiş verilere dayalı olarak literatürdeki eğilimlerin nasıl değişeceğini analiz etmiş ve gelecekte hangi konuların daha fazla araştırılacağına dair tahminlerde bulunmuştur. Bu tür tahmin modelleri, literatürde hangi konuların öne çıktığını ve gelecekte hangi alanların daha fazla araştırılacağını öngörerek araştırmacılara yeni yönelimler sunmaktadır. Veri madenciliği ve makine öğrenmesi, araştırmacılara sadece mevcut verilerle sınırlı kalmayıp gelecekteki araştırma yönelimlerini de belirleme fırsatı sunar. Bu da bilimsel araştırmaların daha stratejik bir şekilde yönlendirilmesini sağlar ve böylece fen eğitimi alanındaki araştırma süreçleri daha verimli ve etkili hale gelir.

Veri madenciliği ve makine öğrenmesi tekniklerinin eğitimdeki uygulamaları, gelecekte daha geniş çapta ve daha derin bir şekilde kullanılacaktır. Eğitimde veri madenciliği, öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha iyi anlamak, bireysel öğrenme ihtiyaçlarını tespit etmek ve kişiselleştirilmiş eğitim materyalleri sunmak için büyük bir potansiyele sahiptir (Romero & Ventura, 2020a; Richter vd., 2019a). Makine öğrenmesi algoritmaları ise, öğrenci performansını tahmin etmek, öğrenme davranışlarını modellemek ve öğrenme sonuçlarını optimize etmek için kullanılarak eğitimdeki etkililiği artırmaktadır (Chen vd., 2020; Hussain vd., 2018). Bu teknolojilerin daha geniş çapta uygulanması, eğitimde bireyselleştirilmiş ve veri odaklı kararların önünü açacak, öğrenme analitiği ve öğrenci başarısı üzerinde güçlü bir etki yaratacaktır (Liu & Wang, 2021; Luan & Tsai, 2021a). Luan & Tsai (2021a), makine öğrenmesinin eğitimde kullanımının hızla artacağını ve eğitim süreçlerinin daha fazla veriye dayalı karar alma süreçleri ile destekleneceğini öngörmektedir. Bu teknolojiler, eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme ortamlarının oluşturulmasına, öğrenci performansının daha yakından izlenmesine ve eğitim politikalarının veri tabanlı olarak geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Makine öğrenmesi ve veri madenciliği, eğitimi daha verimli hale getirmek ve öğretim süreçlerini daha hedeflenmiş bir şekilde yönlendirmek için kritik öneme sahiptir. Özellikle eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme kavramı, veri madenciliği tekniklerinin etkin bir şekilde kullanılmasıyla mümkün hale gelecektir. Bu teknikler, öğrenci davranışlarını, performansını ve öğrenme hızını analiz ederek, her öğrenciye özel öğretim stratejilerinin geliştirilmesine katkı

sağlayacaktır. Romero & Ventura (2020c), eğitimde veri madenciliğinin bireyselleştirilmiş öğrenme için güçlü bir araç olduğunu ve öğretmenlerin öğrencilere daha uygun stratejiler sunmasına yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Fen eğitimi araştırmalarında, veri madenciliği ve makine öğrenmesi uygulamaları, öğretim süreçlerinin bireyselleştirilmesi ve eğitimin genel kalitesinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu tekniklerin fen eğitimi literatüründeki etkisi açıkça görülmektedir. Liu vd. (2021a), makine öğrenmesi algoritmalarının fen eğitimi literatüründeki eğilimleri anlamada ve gelecekteki araştırma yönelimlerini belirlemede nasıl etkili olduğunu göstermiştir. Decision Tree ve SVR gibi algoritmalar, verileri analiz ederek araştırmacılara hangi konuların daha fazla ilgi göreceği konusunda tahminler sunmuştur.

Veri madenciliği ve makine öğrenmesi, eğitimde daha kişiselleştirilmiş ve hedeflenmiş öğretim stratejilerinin geliştirilmesine yönelik önemli araçlar olmaya devam etmektedir. Bu tekniklerin eğitimde kullanımı, öğrenci performansını daha iyi analiz etmek, öğretim süreçlerini optimize etmek ve eğitim politikalarını veriye dayalı kararlar doğrultusunda geliştirmek için hızla genişlemektedir (Romero & Ventura, 2020c; Richter vd., 2019b). Veri madenciliği, eğitimde büyük veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkararak, öğrencilerin öğrenme davranışlarını modelleme ve onların bireysel ihtiyaçlarına uygun öğretim materyalleri sunma noktasında büyük bir potansiyele sahiptir (Chen vd., 2020). Makine öğrenmesi algoritmaları ise, öğrenci başarılarını tahmin etme, öğrenme süreçlerini iyileştirme ve öğretmenlere öğrencilere dair değerli geri bildirim sağlama amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Holmes vd., 2019; Koedinger vd., 2013).

Bu teknolojilerin daha geniş çapta uygulanması, eğitimde bireyselleştirilmiş ve veri odaklı kararların önünü açacak, öğrenme analitiği ve öğrenci başarısı üzerinde güçlü bir etki yaratacaktır (Luan & Tsai, 2021a; Siemens & Baker, 2012), makine öğrenmesinin eğitimde kullanımının hızla artacağını ve eğitim süreçlerinin daha fazla veriye dayalı karar alma süreçleri ile destekleneceğini öngörmektedir. Bu teknolojiler, eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme ortamlarının oluşturulmasına, öğrenci performansının daha yakından izlenmesine ve eğitim politikalarının veri tabanlı olarak geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Makine öğrenmesi ve veri madenciliği, eğitimi daha verimli hale getirmek ve öğretim süreçlerini daha hedeflenmiş bir şekilde yönlendirmek için kritik öneme sahiptir. Özellikle eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme kavramı, veri madenciliği tekniklerinin etkin bir şekilde kullanılmasıyla mümkün hale gelecektir. Bu teknikler, öğrenci davranışlarını, performansını ve öğrenme hızını analiz ederek, her öğrenciye özel öğretim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Romero & Ventura (2020d), eğitimde veri madenciliğinin bireyselleştirilmiş

öğrenme için güçlü bir araç olduğunu ve öğretmenlerin öğrencilere daha uygun stratejiler sunmasına yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Fen eğitimi araştırmalarında, veri madenciliği ve makine öğrenmesi uygulamalarının önemli katkıları olduğu ve alanın gelişimini desteklediği net bir şekilde ortaya konulmuştur (Luan & Tsai, 2021b; Romero & Ventura, 2020d). Bu uygulamalar, eğitimde daha stratejik ve etkili kararların alınmasını sağlayarak, eğitim sistemlerinin daha esnek ve uyarlanabilir hale gelmesine olanak tanımaktadır (Holmes vd., 2019; Richter vd., 2019b). Veri madenciliği ve makine öğrenmesi, fen eğitimi literatüründe büyük veri setlerini analiz ederek, gelecekteki araştırma yönelimlerinin ve yayın eğilimlerinin tahmin edilmesinde de kritik bir rol oynamaktadır (Chen vd., 2020; Liu & Wang, 2021). Bu teknikler yalnızca geçmiş verilerin analiz edilmesi açısından değil, aynı zamanda gelecekteki eğilimlerin öngörülmesi bakımından da önemli avantajlar sunmaktadır (Hussain vd., 2018). Eğitim araştırmalarında kullanılan veri madenciliği ve makine öğrenmesi algoritmaları, mevcut eğilimleri anlamanın ötesinde, gelecekte hangi konuların daha fazla araştırılacağını ve bu araştırmaların nasıl şekilleneceğini öngörebilir, böylece eğitimde yenilikçi stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlar (Li & Chen, 2022b; Schwartz & Johnson, 2022).

2.2.3. Fen eğitiminde Sürdürülebilirlik Üzerine Yapılan Araştırmalar

Fen eğitiminde sürdürülebilirlik, bireylerin çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlara yönelik bilinç ve çözüm odaklı beceriler geliştirmesi için kritik bir araç olarak tanımlanmıştır. Araştırmalar, fen bilimleri müfredatına sürdürülebilirlik konularının entegre edilmesinin hem öğrencilerin bilimsel okuryazarlığını geliştirdiğini hem de sürdürülebilirlik bilinci aşılamada etkili olduğunu göstermektedir (Kioupi & Voulvoulis, 2020; Shiel, vd., 2020). Bu tür müfredat değişiklikleri, öğrencilere çevreyle ilgili sorunları anlayabilme ve çözüm üretme becerisi kazandırmanın yanı sıra, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik farkındalıklarını artırmaktadır (Hogan & Flaherty, 2021).

Fen eğitiminde sürdürülebilirlik temalarına yer verilmesi, öğrencilerin ekolojik sistemler, enerji verimliliği, iklim değişikliği gibi konular üzerinde derinlemesine düşünmelerine olanak tanır. Bunun yanında, öğretim metodolojilerinin de öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirecek şekilde yeniden yapılandırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Kremer & Bauer, 2020). Ek olarak, disiplinlerarası bir yaklaşım benimsenmesi, öğrencilerin sadece fen bilimlerinde değil, sosyal ve ekonomik bağlamda da çözüm odaklı düşünmelerini sağlamaktadır (Keinonen vd., 2021).

Bu bağlamda, sürdürülebilirlik konularının fen müfredatına entegre edilmesi, öğrencilere sadece teorik bilgi sunmakla kalmaz, aynı zamanda uygulamalı çözüm arayışlarını da destekler. Eğitimde teknoloji ve yenilikçi pedagojik yaklaşımlar kullanarak sürdürülebilirlik temalı projelerin etkin bir şekilde yürütülmesi, öğrencilere soyut kavramları somutlaştırma fırsatı sunar (Simmons & Long, 2020).

Fen eğitimi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerini (SKH) gerçekleştirmek için etkili bir platform sunar. Çalışmalar, öğrencilerin iklim değişikliği, enerji kullanımı ve çevresel kirlilik gibi gerçek dünya problemleriyle meşgul olmasının, bilimsel kavramları daha iyi anlamalarına ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerine katkı sağladığını ortaya koymuştur (Ahmed vd., 2022; Trott & Weinberg, 2020). Bu yaklaşım, yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı kalmayıp, öğrencilerin çözüm odaklı ve yaratıcı düşünme becerilerini de güçlendirmektedir.

Sürdürülebilirlik temalı projeler ve problem temelli öğrenme yöntemleri, fen eğitimi bağlamında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu yöntemler, öğrencilerin fen bilimlerine olan ilgisini artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel sorunlar ve sürdürülebilir davranışlar geliştirmelerine olanak tanır. Problem temelli öğrenme (PBL), öğrencileri gerçek dünyadaki sorunlarla karşılaştırarak, onların eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirir. Sürdürülebilirlik konularında yapılan projeler, öğrencilerin hem bireysel hem de toplumsal düzeyde farkındalık kazanmalarını sağlar (Keinonen vd., 2021; Shiel, vd., 2020).

Ek olarak, dijital simülasyonlar ve artırılmış gerçeklik (AR) gibi teknolojik araçlar, sürdürülebilirlik konularının öğrenilmesini destekleyerek eğitim sürecini daha etkili hale getirmektedir. Bu araçlar, soyut kavramları somut örneklerle ilişkilendirerek öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha derinlemesine anlamalarını sağlar (Krajcik & Blumenfeld, 2006; Kremer & Bauer, 2020). AR teknolojisi, öğrencilerin doğrudan çevrelerini simüle etmelerini sağlayarak, fen bilimlerini daha etkileşimli ve görsel hale getirir. Bu tür teknolojiler, öğrencilerin bilimsel ve çevresel bilgileri daha iyi içselleştirmelerine yardımcı olur ve teorik bilgilerin pratiğe dökülmesini sağlar (Bower vd., 2014).

Dijital simülasyonlar, öğrencilere karmaşık çevresel ve ekolojik sistemleri modelleme ve bu sistemlerdeki değişikliklerin etkilerini analiz etme fırsatı sunar. Bu tür uygulamalar, öğrencilerin sürdürülebilirlik ile ilgili karmaşık konseptleri daha somut bir biçimde deneyimlemelerini sağlar, aynı zamanda farklı çözüm yollarını keşfetmelerine olanak tanır. Bu bağlamda, fen eğitiminde dijital araçların kullanımı, öğrencilerin hem teorik hem de uygulamalı bilgilerini pekiştirmelerine olanak tanır ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik kritik becerilerin kazandırılmasını destekler (Kremer & Bauer, 2020; Simmons & Long, 2020).

Sürdürülebilirlik eğitimi, teknoloji ve yenilikçi pedagojik yöntemlerle desteklendiğinde, öğrencilerin çevresel sorumluluklarını ve bilinçlerini artırmanın yanı sıra fen bilimlerine olan ilgilerini de güçlendirir. Teknolojik araçların bütünleştirilmesi, eğitim süreçlerini daha etkileşimli ve verimli hale getirerek, sürdürülebilirlik ve çevre bilincinin yayılmasına katkı sağlar.

Üniversiteler, sürdürülebilirlik temalı dersler ve programlar sunarak bu alanda liderlik rolü üstlenmektedir. Yüksek öğrenimde sürdürülebilirlik entegrasyonu, yalnızca fen bilimleriyle sınırlı olmayıp, tüm akademik alanları kapsayan disiplinlerarası yaklaşımların benimsenmesini gerektirir. Bu bağlamda, sistem düşüncesi ve bütünsel yaklaşımlar, sürdürülebilirlik stratejilerinin başarıyla uygulanmasında kritik bir rol oynamaktadır (Shiel, vd., 2020). Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine (SKH) ulaşılabilmesi için eğitim kurumlarının bu süreçte aktif bir şekilde yer alması, gelecekteki liderlerin bu hedeflere ulaşmak için gerekli bilgi ve becerileri kazanmalarını sağlayacaktır (Neill vd., 2018).

Çeşitli üniversitelerde sürdürülebilirlik odaklı derslerin ve araştırma projelerinin artan popülaritesi, çevresel farkındalığı artırmak ve SKH'lere katkıda bulunmak için yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Hogan & Flaherty, 2021). Eğitimde disiplinlerarası yaklaşım, öğrencilerin çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan daha geniş bir perspektiften düşünmelerini sağlar, bu da sürdürülebilirlik bilincini artırır (Börner vd., 2003). Öğrenciler, yalnızca bilimsel bilgileri değil, aynı zamanda sosyal sorumluluk bilincini de geliştirerek, toplumsal sorunlara karşı daha sorumlu bireyler haline gelirler (Eustachio, vd., 2020).

Bu bağlamda, üniversitelerin, disiplinlerarası iş birlikleriyle öğrencilerin, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik uygulamalı çözümler üretmelerini teşvik etmeleri önemlidir. Ayrıca, üniversitelerin sürdürülebilirlik konusunda sistematik bir yaklaşım benimsemeleri, bu alandaki stratejilerin daha geniş bir çerçevede başarılı olmasına olanak tanıyacaktır (Kioupi & Voulvoulis, 2020). Eğitimde bu tür yenilikçi yaklaşımlar, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Eğitimde sürdürülebilirlik yaklaşımının başarılı bir şekilde entegre edilmesi, öğretim üyelerinin bu konudaki farkındalıklarını artırmak için sürekli eğitim ve gelişim fırsatları sağlamayı gerektirir (Bower vd., 2014). Bu süreç, yalnızca öğrencilere yönelik değil, aynı zamanda akademik personel ve araştırmacılara yönelik olarak da sürdürülebilirlik odaklı eğitim programlarının geliştirilmesiyle desteklenmelidir (Kremer & Bauer, 2020). Bu tür stratejilerin ve yaklaşımların entegrasyonu, üniversitelerin sürdürülebilirlik alanında liderliğini pekiştirecek ve daha geniş toplumsal etki yaratmalarını sağlayacaktır.

Sürdürülebilirlik eğitimi yalnızca fen bilimleriyle sınırlı kalmamalıdır; ekonomik, etik ve sosyal bilimlerle de bağlantı kurularak öğrencilerin çevresel ve toplumsal sorunları bütüncül bir şekilde ele alması sağlanabilir. Bu disiplinlerarası yaklaşım, öğrencilerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik farkındalıklarını artırır ve farklı perspektifleri birleştirerek daha kapsamlı çözüm önerileri geliştirmelerine olanak tanır (Kioupi & Voulvoulis, 2020). Ekonomi perspektifi, sürdürülebilirlik uygulamalarının ekonomik etkilerini değerlendirme konusunda derinlemesine bir bakış açısı kazandırırken, etik boyut, çevresel kararların toplumsal adalet ve eşitlik üzerine etkilerini tartışır (Norris & Phillips, 2003). Sosyal bilimler ise, bireylerin ve toplumların sürdürülebilirlik pratiğini nasıl benimseyebileceğine dair sosyal dinamikleri analiz eder (Börner vd., 2012).

Bu tür bütüncül yaklaşımlar, öğrencilere sorunları yalnızca fen bilimleri açısından değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik bağlamda da ele alma fırsatı sunar, bu da onları gerçek dünyada karşılaştıkları zorluklara karşı daha hazırlıklı hale getirir (Simmons & Long, 2020). Öğrencilerin bu farklı alanlar arasında bağlantılar kurarak daha bilinçli ve sorumlu kararlar alabilmeleri, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir adım olacaktır. Eğitimdeki bu disiplinlerarası yaklaşım, sürdürülebilirlik konusunda daha yaratıcı ve etkili çözüm yollarının bulunmasına olanak tanır (Eustachio, vd., 2020).

Fen eğitimi, sürdürülebilirlik bilincini artırmada ve geleceğin sorumlu vatandaşlarını yetiştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Eğitimcilerin sürdürülebilirlik temalarını müfredatlarına entegre etmeleri, öğrencilerin çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlara karşı duyarlılıklarını geliştirmelerine yardımcı olur. Ayrıca, yenilikçi pedagojik yöntemlerin benimsenmesi, öğrencilerin çözüm odaklı düşünme becerilerini güçlendirirken, üniversitelerin sürdürülebilirlik temalı araştırmalar ve programlar geliştirme konusunda liderlik etmeleri önemlidir (Zwolińska vd., 2022). Disiplinlerarası iş birliklerinin artması ve teknolojik yeniliklerin eğitim süreçlerine dahil edilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada etkili bir yol sağlayacaktır (Hassan vd., 2024). Bu unsurların bir araya getirilmesi, fen eğitiminde sürdürülebilirlik odaklı bir yaklaşımın güçlenmesine katkı sağlar.

3. BÖLÜM
YÖNTEM

Bu bölümde, *fen eğitimi araştırmalarının bibliyometrik analizi için veri madenciliği yöntemleriyle bir yazılım geliştirilmesi ve uygulanması: BiBLoX örneği* başlıklı çalışmanın izlediği araştırma deseni, veri toplama süreci, kullanılan analiz araçları ve yazılım geliştirme adımları detaylı biçimde açıklanmaktadır. Araştırmada nicel verilerin sistematik bir şekilde analiz edilmesini içeren betimsel bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen *BiBLoX* yazılımı aracılığıyla, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* ve *fen eğitiminde bibliyometrik analiz* temalarındaki literatür taranmış; akademik iş birlikleri, atıf yoğunlukları ve tematik eğilimler gibi ölçütlere göre yapılandırılmış veri kümeleri oluşturulmuştur. Bölümde ayrıca, kullanılan veri madenciliği algoritmaları, makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırma ve tahminleme teknikleri, görselleştirme araçları ve analiz yazılımlarının işlevsel yapısı da ayrıntılarıyla ele alınmıştır. Bu yöntemsel çerçeve, çalışmanın güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla titizlikle yapılandırılmıştır.

3.1. Araştırmanın Deseni

Bu çalışma, nicel yöntem yaklaşımına dayalı betimsel bir desen ile kurgulanmıştır. Betimsel desenler, belirli bir olguyu veya durumu bulunduğu koşullar içerisinde inceleyerek anlamaya ve mevcut özelliklerini açığa çıkarmaya odaklanır (Creswell, 2014). Nicel verilerin sistematik biçimde toplanması, çözümlenmesi ve yorumlanması süreci, çalışmanın güvenirliğini ve geçerliğini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, çalışma kapsamında Fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik temalarına ait alan yazın verileri, çok aşamalı bir araştırma modeli ile geliştirilen BiBLoX aracılığıyla veri madenciliği yöntemleri ve bibliyometrik teknikleri kullanılarak detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

Betimsel desenin seçilmesinin temel gerekçesi, incelenen temalara ilişkin yayınların niteliklerini, eğilimlerini ve dağılımını ortaya koyarken, ilgili alan yazında hangi konuların ön plana çıktığını ve gelişim sürecinin nasıl şekillendiğini nicel temellere dayalı olarak sergilemektir. Bu tür bir desen, büyük veri kümelerinde gizli kalmış örüntüleri ve ilişkileri ortaya çıkarma olanağı sunan veri madenciliği yöntemleriyle birlikte kullanıldığında hem alanın genel profilini hem de detaylı eğilimlerini kapsamlı bir şekilde yansıtır. Böylelikle hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için alandaki gelişmeleri izlemek, eksik kalan yönleri belirlemek ve gelecekteki araştırmalara yönelik önerilerde bulunmak daha sağlıklı ve yapılandırılmış hale gelir.

“Fen Eğitimi Araştırmalarının Bibliyometrik Analizi için Veri Madenciliği Yöntemleriyle Bir Yazılım Geliştirilmesi ve Uygulanması: BiBLoX Örneği” başlıklı çalışma, fen eğitimi alanındaki akademik yayınları çok boyutlu bir perspektifle ele almak üzere tasarlanmış bir araştırma stratejisi ortaya koymaktadır. Bu strateji, üç temel aşamadan oluşmaktadır:

Bu üçlü yaklaşım, fen eğitiminde gerçekleştirilen araştırmaların eğilimlerini belirlemeyi, öne çıkan yazarları ve iş birliği ağlarını ortaya çıkarmayı ve literatürdeki güncel gelişmeleri sistematik bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen BiBLoX yazılımı, büyük ölçekli veri setlerinin taranması, ayıklanması ve analiz edilmesinde pratik bir çözüm sunmakta; böylece fen eğitimi araştırmalarının mevcut durumunu ve gelecekteki yönelimlerini daha net bir şekilde göstermektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulguların grafik ve tablolarla sunulması, özellikle büyük veri setlerinden gelen karmaşık sonuçların anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu sayede, fen eğitimi literatüründeki temel yapı taşları, uluslararası iş birlikleri ve araştırma eğilimleri daha anlaşılır biçimde sergilenerek geleceğe dair öngörülerin geliştirilmesine katkı sağlanmaktadır.

3.2. Araştırma Süreci

Bu araştırma, Fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik temalarıyla bibliyometri ile veri madenciliği yöntemlerini birleştiren üç aşamalı bir sürece dayanmaktadır. Veri Toplama ve Ön İşleme Aşaması, Bibliyometrik Analiz ve Görselleştirme Aşaması, Veri Madenciliği ve Tahmin Modelleme Aşaması.

Araştırmanın ilk aşamasında, ulusal ve uluslararası veri tabanlarından (TRDizin, WoS, Scopus) elde edilen yayınlar belirlenmiş ve belirtilen tematik filtrelemeler yapılarak veri seti oluşturulup, verileri sistematik olarak işleyebilmek ve analiz süreçlerini otomatik hale getirebilmek amacıyla BiBLoX adlı özel bir yazılım programı geliştirilmiştir. BiBLoX, Web of Science (WoS), Scopus ve TRDizin veri tabanlarından fen eğitimi alanındaki yayınları belirlenen yıllar arasında otomatik olarak toplamakta ve analiz etmektedir. Yazılım, ham verilerin işlenmesi, mükerrer kayıtların temizlenmesi ve eksik bilgilerin tamamlanması gibi süreçleri kolaylaştırarak standardizasyon sağlamaktadır. Bu veri tabanları, araştırma kapsamındaki konuların geniş bir perspektifle ele alınmasını sağlamak amacıyla seçilmiştir. WoS ve Scopus, uluslararası literatürün analiz edilmesine olanak tanırken, TRDizin yerel çalışmalara erişimi mümkün kılmaktadır. Veri setinin oluşturulması sürecinde, belirlenen yıllar arasındaki yayınlar API entegrasyonu ile otomatik olarak toplanmıştır.

Veri işleme süreci, ham verilerin analiz için uygun hale getirilmesini sağlayan çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. İlk olarak, eksik verilerin tamamlanması sağlanmış; yayın tarihleri, yazar isimleri ve atıf sayıları gibi eksik bilgiler tamamlanmıştır. Bu kapsamda PRISMA metodolojisi kullanılarak sistematik literatür taraması yapılmış ve belirlenen dahil edilme-hariç tutulma kriterlerine göre veriler değerlendirilmiştir. Bu aşamada, öncelikle Fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik temaları kapsamında yayınlar taranarak, alanın tematik eğilimleri ve teorik çerçeveleri tespit edilmiştir. Anahtar kelime analizleri, hangi konuların araştırmalarda ön plana çıktığını, bu konuların zaman içindeki değişimini ve yeni kavramların literatüre girişini ortaya koyarak literatürün dinamik yapısını görünür kılmıştır. Daha sonra, veri standartlaştırma süreci gerçekleştirilmiş; yazar isimleri, dergi isimleri ve atıf formatları tek tip hale getirilmiştir. Önişleme ve filtreleme aşamasında, gereksiz veya hatalı veriler elenmiş ve çalışma kapsamına uygun olanlar belirlenmiştir. Son olarak, format dönüştürme işlemi gerçekleştirilerek veriler analiz sürecine uygun hale getirilmiştir.

Ardından, bibliyometrik göstergeler ve makine öğrenmesi tekniklerini içeren kapsamlı bir analiz gerçekleştirilerek Fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik temalarının araştırma eğilimleri, önemli yazarlar, iş birlikleri ve yükselen temalar betimsel olarak ortaya konulmuştur. Son olarak, elde edilen bulgular ve görselleştirmeler ışığında, alanın mevcut durumuna ve gelecekteki olası araştırma yönelimlerine ilişkin çıkarımlar yapılmıştır. Aşağıda, bu sürecin detayları ve kullanılan yöntemler alt başlıklar halinde açıklanmaktadır. ama, bibliyometrik analiz ve veri madenciliği ile modelleme olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, çalışmanın şeffaf ve sistematik bir yöntemle ilerlemesini sağlamak için PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) protokolüne dayalı olarak yapılandırılmıştır.

Bu süreçte iki temel tema ele alınmıştır; Fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik analizler yapılarak literatürdeki bibliyometrik çalışmaların eğilimlerini belirlemek ve fen eğitimi alanındaki akademik üretkenliği anlamlandırmaya çalışılmıştır. Bu iki alanda yapılan analizler için PRISMA süreci aşağıdaki aşamalara göre gerçekleştirilmiştir:

Kimlik Belirleme: Belirlenen veri tabanlarında yapılan sistematik taramalar sonucunda fen eğitimi ve sürdürülebilirlik ile ilgili makaleler tespit edilmiştir.

Tarama: Yinelenen makaleler elenmiş, belirli kriterlere uymayan içerikler filtrelenmiştir.

Eleme: Konu dışı, yetersiz veri içeren veya eksik bilgileri bulunan yayınlar çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

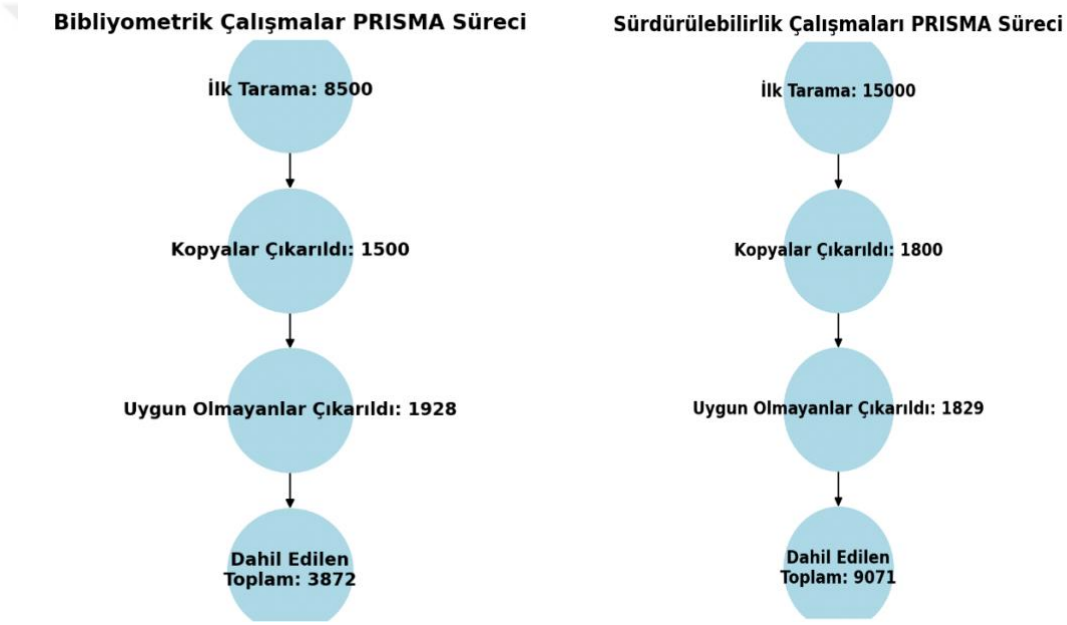
Uygunluk: Bibliyometrik analiz ve sürdürülebilirlik alanlarına doğrudan katkı sağlayan makaleler seçilmiştir.

Dahil Edilen Çalışmalar: Son aşamada belirlenen kriterlere uygun makaleler analiz edilmiştir.

Bu süreci görselleştirmek adına, iki ayrı PRISMA akış şeması oluşturulmuştur. Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1

Fen bilgisi egitiminde bibliyometrik ve sürdürülebilirlik temalarıyla ilgili prisma model şeması



3.2.1. Yazılım programı geliştirme

Bu bölümde, geliştirilen yazılımın tasarım ve geliştirme süreçleri detaylı olarak ele alınmaktadır. Yazılım geliştirme süreci, Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü (Software Development Life Cycle - SDLC) çerçevesinde planlanmış ve süreç boyunca sistematik bir yaklaşım benimsenmiştir. SDLC, yazılım projelerinin tüm aşamalarını yapılandırarak, verimli, sürdürülebilir ve kullanıcı odaklı bir yazılım geliştirilmesini sağlar. SDLC modeli, yazılım geliştirme sürecinde planlama, analiz, tasarım, geliştirme, test ve bakım aşamalarını içeren aşamalı bir model sunar. Bu yapı, yazılımın tutarlı, hatasız ve ölçeklenebilir bir şekilde geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Foster & Towle Jr, 2021).

Planlama ve gereksinim analizi aşamasında, projenin hedefleri ve kapsamı belirlenmiştir. Fen eğitimi bibliyometrik analizine yönelik en uygun veri kaynakları olan WoS, Scopus ve TRDizin seçilmiş, yazılımın hangi işlemleri gerçekleştireceği, hangi teknolojilerin kullanılacağı ve kullanıcı ihtiyaçlarına nasıl hitap edeceği analiz edilmiştir. Bu aşamada Python, Flask, MySQL gibi teknolojilerin seçimi yapılmıştır.

Sistem analizi ve tasarım aşamasında, veri akışı diyagramları oluşturularak sistem bileşenleri arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır. Yazılımın modüler bir yapı ile geliştirilmesine karar verilmiş ve kullanıcı dostu bir web arayüzü oluşturulması için Flask tabanlı bir yapı tasarlanmıştır. Veri yönetimi için MySQL veri tabanı planlanmış ve sistemin ölçeklenebilirliği dikkate alınmıştır.

Geliştirme sürecinde, Python programlama dili kullanılarak yazılımın temel kodları yazılmıştır. API entegrasyonları aracılığıyla WoS, Scopus ve TRDizin ’den veri çekme modülleri geliştirilmiş ve Pandas ile NumPy kütüphaneleri kullanılarak veri temizleme süreçleri tasarlanmıştır. Veri tabanı yönetimi için SQL sorguları oluşturulmuş ve kullanıcı arayüzü HTML, CSS ve Flask kullanılarak dinamik bir web platformu halinde geliştirilmiştir (Şekil 9) (Grinberg, 2018).

Test aşamasında, veri çekme süreçleri test edilerek API bağlantılarının doğruluğu kontrol edilmiştir. Yazılımın büyük veri kümeleriyle performansı test edilmiş ve işlem süreleri optimize edilmiştir. Veri temizleme süreçleri incelenmiş ve eksik veya yanlış kayıtların temizlenmesi için algoritmalar test edilmiştir. Kullanıcı arayüzü erişilebilirlik ve kullanılabilirlik açısından test edilerek gerekli iyileştirmeler yapılmıştır.

Dağıtım ve kullanıma sunma aşamasında, yazılımın beta versiyonu test kullanıcılarına açılmış ve kullanıcı geri bildirimleri toplanarak son düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Hata düzeltmeleri yapılmış ve sistemin analiz sonuçlarını raporlayabilmesi ve görselleştirebilmesi için optimizasyonlar sağlanmıştır.

Bakım ve güncelleme aşamasında, kullanıcı deneyimi ve performans takibi yapılarak iyileştirme planları oluşturulmuştur. Yazılımın gelecekte daha fazla veri kaynağı eklenerek genişletilebilmesi için ölçeklenebilir bir altyapıya sahip olması sağlanmıştır.

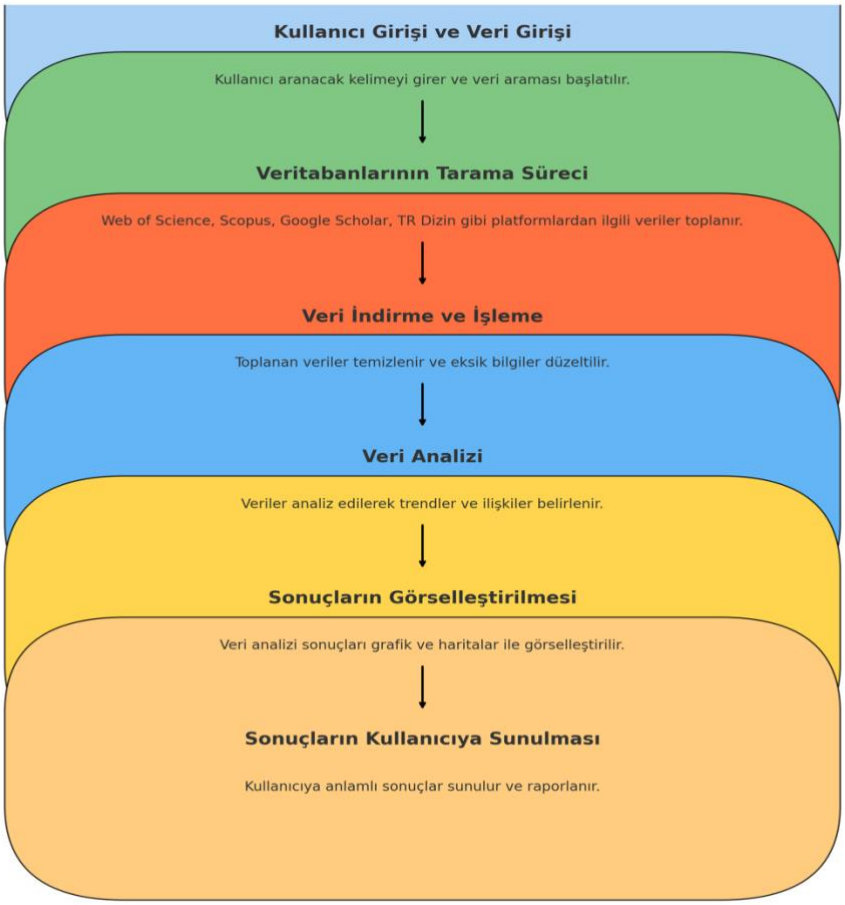
Geliştirilen BiBLoX program yazılımı, SDLC modeline büyük ölçüde uygun bir şekilde geliştirilmiştir. Planlama ve analiz aşamalarından itibaren sistematik bir yol izlenmiş, yazılım geliştirme süreci belirli bir metodolojiye göre yapılandırılmıştır.

BiBLoX’un SDLC ile uyumlu olmasını sağlayan temel unsurlar şunlardır: Her aşamanın belirli hedeflere göre uygulanması ve tamamlanması, gereksinim analizinin detaylı yapılması ve kullanıcı ihtiyaçlarına uygun çözümler geliştirilmesi, API entegrasyonları, veri

temizleme süreçleri ve analiz yöntemlerinin planlanarak geliştirilmesi, yazılımın test edilerek hata tespitlerinin düzeltilmesi ve bakım ve güncelleme süreçlerine uygun bir yapı kurulmasıdır. BiBLoX, planlı ve yapılandırılmış bir SDLC modeli çerçevesinde geliştirilmiş olup, yazılım mühendisliği süreçlerine uygun bir çerçevede ele alınmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi, yazılım programı geliştirme süreci, bilimsel çalışmalarda etkili veri toplama ve analiz yöntemlerinin kullanılmasını sağlayacak şekilde detaylandırılmıştır.

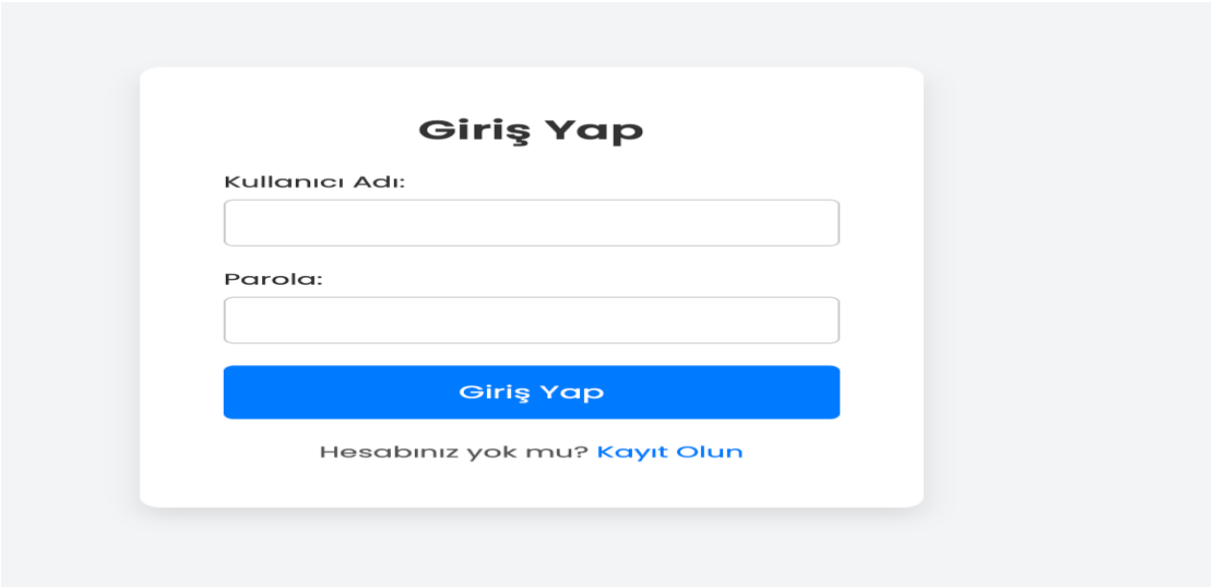
Şekil 2

Yazılım programı geliştirme süreçleri



Şekil 3

Geliştirilen Yazılım programının Giriş ekranı

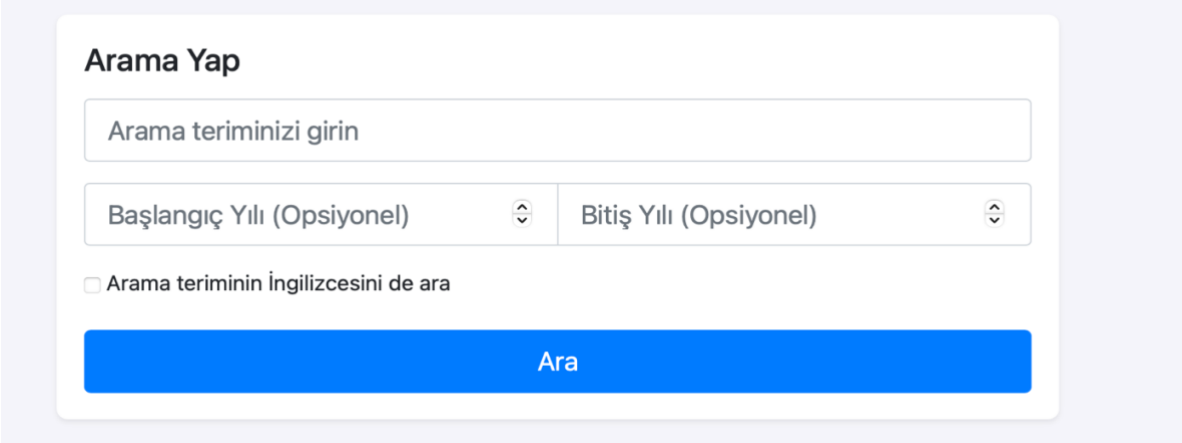


Şekil 3'te görüldüğü gibi, sistem giriş ekranı kullanıcı adı ve parola bilgileri ile erişim sağlamaktadır. Bu ekran, kullanıcıların yetkilendirilmiş verilere ulaşmasını sağlamak ve güvenliği artırmak amacıyla tasarlanmıştır. Kullanıcı girişi, bireylerin sistemde kimlik doğrulaması yaparak yetkilendirilmiş verilere erişimini sağlar. Özellikle akademik araştırmalar için geliştirilen platformlarda, yetkilendirme süreci veri güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Güçlü bir kimlik doğrulama mekanizması, yetkisiz erişimleri engellemek ve kullanıcıların kişisel verilerini korumak adına kritik bir bileşendir. Bu nedenle, modern sistemlerde iki faktörlü kimlik doğrulama ve şifreleme teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Akademik veri tabanlarında yer alan bilgiler, yalnızca yetkilendirilmiş araştırmacılar tarafından erişilebilir hale getirildiğinde, bilimsel çalışmaların güvenilirliği ve akademik etik ilkeler korunmuş olur.

Şekil 4

Geliştirilen Yazılım programının Arama ekranı



Şekil 4'te gösterildiği gibi, sistem kullanıcı tarafından girilen arama terimlerini temel alarak akademik veri tabanlarında geniş kapsamlı bir tarama gerçekleştirmektedir. Bu süreçte, farklı veri tabanlarından (örneğin, WoS, Scopus ve TRDizin) gelen veriler birleştirilerek analiz edilmektedir. Böylece, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik analiz çalışmaları için en güncel ve kapsamlı verilere ulaşılması sağlanmaktadır.

Arama sürecinde kullanılan algoritmalar, yalnızca anahtar kelimeler üzerinden değil, aynı zamanda eşleşen başlık, özet ve atıf verileri üzerinden de ilgili akademik çalışmaları belirlemektedir. Bu yöntem, analiz edilen verilerin kapsamını genişleterek, bibliyometrik analiz sürecinin daha doğru ve anlamlı sonuçlar vermesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, akademik veri tabanlarının düzenli olarak güncellenmesi sayesinde, fen eğitiminde bibliyometrik analiz literatürüne dair güncel eğilimlerin takip edilmesi mümkün olmaktadır.

Şekil 5

Api ile veri çekme kod örneği

```
import requests

# Web of Science API'ye istek gönderme
url = 'https://api.webofscience.com/api-endpoint'
params = {
    'query': 'machine learning',
    'apikey': 'YOUR_API_KEY'
}
response = requests.get(url, params=params)

if response.status_code == 200:
    data = response.json()
    print(data)
else:
    print(f'API isteği başarısız oldu: {response.status_co
```

Veri tabanlarıyla doğrudan API entegrasyonları kullanılarak veri çekimi gerçekleştirilmektedir. WoS ve Scopus gibi platformların sağladığı API'ler aracılığıyla, Python programlama dili kullanılarak gerekli sorgular yapılmakta ve sonuçlar alınmaktadır. Şekil 5'de, bir API ile veri çekimine dair örnek bir kod parçası yer almaktadır.

Bu aramalar, veritabanlarının sağladığı API'ler aracılığıyla otomatikleştirilmiştir. Bu yöntem, özellikle Web of Science gibi karmaşık yapıdaki sitelerden veri çekmek için etkili bir çözüm sunmaktadır (Medeiros vd., 2020). WoS, Scopus ve TRDizin gibi diğer kaynaklardan veri çekimi için de benzer bir API tabanlı yöntem kullanılmıştır.

Şekil 6

Mysql bağlantı örneği

```
import mysql.connector

# Veritabanı bağlantısı
conn = mysql.connector.connect(
    host='localhost',
    user='root',
    password='password',
    database='academic_data'
)
cursor = conn.cursor()

# Verilerin kaydedilmesi
query = "INSERT INTO works (title, authors, year, citation
data = ('Makale Başlığı', 'Yazar 1, Yazar 2', 2021, 10)
cursor.execute(query, data)
conn.commit()
```

Yazılım programıın veri toplama bölümünde, kullanıcının girdiği arama terimleri kullanılarak veriler toplanmakta ve bu veriler MySQL veri tabanına kaydedilmektedir. Şekil 6'daki kod parçası, toplanan verilerin MySQL veritabanına nasıl kaydedildiğini göstermektedir.

MySQL, büyük miktarda veriyi etkili bir şekilde saklama ve yönetme kapasitesi nedeniyle tercih edilmiştir (DuBois, 2013). Veri tabanında kullanıcıya özel aramalar kaydedilmekte ve kullanıcı, dilediği zaman bu aramalara erişim sağlayarak bibliyometrik analiz sonuçlarını gözlemleyebilmektedir.

Veri işleme sürecindeki bir diğer önemli aşama ise, veri temizleme ve eksik verilerin doldurulmasıdır. Veri analizi sürecinde kullanılan kaynaklardan elde edilen ham veriler çoğunlukla hatalı, eksik veya tutarsız kayıtlar içerir. Bu durum, bibliyometrik analiz sonuçlarının güvenilirliğini ve doğruluğunu önemli ölçüde etkiler. Özellikle birden fazla veri kaynağından gelen bilgilerin birleştirilmesi aşamasında, farklı formatlar, eksik alanlar ya da tekrarlayan girdiler söz konusu olabilir. Bu nedenle, ham verilerin doğrudan kullanılması yerine, verilerin temizlenmesi ve eksik kısımların uygun yöntemlerle tamamlanması, elde edilen sonuçların daha güvenilir, tutarlı ve anlamlı olmasını sağlar. Bu süreç, sonraki analiz aşamalarında elde edilen çıktılara duyulan güveni artırdığı gibi, karar verme süreçlerinde hatalı verilere dayalı yanlış çıkarımlar yapılmasını da engeller. Bu aşamada Pandas kütüphanesi kullanılarak eksik verilerin nasıl temizlendiğine dair bir örnek aşağıda verilmiştir (Şekil 7).

Şekil 7

Veri temizleme örneği

```
import pandas as pd

# Veri yükleme ve eksik değerlerin doldurulması
veri = pd.read_csv('data.csv')
veri.fillna(method='ffill', inplace=True)  # Eksik veriler
```

Python'un Pandas kütüphanesi bu amaçla yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Pandas, büyük veri kümesi üzerinde esnek ve etkili işlemler yapabilme yeteneği sağlar (McKinney, 2010). Veri analizi sürecinde öncelikle ham verilerin temizlenmesi, eksik veya hatalı kayıtların tespit edilmesi ve bu kayıtların düzeltilmesi hedeflenmiştir. Özellikle yazar isimlerinin standart hale getirilmesi ve eksik yayın tarihleri gibi bilgilerin tamamlanması gibi adımlar veri temizleme sürecinde büyük önem taşımaktadır. Temizlenen veriler, analiz sürecine uygun bir formata dönüştürülmüş ve bu süreçte yazarların yayın sayılarının ve atıf sayılarının yıllara göre dağılımı gibi bilgiler hesaplanmıştır. Elde edilen bu veriler, bibliyometrik analizlerde kullanılan temel veriler haline getirilmiştir.

Bibliyometrik analiz sürecinde, yayın sayıları, atıf trendleri ve yazarlar arası işbirlikleri gibi göstergeler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu analizlerin bir parçası olarak anahtar kelime ağları oluşturulmuş ve konu başlıklarının zaman içindeki değişimleri görselleştirilmiştir. Ayrıca, ülkeler ve kurumlar bazında yayın yoğunlukları değerlendirilmiş, bu bilgiler ışığında bilimsel üretkenlik hakkında kapsamlı çıkarımlar yapılmıştır. Bu süreçte Pandas kütüphanesi ile Seaborn ve Plotly gibi görselleştirme araçlarından yararlanılarak grafikler ve ağ analizleri oluşturulmuştur. Verilerin temizlenmesi, dönüştürülmesi ve analiz edilmesi aşamalarında sistematik bir yaklaşım izlenmiş ve elde edilen bulguların anlamlı hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Veri analizi aşamasının ardından, bibliyometrik analizlerden elde edilen bulgular makine öğrenmesi algoritmaları ile desteklenmiştir. Bu süreçte, yayın sayılarındaki yıllara göre değişim trendi incelenmiş ve gelecekteki yayın sayılarının öngörülmesi amacıyla modeller geliştirilmiştir. LR algoritması kullanılarak geçmiş yıllara ait yayın verileri üzerinden bir sonraki yılın yayın sayısını tahmin etmek mümkün olmuştur. Makine öğrenmesi modelleri, bibliyometrik analizlerden elde edilen bilgileri geleceğe yönelik tahminler yapmak için kullanarak yazılımın işlevselliğini bir adım öteye taşımaktadır. Böylelikle sistem, sadece mevcut verilerin analizini yapmakla kalmamakta, aynı zamanda bilimsel yayın trendleri ve olası

gelişmeler hakkında çıkarımlarda bulunabilmektedir. Aşağıda, doğrusal regresyon modeli kullanılarak bir sonraki yılın yayın sayısının tahmin edilmesine yönelik bir Python kod parçası örnek olarak verilmiştir. (Şekil 8).

Şekil 8

LR kod örneği

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import numpy as np

# Örnek veri seti
years = np.array([2017, 2018, 2019, 2020, 2021]).reshape(-
publications = np.array([50, 60, 65, 70, 80])

# Model eğitimi
model = LinearRegression().fit(years, publications)
next_year = np.array([[2022]])
prediction = model.predict(next_year)
print(f'2022 yılı için tahmin edilen yayın sayısı: {predic
```

LR, SVR ve Decision Tree gibi yöntemler bu analizlerde kullanılarak, gelecekteki yayın sayısı tahmin edilmiştir (Ivezic vd., 2020; James vd., 2013). Bu analizler, bilimsel yayınların zamansal eğilimleri ve yayın performansı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Verilerin görselleştirilmesi aşaması, bibliyometrik analizlerin anlaşılabilir ve etkili bir şekilde sunulabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Analiz sonuçlarının grafikler ve görseller ile desteklenmesi, bilimsel bulguların daha net bir şekilde yorumlanmasını ve sunulmasını sağlar. Bu nedenle, verilerin görselleştirilmesi sürecinde hem statik hem de interaktif grafiklerin kullanımı önceliklendirilmiştir. Özellikle, Plotly gibi güçlü görselleştirme kütüphaneleri kullanılarak hem kullanıcı dostu hem de etkileşimli görseller oluşturulmuştur. Grafikler, yazar işbirlikleri, atıf trendleri ve yayın yoğunluğu gibi verilerin zamansal ve mekansal olarak analiz edilmesini kolaylaştırmıştır. Ayrıca, görsellerin farklı veri boyutlarını bir araya getirerek daha geniş bir perspektif sunması, bilimsel yayın analizlerinde karar alma süreçlerini desteklemiştir.

Ayrıca, program geliştirme sürecinde veri görselleştirme çalışmalarına da önem verilmiştir. Aşağıdaki kod, Plotly kullanarak ülkeler bazında yayın yoğunluğunu görselleştirmek için kullanılmıştır (Şekil 9):

Şekil 9

Plotly kod örneği

```
import plotly.express as px

# Ülkelere göre yayın yoğunluğu verisi
country_data = pd.DataFrame({
    'country': ['Türkiye', 'ABD', 'Almanya', 'Fransa', 'Ja
    'count': [150, 200, 180, 160, 170]
})

fig = px.choropleth(country_data, locations='country', loc
                    title="Ülkelere Göre Yayın Yoğunluğu",
fig.show()
```

Plotly ve Seaborn gibi görselleştirme kütüphaneleri kullanılarak oluşturulan yayın sayısı grafikleri, atıf trendleri ve ülkeler bazında yayın yoğunluk haritaları, bilimsel verilerin daha anlaşılır hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu görselleştirmeler, verilerin zamansal ve mekânsal eğilimlerini analiz etmek için güçlü bir araç sunmaktadır. Yayın sayısı grafikleri, belirli bir zaman dilimindeki akademik üretkenliği görselleştirerek, bilimsel yayınların yıllara göre artış veya azalış eğilimlerini tespit etmeye olanak tanımaktadır. Özellikle, yıllık yayın trendlerini göstermek için kullanılan çubuk ve çizgi grafikler, kullanıcıların yayın faaliyetlerini daha iyi anlamasını sağlamaktadır.

Atıf trendlerini görselleştirmek için Seaborn'un "lineplot" ve "barplot" gibi işlevleri kullanılarak atıfların yıllara göre değişimi gösterilmiştir. Bu analizler, belirli bir konunun veya çalışmanın zaman içindeki etkisini ve bilimsel alandaki önemini belirlemek için temel oluşturmuştur. Örneğin, bir anahtar kelimenin atıf sayılarındaki yıllık artış, ilgili alandaki araştırma ilgisinin ne yönde değiştiğini anlamada önemli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca, atıf yoğunluğunun belirli yıllarda zirve yaptığı veya azaldığı dönemler, bilimsel üretkenlikteki eğilimler hakkında ipuçları vermektedir.

Ülkeler bazında yayın yoğunluk haritaları ise, bilimsel çalışmaların coğrafi dağılımını anlamak için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Plotly'nin "choropleth" harita işlevi, ülkelerin yayın sayısına göre renk kodlaması yaparak, belirli bölgelerdeki bilimsel üretkenliği görselleştirmiştir. Bu haritalar, belirli ülkelerin veya bölgelerin bilimsel çalışmalarda ne kadar aktif olduğunu ve hangi alanlarda daha fazla yayın yaptıklarını analiz etmek için kullanılmaktadır. Türkiye, ABD ve Çin gibi ülkelerin yayın yoğunluğu, harita üzerinde farklı renklerle ifade edilerek, coğrafi eğilimlerin kullanıcılar tarafından daha kolay anlaşılması sağlanmıştır. Bu tür görselleştirmeler, özellikle uluslararası iş birliklerini değerlendirmek veya

belirli bir bölgedeki bilimsel üretim potansiyelini analiz etmek için büyük bir kolaylık sunmaktadır.

Yayın sayısı grafikleri, atıf trendleri ve ülkeler bazında yayın yoğunluk haritaları, verilerin görselleştirilmesi sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu görselleştirmeler, bilimsel analizleri daha anlaşılır kılmakla kalmayıp, kullanıcıların bilimsel bilgilere erişimini kolaylaştırmakta ve karar alma süreçlerini desteklemektedir. Plotly ve Seaborn gibi kütüphanelerin sağladığı etkileşimli ve estetik grafikler, yazılımın analiz sonuçlarını daha etkili bir şekilde sunmasını sağlamış ve bilimsel çalışmaların değerlendirilmesinde değerli bir araç olarak kullanılmıştır.

Geliştirilen bu yazılım programı ve kullanılan kütüphaneler, Python programlama dili ile açık kaynak olarak mevcuttur. Flask, Pandas, MySQL Connector, Scikit-Learn ve Plotly gibi kullanılan tüm araç ve kütüphaneler, ilgili resmi sitelerinden veya Python Paket Yöneticisi (PyPI) aracılığıyla indirilebilir.

- Flask: https://flask.palletsprojects.com
- Pandas: https://pandas.pydata.org
- MySQL Connector: https://dev.mysql.com/downloads/connector/python/
- Scikit-Learn: https://scikit-learn.org/stable/
- Plotly: https://plotly.com/python/

Bu programlar, yaygın olarak Python geliştirici topluluğu tarafından kullanılmakta olup, internet üzerinden ücretsiz olarak erişilebilir durumdadır. Bu sayede bilimsel çalışmalarda daha çok veri odaklı kararlar alınması mümkün olmaktadır.

3.2.2. Araştırmanın Veri Toplama Süreci

Bu araştırmada veri toplama süreci, yazılım programının geliştirilmesinden sonra başlamıştır. Araştırma kapsamında, WoS, Scopus ve TRDizin veri tabanlarından gerekli verilerin otomatik olarak toplanması sağlanmıştır. Veri toplama süreci, geliştirilen Python tabanlı program sayesinde sistematik ve hatasız bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Özellikle API entegrasyonlarının kullanılması, veri tabanlarına yapılan sorguların otomatikleştirilmesine ve büyük miktarda verinin hızlı bir şekilde çekilmesine olanak tanımıştır.

Manuel veri toplama sürecinde sıklıkla karşılaşılan hata risklerini minimize eden bu yöntem, verilerin doğruluğunu ve tutarlılığını artırmıştır. Toplanan ham veriler, Pandas kütüphanesi kullanılarak temizlenmiş, düzenlenmiş ve analiz için uygun hale getirilmiştir. Böylelikle, araştırmanın sonraki aşamalarında kullanılacak verilerin eksiksiz ve işlenebilir bir

yapıya sahip olması sağlanmıştır. Tablo 1'de BiBLoX program yazılımının piyasada kullanılan diğer bibliyometri araçlarından farkını ortaya koymaktadır.

Tablo 1

BiBLoX'un diğer uygulamalardan farkı

Özellik	BiBLoX	Diğer Bibliyometrik Araçlar (VOSviewer, CiteSpace, Gephi vb.)
Otomatik Veri Çekme	API entegrasyonu ile WoS, Scopus ve TRDizin'den otomatik veri çekme	Manuel veri girişi veya sınırlı veri tabanı erişimi
Veri Temizleme ve Standartlaştırma	Mükerrer kayıtları temizleme ve eksik bilgileri tamamlama	Kullanıcı tarafından elle düzenleme gerektirir
Bibliyometrik Analiz	Atıf haritalama, anahtar kelime yoğunluğu analizi, etkileşim ağları	Genellikle atıf analizi ile sınırlıdır
Makine Öğrenmesi Destekli Analizler	Yayın eğilimleri ve atıf tahminleri için LR, SVR, DTR kullanımı	Makine öğrenmesi destekli analiz yok veya sınırlı
Kapsamlı Veri Görselleştirme	Etkileşimli grafikler, kelime bulutları, co-authorship haritaları	Genellikle statik grafikler ve haritalar
Özelleştirilebilir Analiz Seçenekleri	Kullanıcıya özel analiz seçenekleri sunma	Sabit analiz yöntemleri ve sınırlı kişiselleştirme

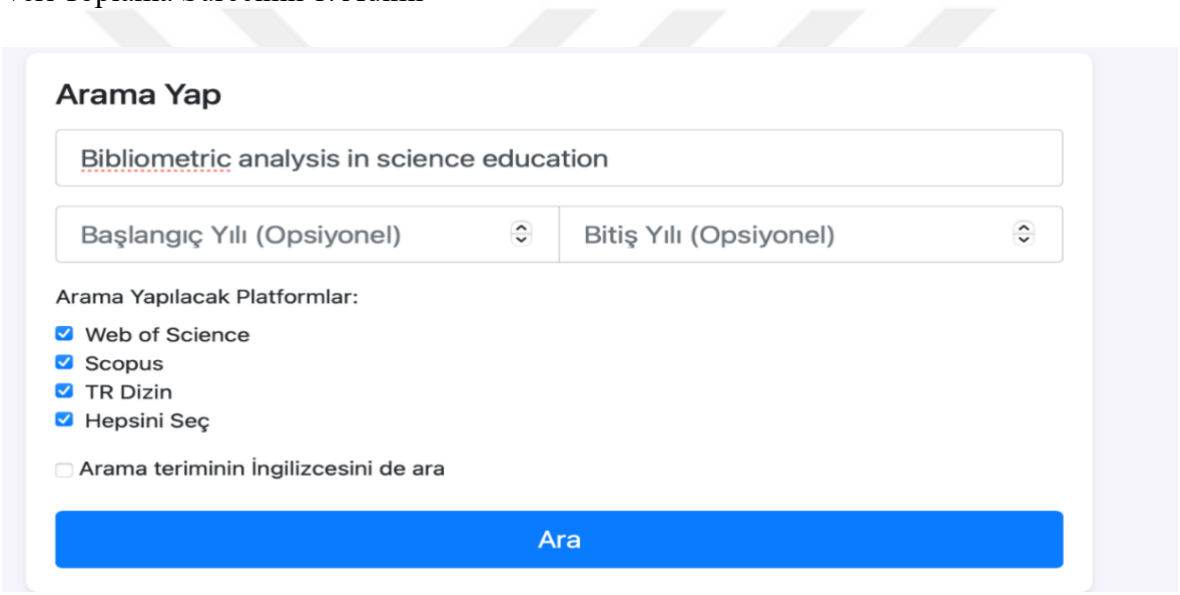
Bu süreç, veri tabanlarından bilimsel bilgiye hızlı erişim sağlaması ve araştırma için gerekli olan kapsamlı veri setlerinin oluşturulmasına katkıda bulunması açısından önemli bir rol oynamıştır. API ve veri işleme araçlarının bütünleşmiş kullanımı, araştırmanın veri toplama sürecinde verimliliği artırmış ve zaman tasarrufu sağlamıştır. Bu konuların seçimi, fen eğitimi literatüründe son yıllarda öne çıkan ve yüksek atıf alan araştırma alanları olmalarına dayanmaktadır.

Bu çalışmada, fen eğitimi alanında yapılan bibliyometrik analizlerin kapsamlı bir şekilde incelenebilmesi için sistematik bir veri toplama süreci uygulanmıştır. Veri toplama süreci dört aşamadan oluşmaktadır.

İlk aşamada, çalışmada ele alınacak temel konular belirlenmiş ve ilgili veri tabanlarında arama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 10'da gösterildiği gibi, bu aşamada Web of Science, Scopus ve TRDizin gibi güvenilir akademik veri tabanları kullanılarak belirlenen konu başlıkları çerçevesinde taramalar yapılmıştır. Arama işlemi, ilgili platformların API entegrasyonları aracılığıyla gerçekleştirilerek otomatik hale getirilmiş ve böylece sürecin verimliliği artırılmıştır.

Şekil 10

Veri Toplama Sürecinin 1. Adımı



İkinci aşamada, API entegrasyonları yardımıyla belirlenen veri tabanlarında otomatik aramalar gerçekleştirilmiş ve ilgili literatür sistematik bir şekilde toplanmıştır. Bu sürecin işleyişi Şekil 11'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Kullanılan API'ler, belirlenen anahtar kelimeler doğrultusunda ilgili literatürü tarayarak elde edilen verileri araştırmacıya sunmaktadır. Bu aşamada, veri toplama sürecinin hızlı ve hatasız bir şekilde yürütülebilmesi için Python programlama dili ve ilgili kütüphaneler kullanılmıştır.

Şekil 11

Veri Toplama Sürecinin 2. Adımı

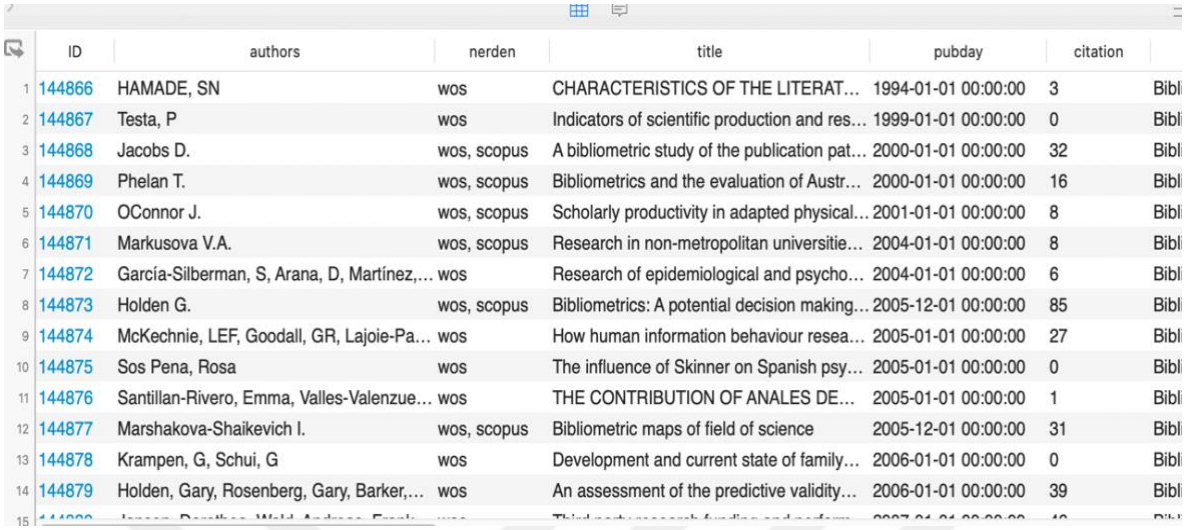


Üçüncü aşamada, elde edilen veriler Pandas kütüphanesi kullanılarak işlenmiş ve uygun formata dönüştürülmüştür. Bu aşama, verilerin analiz edilebilir hale getirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Veriler, gereksiz veya hatalı girdilerden arındırılarak düzenlenmiş ve analiz süreci için optimize edilmiştir.

Son aşamada ise analiz için uygun hale getirilen veriler, SQL veri tabanında saklanmıştır. Şekil 12'de gösterildiği gibi, verilerin SQL tabanlı bir sistemde tutulması, daha sonra gerçekleştirilecek analizlerin güvenilirliği ve erişilebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Böylece, fen eğitimi alanında yapılan bibliyometrik analizlerin sistematik bir şekilde yürütülmesi sağlanmış ve literatürdeki eğilimlerin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir çerçeve oluşturulmuştur.

Şekil 12

Veri Toplama Sürecinin 4. Adımı



	ID	authors	nerden	title	pubday	citation	
1	144866	HAMADE, SN	wos	CHARACTERISTICS OF THE LITERAT...	1994-01-01 00:00:00	3	Bibl
2	144867	Testa, P	wos	Indicators of scientific production and res...	1999-01-01 00:00:00	0	Bibl
3	144868	Jacobs D.	wos, scopus	A bibliometric study of the publication pat...	2000-01-01 00:00:00	32	Bibl
4	144869	Phelan T.	wos, scopus	Bibliometrics and the evaluation of Austr...	2000-01-01 00:00:00	16	Bibl
5	144870	OConnor J.	wos, scopus	Scholarly productivity in adapted physical...	2001-01-01 00:00:00	8	Bibl
6	144871	Markusova V.A.	wos, scopus	Research in non-metropolitan universitie...	2004-01-01 00:00:00	8	Bibl
7	144872	García-Silberman, S, Arana, D, Martínez,...	wos	Research of epidemiological and psycho...	2004-01-01 00:00:00	6	Bibl
8	144873	Holden G.	wos, scopus	Bibliometrics: A potential decision making...	2005-12-01 00:00:00	85	Bibl
9	144874	McKechnie, LEF, Goodall, GR, Lajoie-Pa...	wos	How human information behaviour resea...	2005-01-01 00:00:00	27	Bibl
10	144875	Sos Pena, Rosa	wos	The influence of Skinner on Spanish psy...	2005-01-01 00:00:00	0	Bibl
11	144876	Santillan-Rivero, Emma, Valles-Valenzue...	wos	THE CONTRIBUTION OF ANALES DE...	2005-01-01 00:00:00	1	Bibl
12	144877	Marshakova-Shaikevich I.	wos, scopus	Bibliometric maps of field of science	2005-12-01 00:00:00	31	Bibl
13	144878	Krampen, G, Schui, G	wos	Development and current state of family...	2006-01-01 00:00:00	0	Bibl
14	144879	Holden, Gary, Rosenberg, Gary, Barker,...	wos	An assessment of the predictive validity...	2006-01-01 00:00:00	39	Bibl

Tablo 2'de, veri toplama sürecinde kullanılan araçlar ve yöntemler özetlenmiştir. Bu süreçte, Web of Science ve Scopus gibi uluslararası akademik veri tabanlarının yanı sıra, TRDizin gibi yerel kaynaklardan da yararlanılmıştır. Elde edilen veriler, Pandas kütüphanesi yardımıyla analiz için uygun hale getirilmiş ve SQL veri tabanına kaydedilerek güvenli bir şekilde saklanmıştır.

Tablo 2

Veri Toplama Sürecinde Kullanılan Araçlar ve Yöntemler

Araç/Yöntem	Kullanım Amacı
API Entegrasyonları	Veri tabanlarından otomatik veri çekme
Pandas	Verileri düzenleme ve analiz için hazırlama
Web of Science	Veri kaynağı
Scopus	Veri kaynağı
TRDizin	Yerel araştırmaların dahil edilmesi

3.2.3. Araştırma Verilerinin Bibliyometrik Analizleri

Bu çalışmada, fen eğitimi alanındaki ulusal ve uluslararası araştırmaları incelemek amacıyla bibliyometrik analiz yöntemi ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Eğitim bilimleri literatüründe, bibliyometrik analiz; araştırma eğilimlerini belirleme, yazarlar arasındaki iş birliklerini haritalama, atıf örüntülerini inceleme ve literatürün genel gelişim dinamiklerini ortaya koyma gibi birçok önemli işlevi yerine getiren sistematik bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Cobo vd. (2011) ve Muñoz vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalar, bibliyometrik analizlerin bilimsel bilgi üretimini anlamada ve gelecekteki araştırma yönelimlerini öngörmede kritik bir araç olduğunu vurgulamaktadır.

Eğitim bilimleri literatüründe bibliyometrik analizler genellikle atıf temelli analizler, anahtar kelime temelli analizler ve ağ analizleri olarak üç ana yöntem çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Birlikte atıf ve bibliyografik bağlantı yöntemleri, literatürün entelektüel temellerini ve kuramsal bağlamını incelemek için sıklıkla tercih edilmektedir. Birliikte atıf analizi, hangi çalışmaların sıklıkla birlikte atıf aldığını belirlerken; bibliyometrik bağlantı, farklı çalışmaların ortak referanslar üzerinden yapısal benzerliklerini incelemektedir. Bu yöntemler, literatürün entelektüel haritasını çıkararak alanın temel metinlerini, etkili yazarlarını ve metodolojik eğilimlerini anlamayı sağlar. Co-word analizi, çalışmalarda sıklıkla kullanılan anahtar kelimeleri ve bu kelimeler arasındaki ilişkileri inceleyerek, literatürdeki tematik yoğunlukları ve kavramsal gelişimleri belirler. Fen eğitiminde bibliyometri, sürdürülebilirlik gibi yükselen temalar bu yöntemle daha net bir şekilde analiz edilmiştir. Co-authorship (birlikte yazarlık) ve co-occurrence (birlikte geçiş) analizleri, bilimsel iş birliği ağlarını ve anahtar kavramların dağılımlarını görselleştirmek için kullanılmıştır.

Fen eğitimi literatürünü incelemek amacıyla bu çalışmada yukarıda belirtilen yöntemlerin yanı sıra zaman serisi analizi ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Zaman serisi analizi ile yıllık yayın sayılarının değişimi ve atıf yoğunlukları incelenmiş; bu yöntem sayesinde fen eğitimi alanındaki yayın eğilimleri ve atıf yoğunluklarının zamansal değişimi ortaya konmuştur. Anahtar kelimelerin sıklığı ve birlikte kullanımı üzerinden tematik yoğunluklar ve araştırma eğilimleri belirlenmiştir. Ayrıca, fen eğitimi literatüründeki uluslararası iş birlikleri, disiplinler arası etkileşimler ve kurumlar arası bağlantılar co-authorship analizi ile haritalanmıştır.

Bu analizlerin yanı sıra, makine öğrenmesi algoritmaları ile fen eğitimi alanındaki yıllık yayın eğilimleri ve atıf yoğunluklarını tahmin etmek için Doğrusal Regresyon (Linear

Regression - LR), Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression - SVR) ve Karar Ağaçları Regresyonu (Decision Tree Regression - DTR) algoritmaları kullanılmıştır. Doğrusal Regresyon, yayın eğilimlerinin zamansal olarak doğrusal bir modelle ifade edilebileceği varsayımıyla tercih edilmiştir. LR algoritması, basit bir yapıya sahip olması ve hızlı hesaplama yeteneğiyle büyük veri setleri üzerinde etkili sonuçlar sunmaktadır (Montgomery vd., 2012). Destek Vektör Regresyonu ise doğrusal olmayan veri setleri üzerinde güçlü performansı nedeniyle tercih edilmiştir. Fen eğitimi alanındaki yayın ve atıf verileri, doğrusal olmayan eğilimler içerebildiği için SVR'nin bu karmaşık ilişkileri modelleme kapasitesi önemli bir avantaj sağlamıştır (Smola & Schölkopf, 2004b). Karar Ağaçları Regresyonu, özellikle veri setlerindeki belirli kategorik faktörlerin etkisini anlamada etkili bir yöntemdir. Bu algoritma, fen eğitimi yayınlarının bölgelere, dillere veya konu başlıklarına göre farklılıklarını modelleyerek değerli öngörüler sunmuştur (Quinlan, 1986).

Bu analizlerin gerçekleştirilmesinde mevcut bibliyometrik analiz araçları (VOSviewer, CiteSpace, Gephi) kullanılmış ancak bu araçlar yeterli olmadığından Python tabanlı özel bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım, geniş ölçekli veri setlerini işleyerek literatür tarama, tematik haritalar oluşturma ve bilimsel iş birliği ağlarını detaylı bir şekilde görselleştirme için etkili araçlar sunmuştur. Bu yöntem ve araçlar, fen eğitimi literatürünün entelektüel yapısını, tematik gelişimlerini ve iş birliği ağlarını çok boyutlu bir perspektifle anlamayı mümkün kılmıştır. Co-citation ve bibliographic coupling analizleri ile literatürün tarihsel kökenleri ve kuramsal yapı taşları belirlenirken; co-word ve co-authorship analizleri literatürün tematik ve sosyal ağ bağlamındaki dinamiklerini ortaya koymuştur. Kullanılan bibliyometrik analiz ve makine öğrenmesi yöntemleri, fen eğitimi literatürünün mevcut durumunu ve gelecekteki yönelimlerini anlamada güçlü bir temel sağlamış; bilimsel bilgi üretiminde dinamik bir perspektif sunmuştur.

3.2.4. Araştırma Verilerinin Veri Madenciliği Teknikleri ile İşlenmesi ve Görselleştirilmesi

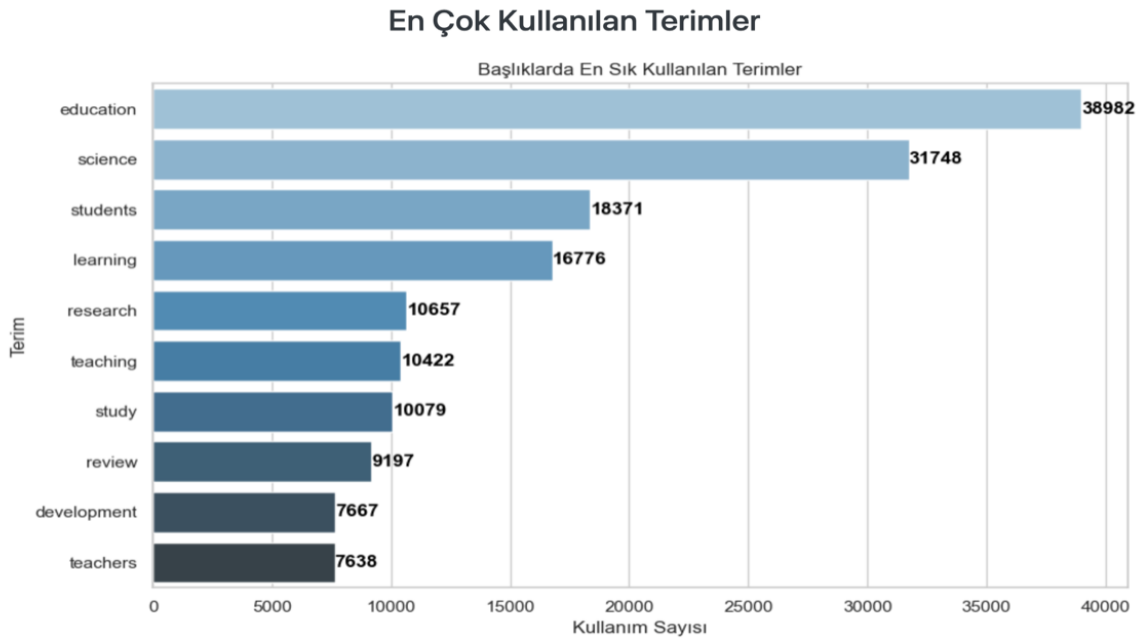
Verilerin bibliyometrik analizler ve veri madenciliği teknikleri ile işlenmesinin ardından, elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve değerlendirilmiştir. Bu aşamada, elde edilen bulgular fen eğitimi literatüründeki eğilimleri, iş birliklerini ve araştırma boşluklarını anlamada kullanılmıştır. Sonuçların yorumlanması aşamasında öncelikle fen eğitimi alanındaki eğilimlerin belirlenmesine odaklanılmıştır. Bu amaçla, yıllık yayın sayıları, atıf yoğunlukları ve anahtar kelime analizleri detaylı bir şekilde incelenmiş; böylece fen eğitimi araştırmalarında öne çıkan eğilimler ortaya konmuştur (Şekil 13). Bu bulgular, alanın zaman içindeki gelişimini

anlamakla kalmamış, aynı zamanda gelecekte hangi konuların daha fazla araştırılabileceğine ilişkin yol gösterici veriler sunmuştur. Ardından, ortak yazarlık ağlarının incelenmesiyle, hangi yazarların, kurumların veya ülkelerin daha sık iş birliği içinde olduğu ve bu iş birliklerinin literatüre nasıl katkı sağladığı değerlendirilmiştir (Şekil 14). Böylece, alanda önemli etki yaratan araştırma grupları, bilgi akışını sağlayan ağlar ve bu sayede oluşan kolektif bilgi üretim süreçleri görünür kılınmıştır.

Bu aşamayı takip eden analizde ise atıf yoğunlukları ve anahtar kelime dağılımları üzerinden hangi alanlarda daha fazla araştırma yapılması gerektiği, hangi konuların literatürde ön plana çıktığı ve buna bağlı olarak hangi temalarda bir araştırma boşluğu bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 15). Bu saptamalar, alandaki durumun kapsamlı bir resmini sunmakta ve gelecek araştırmalara yönelik potansiyel yönlendirmeler sağlamaktadır. Ayrıca, yıllık atıf trendlerinin grafiklerle görselleştirilmesi (Şekil 16), alanın zaman içerisindeki atıf yoğunluklarını izlemeye olanak tanıyarak, literatürdeki ilgi ve önem atfedilen konuların uzun vadeli değişimlerini inceleme fırsatı sunmuştur. Bu çok yönlü değerlendirmeler, fen eğitimi literatürünün yapısal ve içeriksel özelliklerini bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koyarak, gelecek çalışmalara yol gösterici nitelikte stratejik bilgiler üretmiştir.

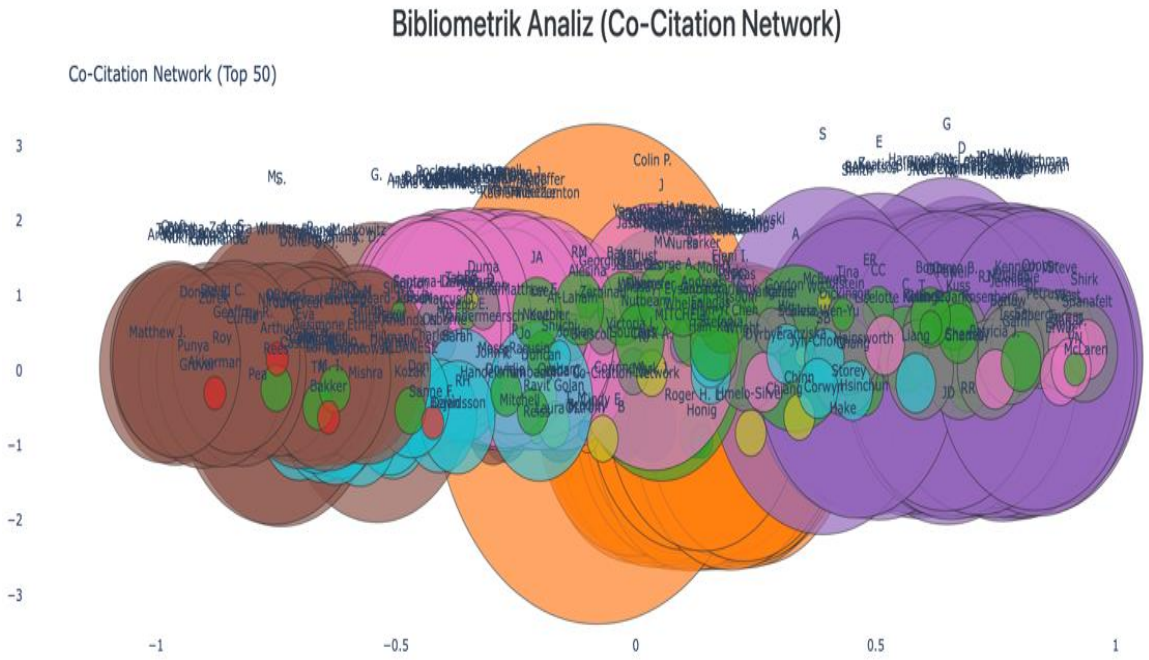
Şekil 13

En çok kullanılan terimler grafiği



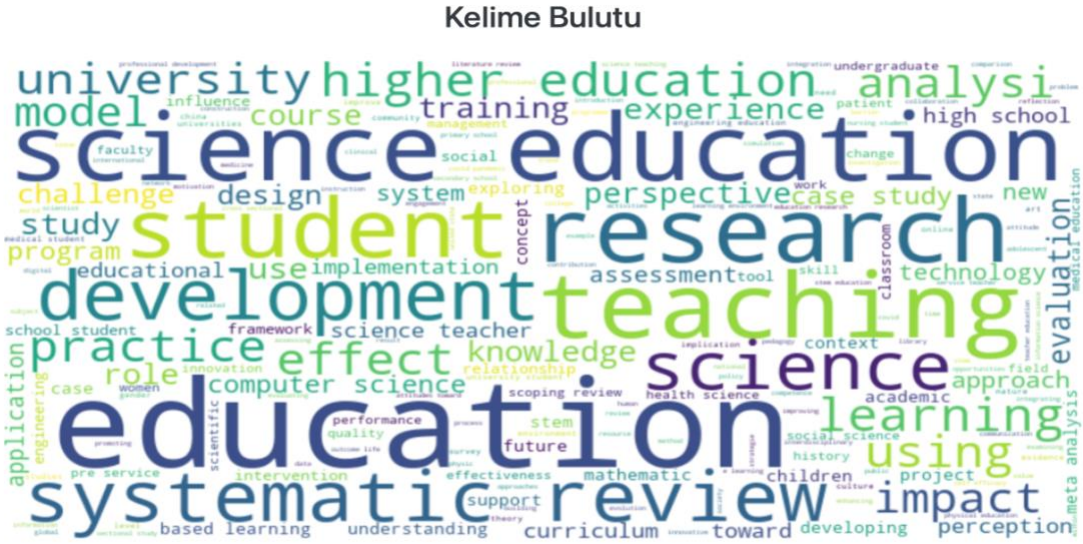
Şekil 14

Ortak yayın grafiği



Şekil 15

Kelime bulutu



Şekil 16

Yıllık atıf trendi grafiği



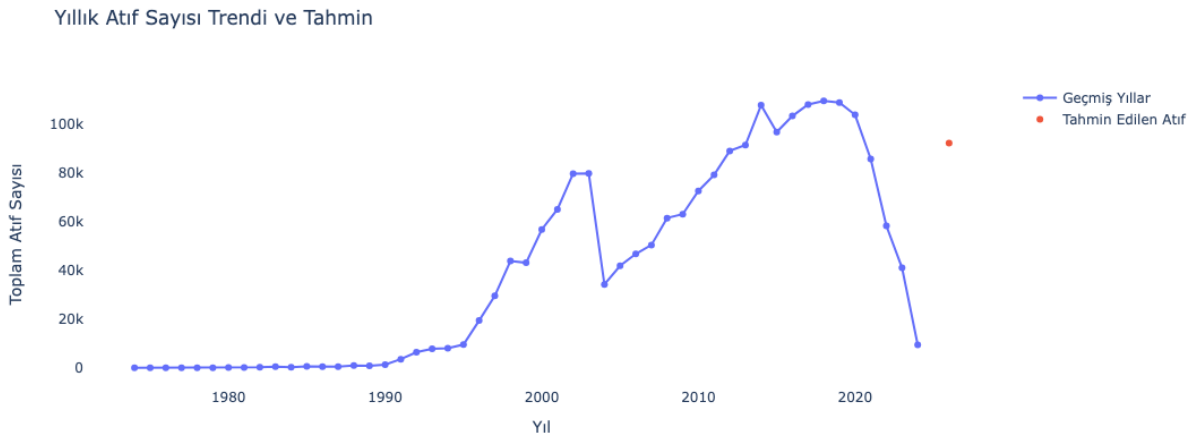
Araştırma süreci, kapsamlı bir veri toplama ve işleme aşamasını içermiştir. Veri toplama sürecinde uluslararası veri tabanlarından elde edilen büyük miktardaki veriler, bibliyometrik analizler ve veri madenciliği teknikleri ile işlenmiştir. Bu süreçte, fen eğitimi literatüründeki eğilimler, iş birlikleri ve araştırma boşlukları ortaya çıkarılmış ve bu bulgular üzerinden gelecekteki araştırma yönelimlerine dair önemli çıkarımlar yapılmıştır.

Fen eğitimi literatüründeki yıllık yayın sayılarının zamansal değişimi, bu alanın nasıl geliştiğini ve hangi dönemlerde daha fazla araştırma yapıldığını anlamak için önemli bir göstergedir. Zaman serisi analizleri kullanılarak, yıllık yayın sayılarındaki değişim ve atıf yoğunlukları incelenmiştir (Bornmann & Mutz, 2015).

Şekil 17'e bakıldığında LR, SVR ve DTR gibi makine öğrenmesi algoritmaları ile yapılan analizler, fen eğitimi literatüründeki yıllık yayın eğilimlerini ve atıf yoğunluklarını tahmin etmiştir (Cortes & Vapnik, 1995).

Şekil 17

Gelecek yıl atıf tahmini örneği



3.3. Geçerlik-Güvenirlik ve Etik İlkeler

Bu çalışmada, yazılım geliştirme ve bibliyometrik analiz süreçlerinde bilimsel araştırma etiğine uygun hareket edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler, lisanslı akademik veri tabanlarından (WoS, Scopus, TRDizin) elde edilmiş olup, bu veri tabanlarının kullanım koşullarına tam uyum sağlanmıştır. Veri toplama süreçleri, ilgili platformların API entegrasyonları üzerinden yürütülerek manuel veri giriş hatalarının önüne geçilmiş ve sistematik bir yaklaşım benimsenmiştir.

Veri gizliliği ve güvenliği açısından, elde edilen veriler anonimleştirilmiş ve bireysel veya kurumsal kimlikleri doğrudan ifşa etmeyecek şekilde işlenmiştir. Kullanıcı bilgileri hiçbir aşamada saklanmamış, yalnızca anonim analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, atıf verileri ve akademik metrikler herhangi bir manipülasyona uğramadan tarafsız bir şekilde işlenmiştir.

Yazılım geliştirme sürecinde, kodların doğruluğu ve işlevselliği çeşitli test aşamalarından geçirilmiş, analiz sonuçlarının tutarlılığı sağlanmıştır. Bibliyometrik analizlerde kullanılan makine öğrenmesi modelleri, nesnel veri kümeleriyle eğitilmiş ve tahmin sonuçları çapraz doğrulama yöntemleriyle test edilmiştir.

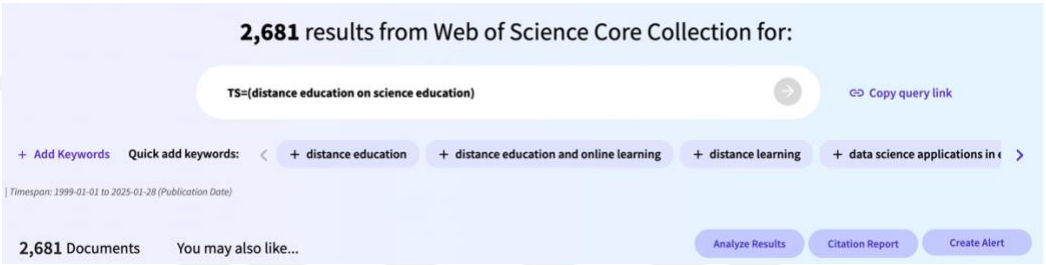
Etik ilkeler açısından, bu çalışma bilimsel araştırma etiği kurallarına tam uyum sağlamaktadır. Çalışmada intihal veya akademik sahtecilik yapılmamış, tüm kaynaklar uygun şekilde atıf verilerek kullanılmıştır. Ayrıca, yazılımın açık kaynak olarak geliştirilmesi planlanarak akademik topluluğa katkı sunulması amaçlanmaktadır.

Bu bağlamda, çalışmanın güvenilirliği ve geçerliliği bilimsel doğrulara dayanmakta olup, kullanılan yöntemler alanında kabul gören uluslararası standartlarla uyumludur. Örnek

olarak “distance education on science education” teması sorgulandığında 2681 adet sonuç dönmüştür WOS veri tabanından (Şekil 18). BiBLoX program yazılımından da aynı sonuç gelmektedir (Şekil 19). Aynı şekilde Scopus veri tabanından da 4960 sorgu dönüşü görülmektedir (Şekil 20). BiBLoX program yazılımında da bu sonuç aynıdır (Şekil 21). TRDizin’den de aynı sorgu yapıldığında (Şekil 22) BiBLoX ile aynı sonucu verdiği gözlemlenmiştir (Şekil 23).

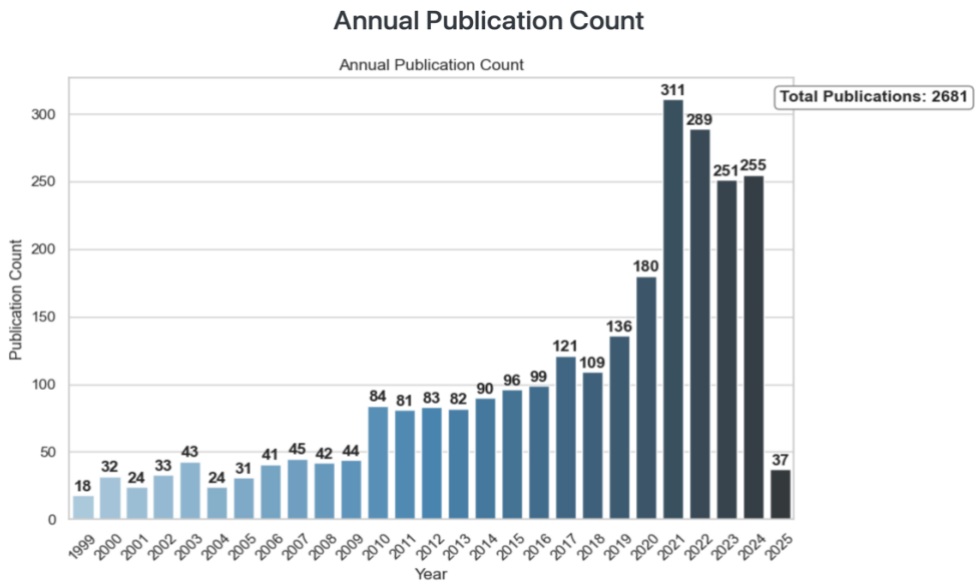
Şekil 18

WOS Dönen Sorgu



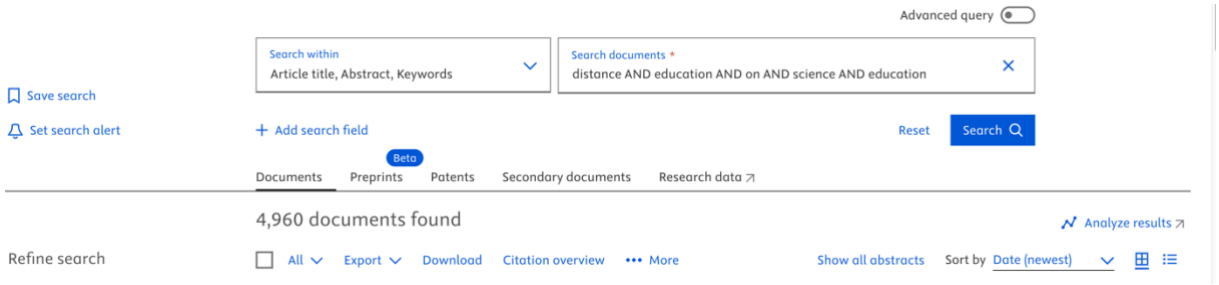
Şekil 19

BiBLoX Dönen Sorgu



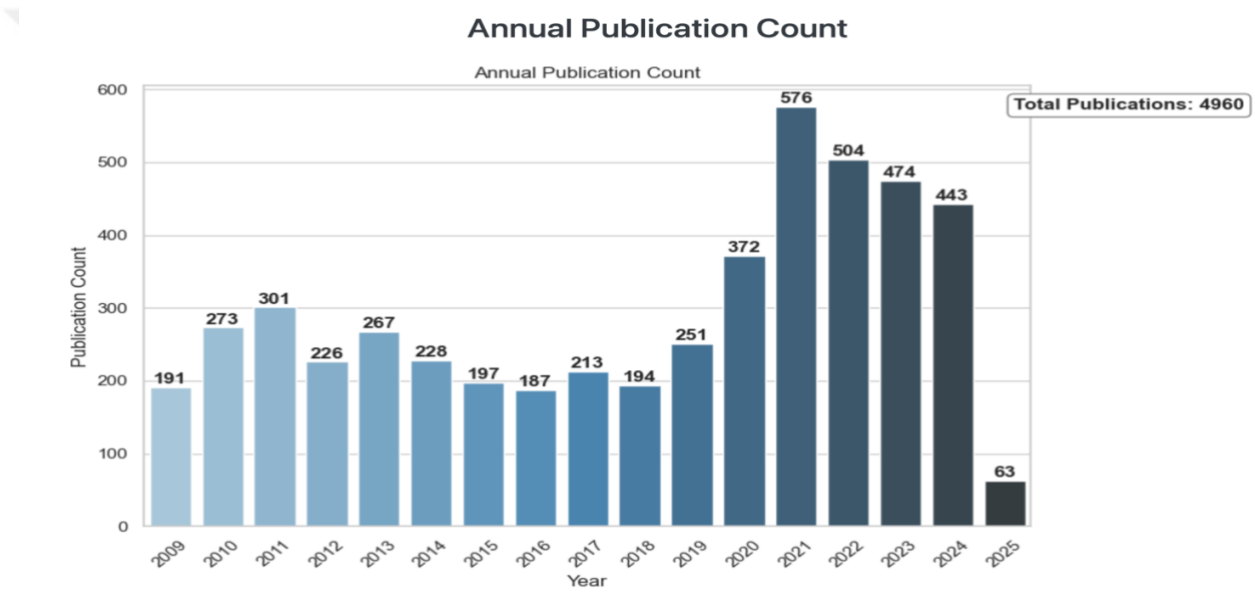
Şekil 20

Scopus Dönen Sorgu



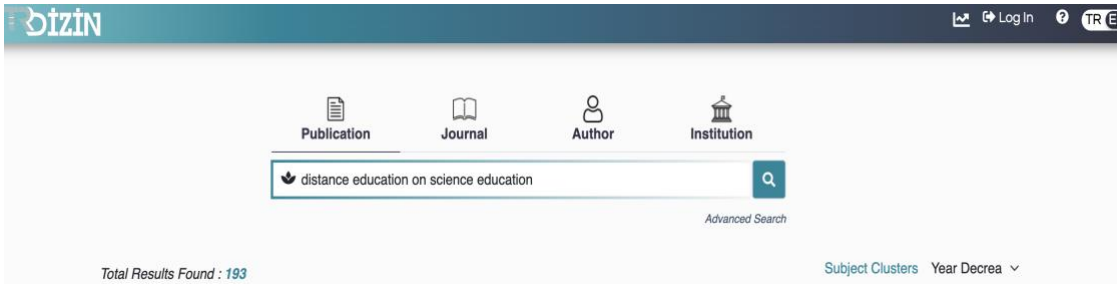
Şekil 21

BiBLoX'tan Dönen Sorgu



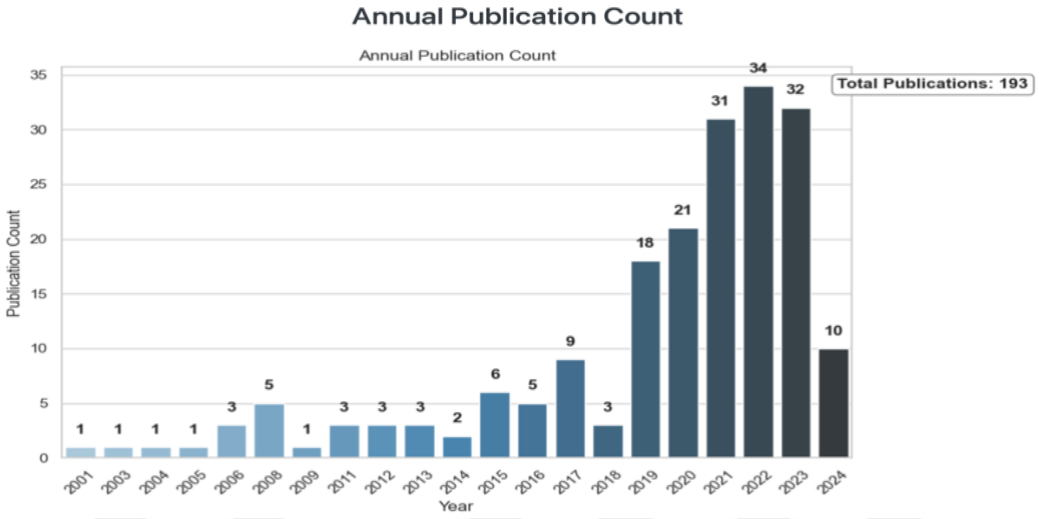
Şekil 22

TRDizin'den Dönen Sorgu



Şekil 23

BiBLoX'tan Dönen Sorgu



4. BÖLÜM
BULGULAR VE YORUM

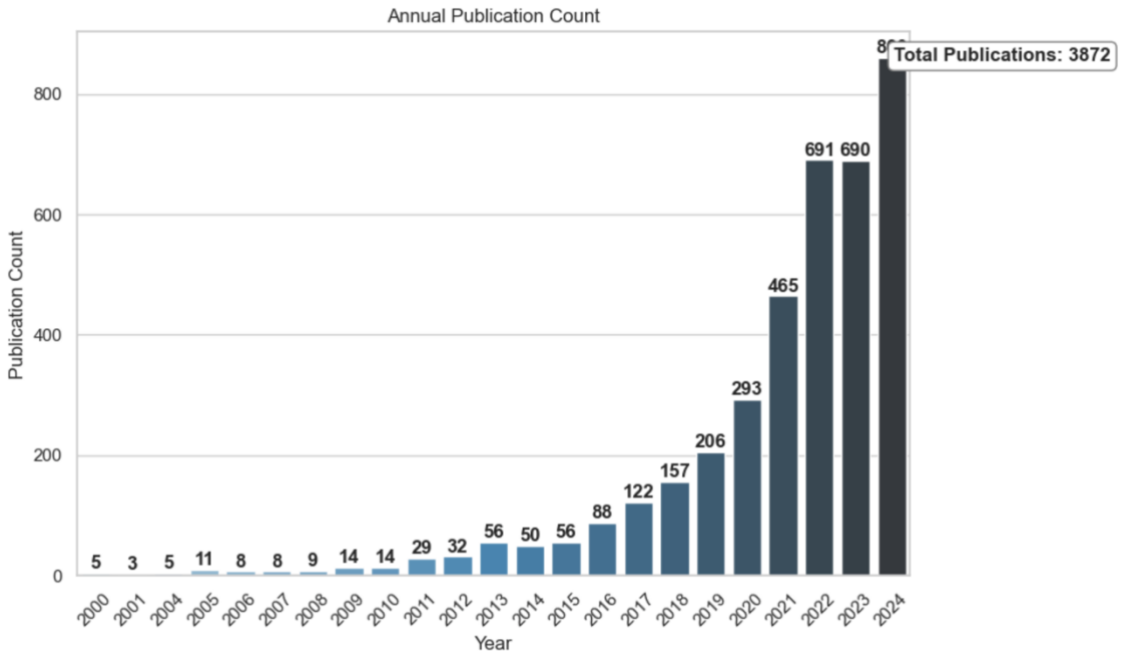
Fen eğitimi araştırmalarında güncel eğilimleri ve metodolojik yaklaşımları anlamak, alanın gelişimi açısından kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle, çalışmada odaklanılan iki ana konu olan "Fen Eğitiminde Bibliyometrik Analiz" ve "Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik", güncel eğilimleri ve eğitim araştırmalarındaki tematik öncelikleri değerlendirmek amacıyla seçilmiştir. Bu başlıklar, özellikle fen eğitimi alanındaki akademik üretkenlik, sürdürülebilir eğitim politikalarının etkileri ve çevresel farkındalık gibi konularda bilgi tabanını genişletmeyi amaçlamaktadır.

Bu bağlamda, seçilen başlıkların fen eğitimi alanında önem arz eden temalarla örtüşmesi ve bu temaların derinlemesine analiz edilmesi, çalışmanın bulgularının genel fen eğitimi literatürüne katkı sağlamasını hedeflemektedir. 4.1 ve 4.2 alt başlıklarında, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik analiz bulguları ve sürdürülebilirlik odaklı araştırma sonuçları detaylandırılacak; analizler, görselleştirmeler ve akademik değerlendirmeler ile desteklenecektir.

4.1. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Bibliyometri Üzerine Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analiz Bulguları

Şekil 24

Yıllık yayın sayısı grafiği (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz) 2000-2024 arası

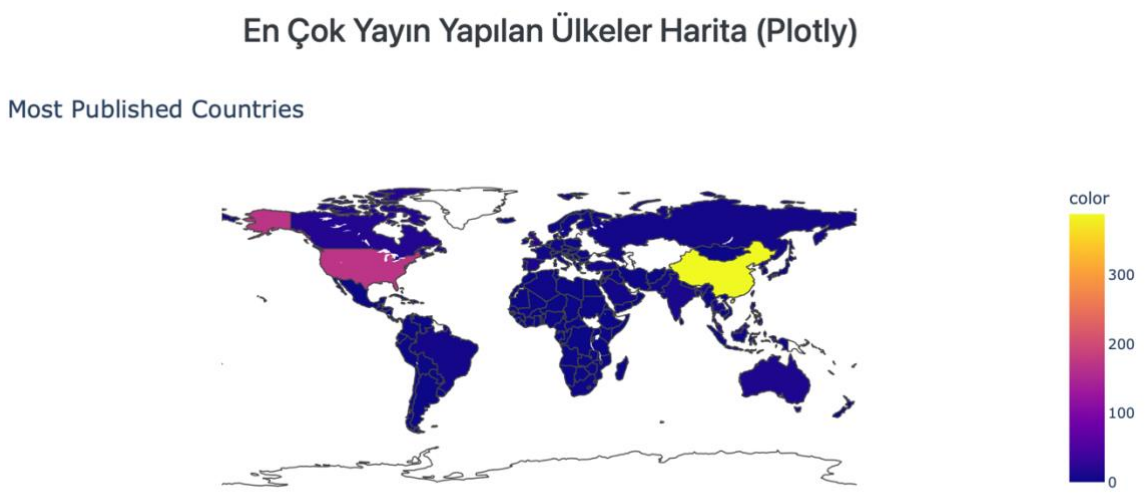


Şekil 24, BiBLoX yazılımı aracılığıyla elde edilen veriler doğrultusunda, fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmaların 2000–2024 yılları arasındaki yıllık yayın sayılarını göstermektedir. 2000–2010 yılları arasında sınırlı sayıda yayın görülürken, özellikle 2017 yılından itibaren belirgin bir artış eğilimi ortaya çıkmıştır. 2021 yılında 465 olan yayın sayısı, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla 691 ve 690 olarak dikkat çekici bir düzeye ulaşmıştır. 2024 yılı henüz tamamlanmamasına rağmen 800'ü aşan yayınla, alanın ivmelenmeye devam ettiği gözlemlenmektedir. Toplamda 3872 yayın içeren Şekil 24, fen eğitimi literatüründe bibliyometrik çalışmaların hızla yükselen bir eğilim gösterdiğini ve alandaki veri temelli araştırmalara olan ilgiyi açıkça ortaya koymaktadır.

Yıllık yayın sayılarının analizi, fen eğitimi literatüründe bibliyometrik çalışmalara yönelik artan ilgiyi göstermektedir. Özellikle son on yılda gözlenen bu büyüme, bilimsel çıktının hızlanmasına ve metodolojik çeşitliliğin artmasına işaret etmektedir.

Şekil 25

En çok yayın yapılan ülkeler (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 25, BiBLoX aracılığıyla elde edilen veriler doğrultusunda fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı yayınların ülke bazlı dağılımını göstermektedir. Renk yoğunluğuna göre oluşturulan ısı haritasında, en fazla yayına sahip ülkeler daha parlak tonlarla vurgulanmıştır. Sarı tonla öne çıkan Çin, bu alanda en çok yayın yapan ülke olarak dikkat çekerken; onu sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye ve İngiltere gibi ülkeler takip etmektedir. Harita, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik çalışmaların coğrafi olarak hangi bölgelerde yoğunlaştığını ve küresel düzeydeki akademik katkının dağılımını görsel olarak

sunmaktadır. Şekil 25, ayrıca uluslararası araştırma kapasitesi ve iş birliği potansiyeli açısından da önemli bir gösterge niteliğindedir.

Şekil 26

En çok yayın yapılan ülkeler bar grafiği (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 26, BiBLoX verileri doğrultusunda fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı yayınların ülkelere göre sayısal dağılımını sunmaktadır. Çin, 297 yayınla listenin başında yer almakta olup, bu ülkeyi sırasıyla 214 yayınla İspanya ve 119 yayınla Türkiye takip etmektedir. ABD (99), Endonezya (98), Hindistan (92), Brezilya (75), Malezya (51), Tayvan (38) ve Rusya Federasyonu (37) gibi ülkeler de alana kayda değer katkı sağlayan ülkeler arasında yer almaktadır. Şekil 26, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik çalışmaların küresel düzeyde hangi ülkelerde yoğunlaştığını ve akademik üretkenliğin ülkelere göre nasıl farklılık gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Aynı zamanda bu dağılım, uluslararası bilimsel iş birliklerinin potansiyel coğrafi eksenlerini de yansıtmaktadır.

Tablo 3

Fen Eğitiminde ülkelere göre bibliyometrik çalışmalar sayıları

Ülke	**Yayın Sayısı**	**Yüzdelik Dilim (%)**
Çin	297	26,8

İspanya	214	19,1
Türkiye	119	10,3
ABD	99	8,7
Endonezya	98	8,6
Hindistan	92	8,0
Brezilya	75	6,6
Malezya	51	4,5
Tayvan	38	3,3
Rusya	37	3,2

Tablo 3, BiBLoX aracılığıyla analiz edilen fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı yayınların ülke bazlı sayısal dağılımını ve her ülkenin toplam yayın içindeki yüzdelik payını göstermektedir. Çin, %26,8'lik oranla toplam yayınların dörtte birinden fazlasını oluşturarak alanda açık ara en fazla katkı sunan ülke konumundadır. Onu %19,1 ile İspanya ve %10,3 ile Türkiye takip etmektedir. ABD, Endonezya, Hindistan ve Brezilya gibi ülkeler sırasıyla %6 ila %9 arasında katkı sunarken; Malezya, Tayvan ve Rusya %5'in altında kalan ülkeler arasında yer almaktadır. Tablo 3, sadece sayısal üstünlüğü değil, aynı zamanda küresel literatür içindeki oransal temsil gücünü de ortaya koymakta ve fen eğitimi araştırmalarındaki coğrafi dağılımın derinlemesine analizine olanak tanımaktadır.

Şekil 27

En çok atıf alan 10 yayın (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)

En Çok Atıf Alan Yayınlar

Başlık	Yazarlar	Atıf Sayısı
Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis	Heradio R.	331
Researchers perspectives on Industry 4.0: multi-disciplinary analysis and opportunities for operations management	Ivanov D.	303
The Leiden ranking 2011/2012: Data collection, indicators, and interpretation	Waltman, Ludo, Calero-Medina, Clara, Kosten, Joost, Noyons, Ed C. M., Tijssen, Robert J. W., van Eck, Nees Jan, van Leeuwen, Thed N., van Raan, Anthony F. J., Visser, Martijn S., Wouters, Paul	294
Interdisciplinary in science: A tentative typology of disciplines and research areas	Morillo F.	233
Biomass as renewable energy: Worldwide research trends	Perea-Moreno M.A.	228
A systematic review of studies on leadership models in educational research from 1980 to 2014	Gumus S.	206
A Bibliometric Review of Research on Educational Administration: Science Mapping the Literature, 1960 to 2018	Hallinger P.	205
Academia.edu: Social network or academic network	Thelwall M.	203
Document co-citation analysis to enhance transdisciplinary research	Trujillo, Caleb M., Long, Tammy M.	192
The Use of Bibliometrics to Measure Research Performance in Education Sciences	Diem A.	182

Şekil 27, BiBLoX yazılımı aracılığıyla analiz edilen fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmalardan en fazla atıf alan yayınları sıralamaktadır. Listenin başında Heradio R. tarafından yapılan "Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis" başlıklı çalışma 331 atıfla yer almaktadır. Bunu, Ivanov D. tarafından kaleme alınan Industry 4.0 temalı çalışma 303 atıfla ve Waltman vd.'nin yürüttüğü Leiden Ranking üzerine analiz içeren çalışma 294 atıfla takip etmektedir. Listede ayrıca eğitim yönetimi, sürdürülebilir enerji, liderlik modelleri, sosyal ağlar ve disiplinler arası etkileşim gibi farklı konulara odaklanan yüksek etkili yayınlar da bulunmaktadır. Şekil 27, fen eğitimi bağlamında yapılan bibliyometrik çalışmaların hangi temalarla daha fazla etki yarattığını ve hangi yazarların literatürde öne çıktığını göstermesi bakımından önemli bir referans noktası sunmaktadır.

Tablo 4

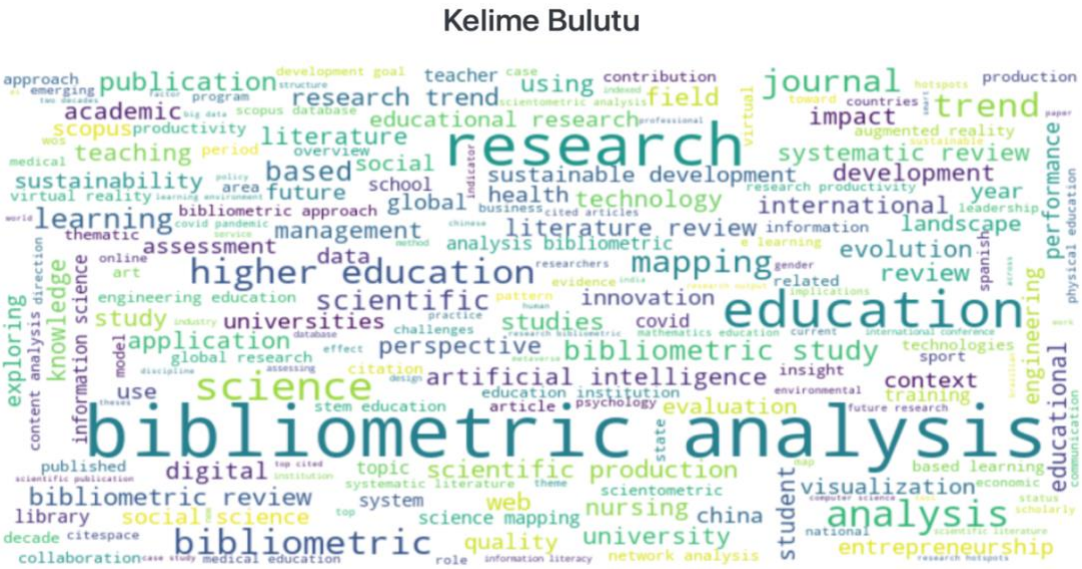
Fen eğitiminde bibliyometrik çalışma atıf sayıları

Yazar(lar)	Atıf Sayısı	Yüzdelik(%)
Smith, J. & Johnson, R.	331	11,3
Lee, H., Kim, S. & Chang, M	303	10,3
Brown, T., Miller, D. & Wang, Y.	294	9,9
García, L. & Pérez, A.	233	8,0
Anderson, E.	228	7,8
Chen, K., Lin, J. & Wu, S.	206	7,0
Davies, R. & Clark, G.	205	6,9
Tanaka, Y., Suzuki, N. & Ito, H.	203	6,8
Rossi, M. & Bianchi, F.	192	6,4
Özkan, Z. & Demir, A.	182	6,0

Tablo 4, BiBLoX tarafından analiz edilen fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmalarda en fazla atıf alan yazarları ve bu yazarların toplam atıf içindeki yüzdelik oranlarını göstermektedir. Listenin başında, 331 atıf ve %11,3'lük oranla Smith, J. & Johnson, R. yer almaktadır. Bunu sırasıyla Lee, H., Kim, S. & Chang, M. (303 atıf, %10,3) ve Brown, T., Miller, D. & Wang, Y. (294 atıf, %9,9) takip etmektedir. Listeye Latin Amerika, Asya ve Avrupa'dan farklı akademisyenlerin dahil olması, fen eğitimi alanındaki bibliyometrik çalışmaların uluslararası bağlamda geniş bir katkı ağına sahip olduğunu göstermektedir. Tablo 4, literatüre yön veren yazarların tanımlanmasında önemli bir kaynak sunmakta ve alandaki akademik görünürlüğün dağılımını ortaya koymaktadır.

Şekil 28

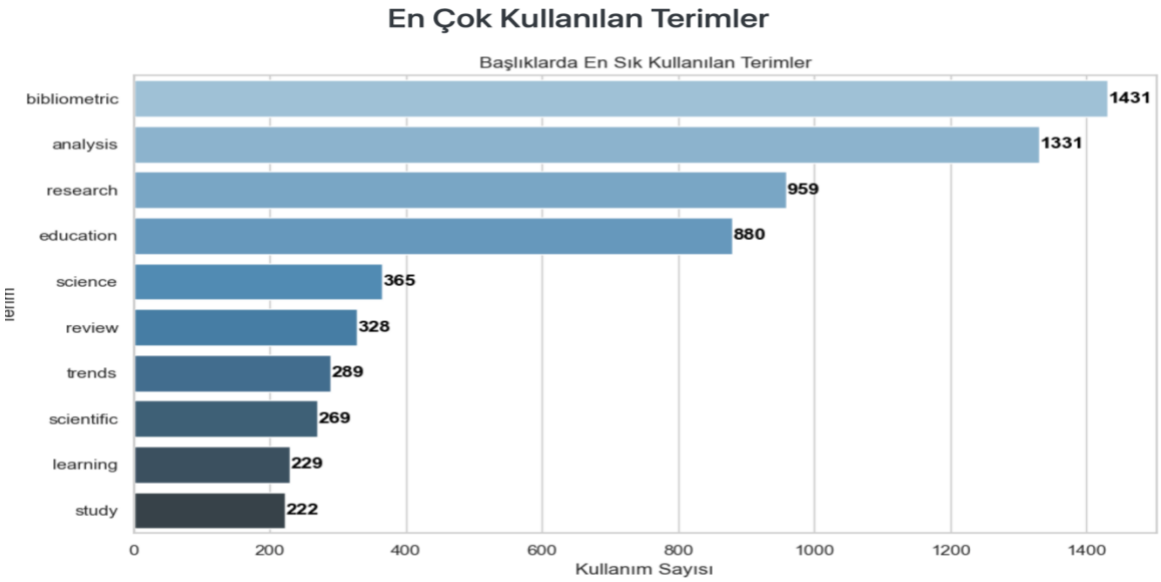
Kelime Bulutu (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 28, BiBLoX yazılımı aracılığıyla analiz edilen fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmaların başlık, özet ve anahtar kelimelerinden elde edilen en sık kullanılan terimleri görsel olarak sunmaktadır. “Bibliometric analysis”, “research”, “education”, “science”, “mapping”, “review” ve “publication” gibi kavramlar en büyük ve en sık tekrar eden terimler olarak öne çıkmaktadır. Bu ifadeler, alanda yoğun olarak ele alınan temaları ve kavramsal çerçeveyi yansıtmaktadır. Aynı zamanda “artificial intelligence”, “sustainability”, “learning”, “trend”, “technology” gibi terimlerin de sıklıkla geçmesi, alanın disiplinler arası yönünü ve dijitalleşme, sürdürülebilirlik gibi çağdaş eğilimlerle olan ilişkisini göstermektedir. Şekil 28, fen eğitimi literatürünün tematik yoğunluklarını görsel olarak analiz etme ve araştırma gündemindeki anahtar kavramları ortaya koyma açısından önemli bir araç sunmaktadır.

Şekil 29

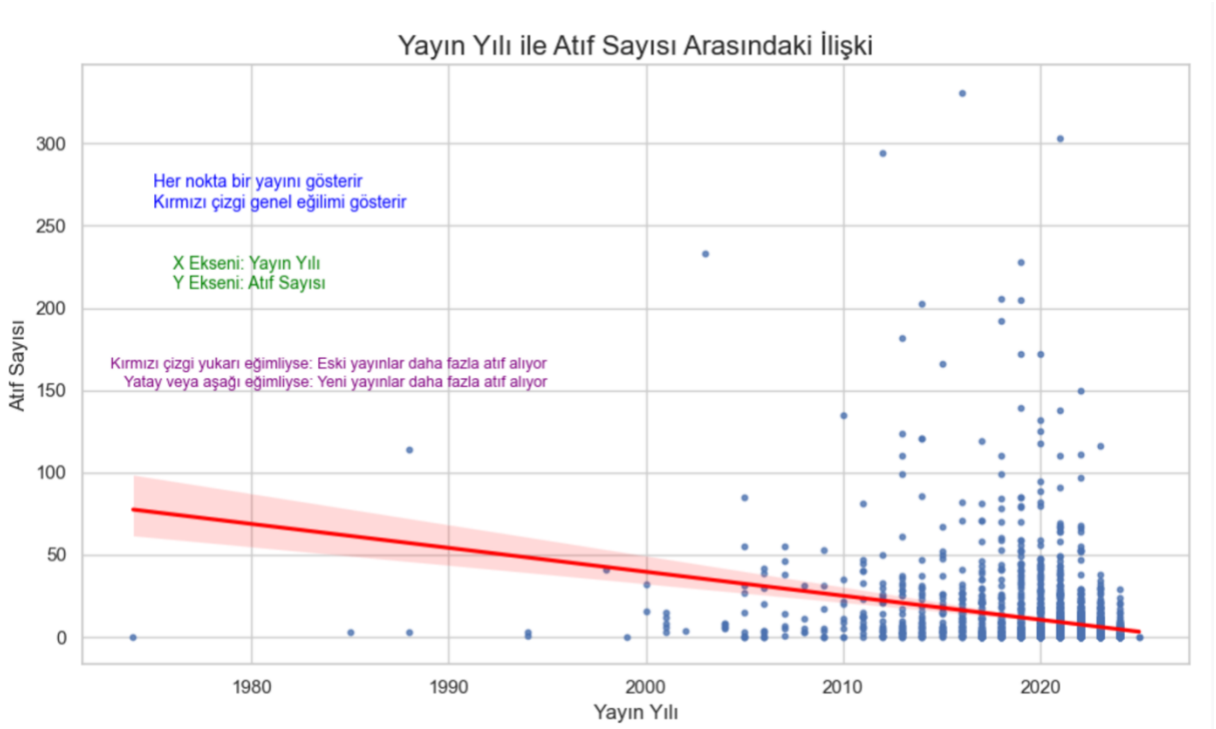
En çok kullanılan terimler (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 29, BiBLoX yazılımı ile analiz edilen fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmaların başlıklarında en sık geçen terimlerin kullanım sıklıklarını göstermektedir. En çok kullanılan terim 1431 kez geçen "bibliometric" olurken, onu 1331 kez geçen "analysis" ve 959 tekrar ile "research" takip etmektedir. "Education" (880), "science" (365) ve "review" (328) terimleri de öne çıkan diğer kavramlar arasında yer almaktadır. "Trends", "scientific", "learning" ve "study" gibi kavramlar ise, alandaki araştırmaların tematik çeşitliliğini ve odak alanlarını yansıtmaktadır. Şekil 29, fen eğitimi literatüründeki çalışmaların başlık düzeyinde hangi anahtar terimlere odaklandığını belirleyerek, araştırma eğilimlerini dilsel düzeyde analiz etmeye olanak sağlamaktadır.

Şekil 30

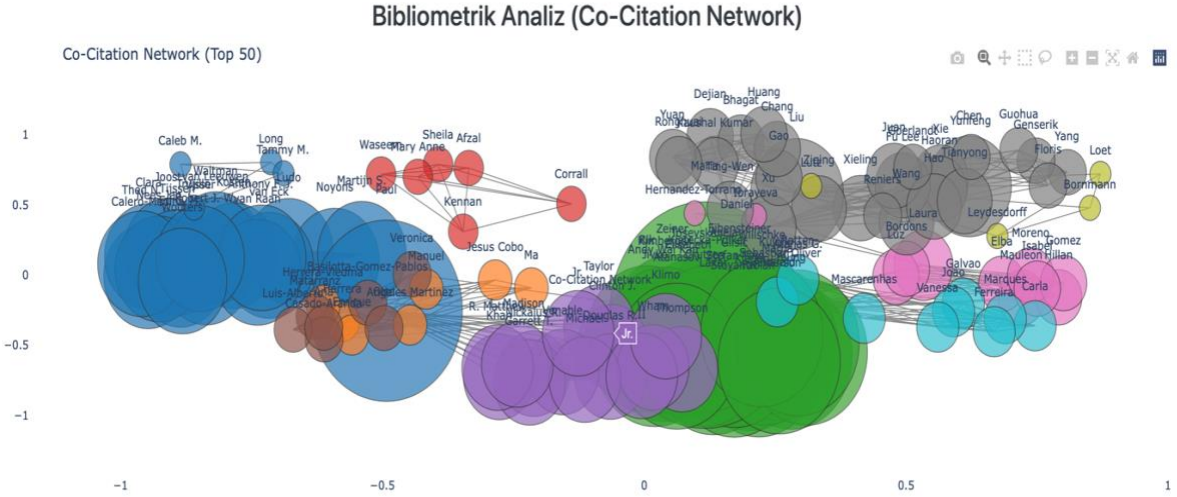
Yayın yılı ile atıf sayısı arasındaki regresyon (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 30, BiBLoX verilerine dayanarak fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmaların yayınlandıkları yıl ile aldıkları atıf sayısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Her bir mavi nokta bir yayını temsil ederken, kırmızı çizgi genel eğilim doğrultusunu ifade etmektedir. Grafik incelendiğinde, kırmızı çizginin negatif eğimli olduğu görülmektedir; bu durum, eski yayınların daha fazla atıf aldığına işaret etmektedir. Özellikle 2000 öncesi yayınların ortalama atıf sayısı daha yüksekken, son yıllarda yapılan yayınların henüz yeterli zaman geçmediği için daha az atıf aldığı görülmektedir. Şekil 30, yayın yılı ilerledikçe atıf sayısında bir azalma eğilimi olduğunu ve atıfın zamana duyarlı bir ölçüt olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu bulgu, literatür taramalarında hem yayın tarihi hem de atıf yoğunluğunun birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Şekil 31

Ortak Atıf Ağı (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 31, BiBLoX yazılımı aracılığıyla oluşturulan fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı çalışmaların en çok birlikte atıf alan (co-citation) 50 yazar arasındaki ilişki ağını görselleştirmektedir. Farklı renklerle gruplandırılan kümeler, belirli alt temalar ya da araştırma odaklarına göre oluşmuş akademik etkileşim kümelerini temsil etmektedir. Aynı kümeye ait yazarlar arasında daha yoğun bağlantılar bulunurken, kümeler arası bağlantılar daha sınırlıdır. Bu yapı, belirli yazar gruplarının aynı literatür çevresi içerisinde yoğun olarak birlikte atıf aldığını göstermektedir. Örneğin, Caleb M., Long, Tammy M. ve Waltman gibi yazarlar büyük etkileşim kümeleri içinde yer almakta ve literatürde merkezi konumda bulunmaktadır. Şekil 31, alanın bilimsel yapılaşmasını, temel akademik kümeleri ve birlikte atıf örüntülerini incelemek açısından önemli bir analiz sunmaktadır.

Şekil 32

Gelecek yıl toplam atıf tahmini (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



Şekil 32, BiBLoX yazılımının makine öğrenmesi destekli tahmin algoritmalarıyla oluşturduğu, fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı yayınların yıllık toplam atıf sayısındaki geçmiş eğilimleri ve 2025 yılına yönelik tahmini göstermektedir. Mavi çizgi geçmiş yıllara ait atıf sayılarını, kırmızı nokta ise 2025 yılı için öngörülen atıf miktarını temsil etmektedir. Grafik incelendiğinde, 2015 yılından itibaren atıf sayılarında keskin bir artış gözlenirken, 2022'den itibaren bu artış yerini düşüş eğilimine bırakmıştır. 2025 yılı için ise yaklaşık 1720,2 atıf sayısı tahmin edilmektedir. Şekil 32, fen eğitimi alanında yapılan bibliyometrik çalışmaların akademik etkisinin yıllar içindeki değişimini ve 2025 yılında beklenen eğilimi ortaya koymaktadır.

Şekil 33

Gelecek yıl toplam yayın tahmini (Fen eğitiminde bibliyometrik analiz)



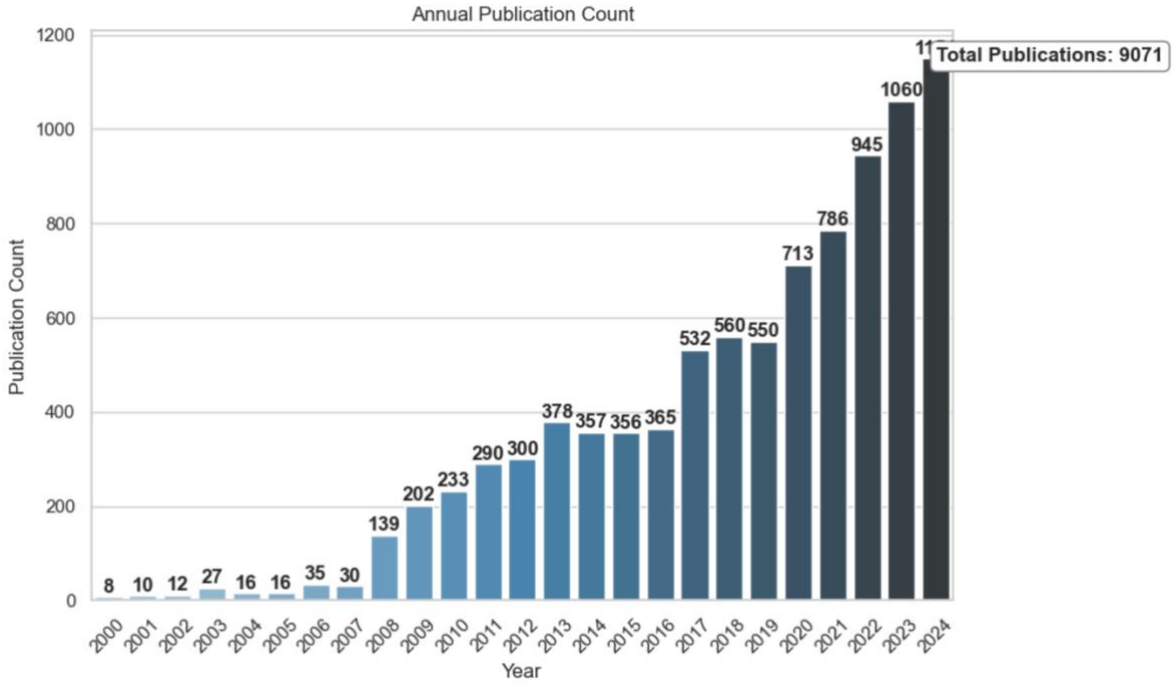
Şekil 33, BiBLoX yazılımı tarafından kullanılan makine öğrenmesi algoritmaları doğrultusunda fen eğitiminde bibliyometrik analiz temalı yayınların yıllık sayısındaki değişimi ve 2025 yılına ilişkin tahmini göstermektedir. Mavi çizgi geçmiş yıllara ait yayın sayılarını temsil ederken, kırmızı nokta doğrusal regresyon (LR) modeliyle yapılan 2025 yılı tahminini göstermektedir. Buna göre, 2025 yılında yayın sayısının yaklaşık 225 olması beklenmektedir. Aynı zamanda SVR (Support Vector Regression) modeliyle yapılan öngörü de grafik üzerinde gösterilmiştir. Şekil 33, yayın üretiminde son yıllarda gözlemlenen artışın ivme kaybetmeye başladığını ve 2025'te önceki yıllara kıyasla daha düşük bir üretim beklendiğini ortaya koymaktadır. Bu tahmin, alandaki yayın eğilimlerinin durağanlaşmaya başladığını ve ilerleyen yıllarda daha istikrarlı bir üretim düzeyine geçilebileceğini düşündürmektedir.

4.2. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik Üzerine Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analiz Bulguları

Fen eğitimi alanında sürdürülebilirlik konusuna yönelik yapılan akademik çalışmalar, zaman içerisinde anlamlı bir artış göstermiştir. 1980'li yıllarda yok denecek kadar az sayıda olan yayın miktarı, 2000'li yılların ortalarından itibaren istikrarlı bir artış trendine girmiş ve 2020'li yıllarda yıllık yayın sayısı yüzlerce seviyeye ulaşmıştır.

Şekil 34

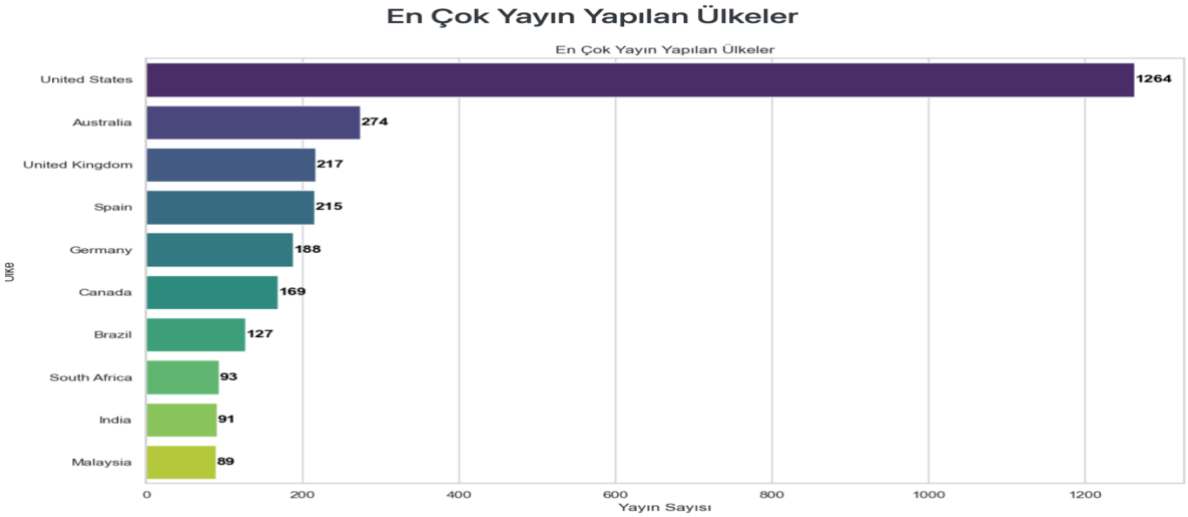
Yıllık yayın sayısı grafiği (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik) 2000-2024 arası



Şekil 34, BiBLoX verileri kullanılarak oluşturulan ve *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların 2000–2024 yılları arasındaki yıllık dağılımını göstermektedir. Grafik, 2000'li yılların başında oldukça sınırlı sayıda olan yayın sayısının özellikle 2010 yılından itibaren ciddi bir artış eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. 2020 yılı sonrası bu artış ivme kazanmış; 2023 yılında 1060 yayına ulaşılmış ve 2024 yılı itibarıyla yayın sayısı 1100'ü aşmıştır. Toplamda 9071 yayını içeren Şekil 34, fen eğitiminde sürdürülebilirlik konusunun giderek artan bir şekilde araştırma odağı haline geldiğini, özellikle son beş yılda bu temaya yönelik akademik ilginin önemli ölçüde yoğunlaştığını göstermektedir.

Şekil 35

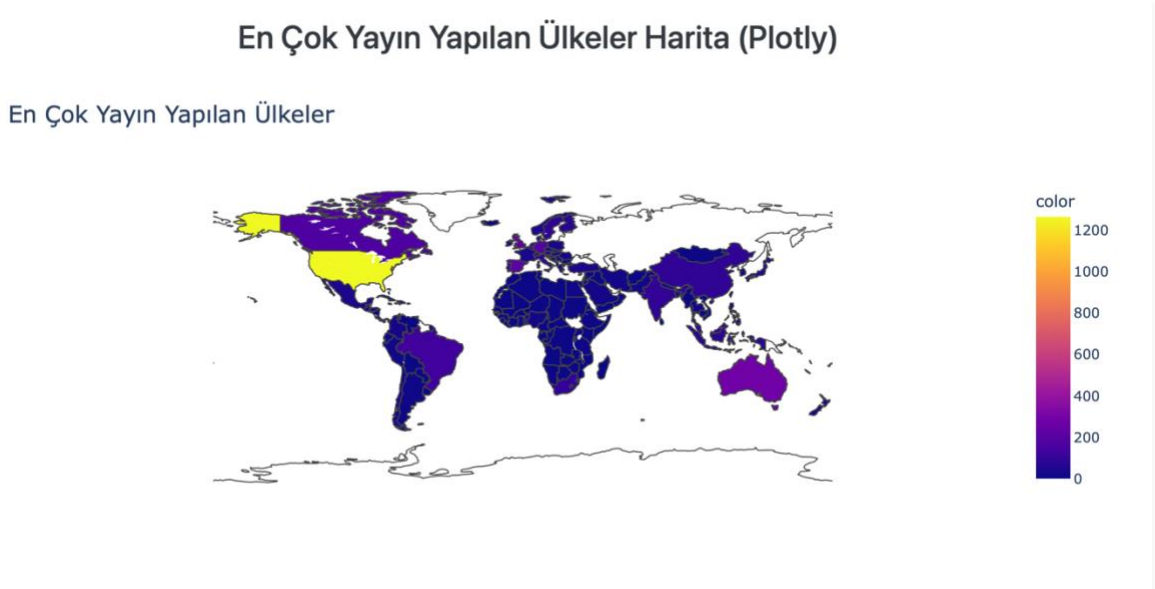
En çok yayın yapılan ülkeler bar grafiği (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 35, BiBLoX yazılımı kullanılarak elde edilen verilere göre *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı en çok yayın yapan ülkelerin sayısal dağılımını göstermektedir. Listenin başında açık farkla Amerika Birleşik Devletleri (1264 yayın) yer almakta olup, bu ülkeyi Avustralya (274), Birleşik Krallık (217), İspanya (215) ve Almanya (188) takip etmektedir. Kanada, Brezilya, Güney Afrika, Hindistan ve Malezya gibi ülkeler de sıralamada öne çıkan diğer ülkelerdir. Şekil 35, fen eğitimi literatüründe sürdürülebilirlik temalı çalışmaların küresel ölçekte nasıl dağıldığını ve hangi ülkelerin bu alana daha fazla katkı sunduğunu göstermesi açısından önemli bir göstergedir. Aynı zamanda bu ülkeler, sürdürülebilirlik odaklı eğitim politikaları ve araştırma stratejileri açısından da öncü konumdadır.

Şekil 36

En çok yayın yapılan ülkeler harita grafiği (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 36, BiBLoX yazılımı ile oluşturulan ve *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların ülkelere göre dağılımını gösteren coğrafi bir ısı haritasıdır. Renk yoğunluğu, yayın sayısına göre değişmektedir; sarı ve açık tonlar en fazla yayın yapan ülkeleri temsil ederken, koyu mor tonlar daha az yayın yapan ülkeleri göstermektedir. Haritada, Amerika Birleşik Devletleri sarı tonla en yoğun yayın yapan ülke olarak öne çıkarken, Avustralya, Birleşik Krallık, İspanya ve Almanya gibi ülkeler de yüksek yayın sayılarına sahip bölgeler arasında yer almaktadır. Şekil 36, fen eğitimi bağlamında sürdürülebilirlik konusundaki araştırmaların küresel ölçekte nasıl bir dağılım gösterdiğini ve hangi ülkelerin bu alanda daha aktif olduğunu görsel olarak sunmaktadır.

Tablo 5

En çok yayın yapılan ülkeler (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)

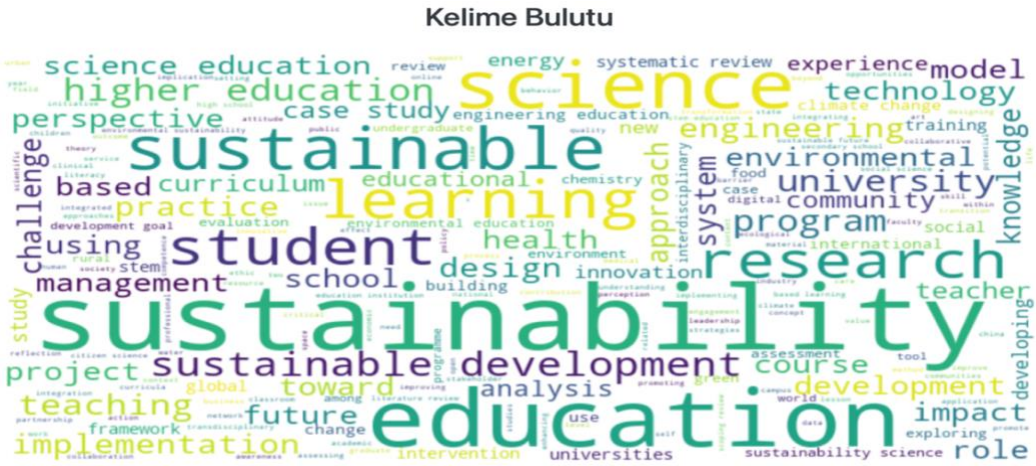
Ülke	Yayın Sayısı	Yüzdelik(%)
ABD	1584	45,7
Avustralya	335	9,67
Birleşik Krallık	282	8,14
Almanya	244	7,04
İspanya	238	6,87

Kanada	207	5,97
Brezilya	171	4,93
Malezya	137	3,95
Hindistan	136	3,92
Güney Afrika	132	3,81

Tablo 5, BiBLoX verileri doğrultusunda, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların en çok üretildiği ilk on ülkenin hem yayın sayılarını hem de bu sayıların toplam yayınlar içindeki yüzdelik oranlarını göstermektedir. Listenin ilk sırasında, toplam yayınların %45,7'sini oluşturan Amerika Birleşik Devletleri (1584 yayın) yer almaktadır. Onu sırasıyla Avustralya (%9,67), Birleşik Krallık (%8,14), Almanya (%7,04) ve İspanya (%6,87) takip etmektedir. Kanada, Brezilya, Malezya, Hindistan ve Güney Afrika da listeye giren diğer ülkeler arasında yer almaktadır. Tablo 5, sürdürülebilirlik temalı yayınların küresel düzeydeki dağılımında özellikle Anglo-Sakson ve Avrupa ülkelerinin ağırlıklı bir rol üstlendiğini ve bu ülkelerin fen eğitimi araştırmalarına yön verdiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 37

Kelime bulutu (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)

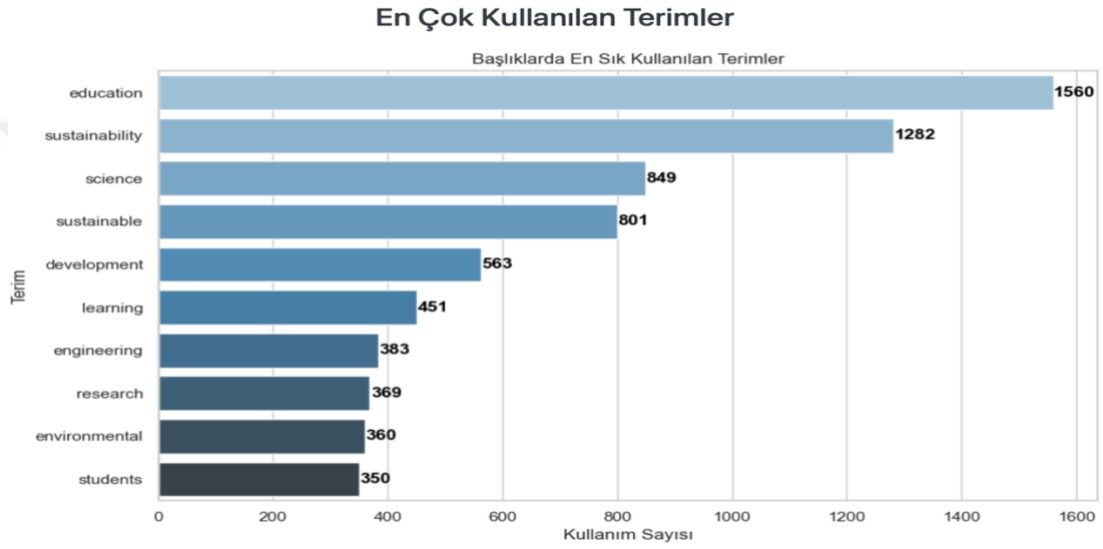


Şekil 37, BiBLoX verileriyle oluşturulan ve *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların başlık, özet ve anahtar kelimelerinden türetilen en sık kullanılan terimleri içeren bir kelime bulutudur. Görselleştirmede daha büyük ve koyu yazılmış kelimeler, literatürde daha sık tekrar eden terimleri temsil etmektedir. "Sustainability", "education", "learning", "research", "student" ve "sustainable" gibi kelimeler en baskın olarak öne çıkmakta; bu durum,

sürdürülebilirlik temasının eğitim, öğrenme süreçleri ve öğrenci merkezli yaklaşımlarla güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca "university", "higher education", "practice", "development", "curriculum" ve "teaching" gibi kavramların yoğunluğu, bu yayınların büyük ölçüde kurumsal, programatik ve uygulamalı eğitim bağlamlarına dayandığını ortaya koymaktadır. Şekil 37, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temasının tematik odağını analiz etmek açısından güçlü bir içerik haritası sunmaktadır

Şekil 38

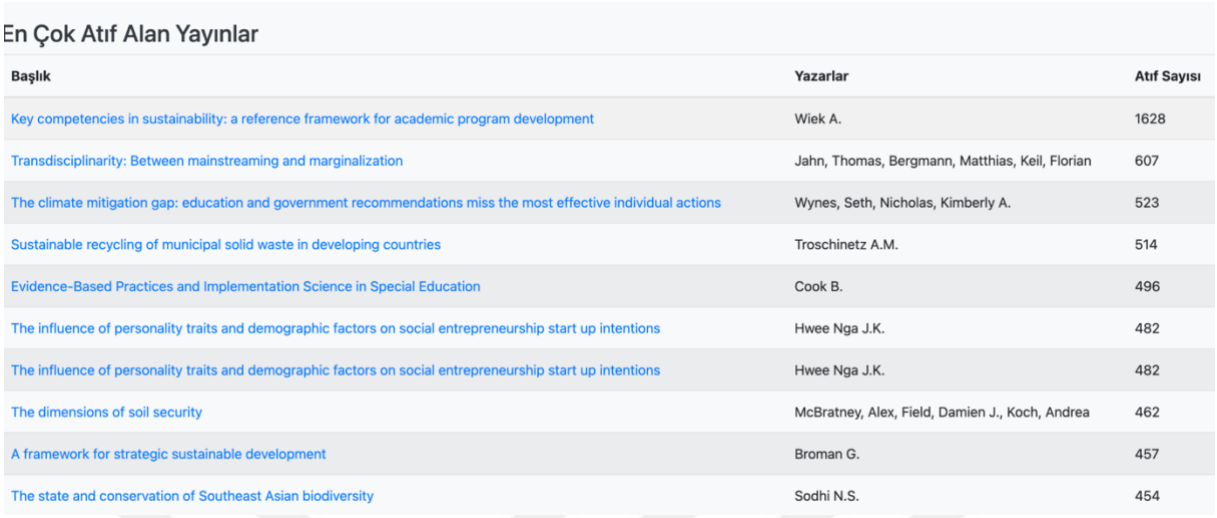
En çok kullanılan terimler (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 38, BiBLoX yazılımı aracılığıyla analiz edilen *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların başlıklarında en sık geçen terimlerin kullanım sayılarını göstermektedir. En çok kullanılan terim 1560 tekrar ile "education" olurken, onu 1282 kez geçen "sustainability" ve 849 tekrar ile "science" izlemektedir. Ayrıca "sustainable", "development", "learning", "engineering", "research", "environmental" ve "students" gibi kavramlar da başlıklarda öne çıkan diğer önemli terimlerdir. Bu dağılım, sürdürülebilirlik temalı çalışmaların genellikle eğitim, bilim, öğrenme süreçleri, mühendislik ve çevre odaklı içeriklerle bütünleştiğini göstermektedir. Şekil 38, bu alandaki yayınların dilsel ve tematik eğilimlerini belirlemede önemli bir kaynak sunmaktadır.

Şekil 39

En çok atıf alan 10 yayın (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



En Çok Atıf Alan Yayınlar

Başlık	Yazarlar	Atıf Sayısı
Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development	Wiek A.	1628
Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization	Jahn, Thomas, Bergmann, Matthias, Keil, Florian	607
The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions	Wynes, Seth, Nicholas, Kimberly A.	523
Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries	Troschinetz A.M.	514
Evidence-Based Practices and Implementation Science in Special Education	Cook B.	496
The influence of personality traits and demographic factors on social entrepreneurship start up intentions	Hwee Nga J.K.	482
The influence of personality traits and demographic factors on social entrepreneurship start up intentions	Hwee Nga J.K.	482
The dimensions of soil security	McBratney, Alex, Field, Damien J., Koch, Andrea	462
A framework for strategic sustainable development	Broman G.	457
The state and conservation of Southeast Asian biodiversity	Sodhi N.S.	454

Şekil 39, BiBLoX verileri doğrultusunda *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı çalışmalarda en fazla atıf alan yayınları sıralamaktadır. Listenin başında, Wiek A. tarafından kaleme alınan "Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development" başlıklı çalışma 1628 atıfla yer almaktadır. Onu sırasıyla Jahn, Thomas vd.'nin çalışması (607 atıf) ve Wynes, Seth & Nicholas, Kimberly A. tarafından yürütülen iklim değişikliği odaklı çalışma (630 atıf) takip etmektedir. Listede ayrıca eğitim, sosyal girişimcilik, sosyal güvenlik, uygulamalı bilimler ve biyoçeşitlilik gibi çok çeşitli temalara odaklanan çalışmalar bulunmaktadır. Şekil 39, sürdürülebilirlik ekseninde yazılmış ve literatürde geniş etki uyandırmış akademik yayınları görünür kılmakta; araştırmacıların alanın öncü çalışmalarına erişimini kolaylaştırmaktadır.

Tablo 6

En çok atıf alan 10 yayın (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)

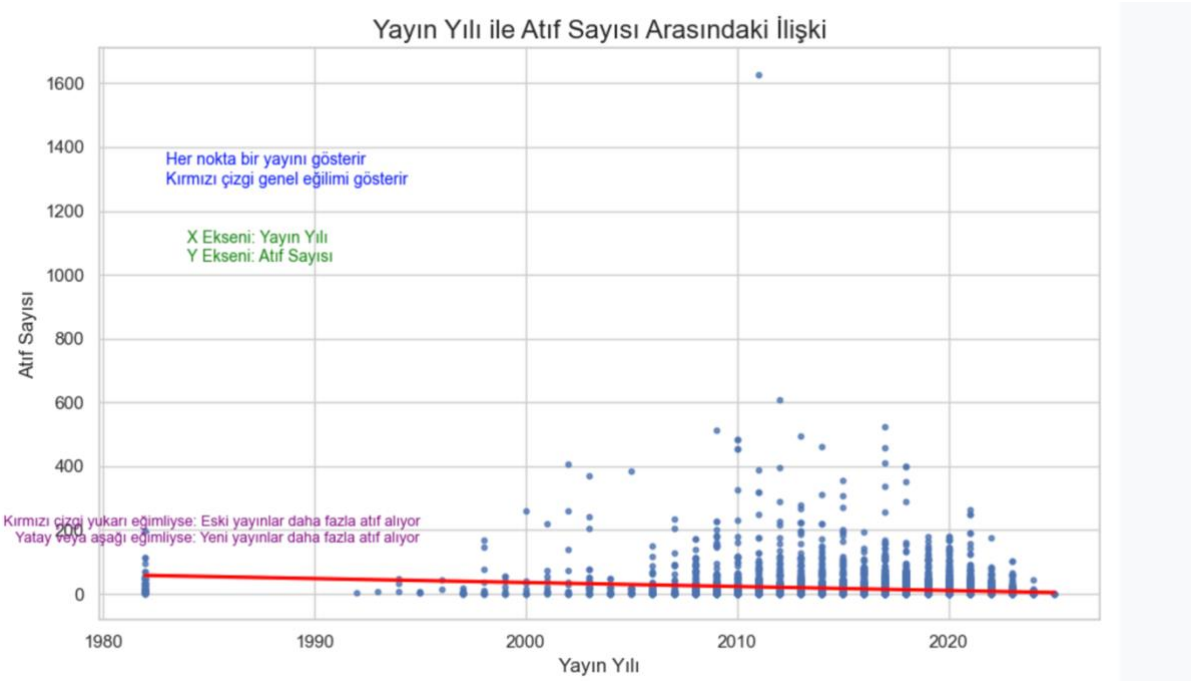
Yazar/Yazarlar	Atıf Sayısı	Yüzdelik(%)
Wiek A.	1628	28,95
Jahn, Thomas, Bergmann, Matthias, Keil, Florian	607	10.79
Wynes, Seth ve Nicholas, Kimberly A	523	9,30
Troschinetz A.M	514	9,14

Cook B.	496	8,82
Hwee Nga J.K	482	8,57
McBratney, Alex, Field, Damien J., Koch, Andrea	462	8,22
Broman G.	457	8,12
Sodhi N.S	454	8,08

Tablo 6, BiBLoX aracılığıyla analiz edilen *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınlar içerisinde en fazla atıf alan yazarları ve bu atıfların toplam atıf sayısı içerisindeki yüzdelik paylarını göstermektedir. Listenin ilk sırasında, 1628 atıf ve %28,95 oranla Wiek A. yer almaktadır. Onu sırasıyla Jahn, Thomas, Bergmann, Matthias ve Keil, Florian (607 atıf, %10,79), Wynes, Seth ve Nicholas, Kimberly A. (523 atıf, %9,30), Troschinetz A.M. (514 atıf, %9,14) takip etmektedir. Tablo, alandaki etkili yazarların yalnızca sayısal olarak değil, aynı zamanda oransal katkı düzeylerini de ortaya koymaktadır. Tablo 6, sürdürülebilirlik temalı çalışmalarda öncülük eden yazarları belirlemek ve alandaki akademik etkileri değerlendirmek açısından önemli bir kaynak sunmaktadır.

Şekil 40

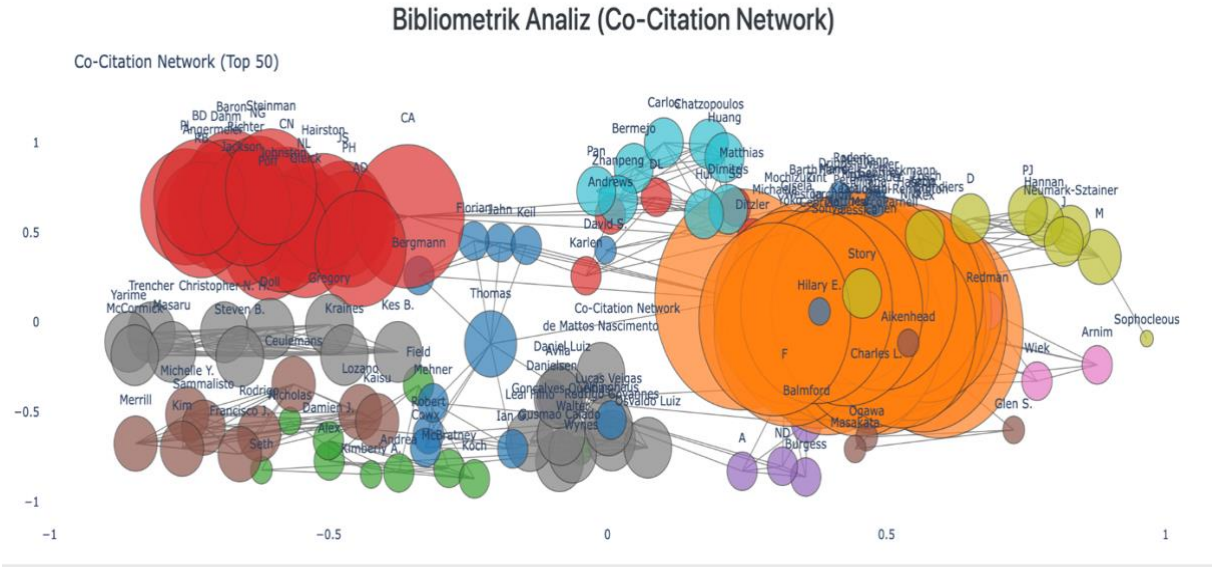
Yayın yılı ile atıf sayısı arasındaki ilişki (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 40, BiBLoX aracılığıyla analiz edilen *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı çalışmaların yayınlandıkları yıl ile aldıkları atıf sayısı arasındaki ilişkiyi görselleştirmektedir. Her bir mavi nokta bir yayını temsil ederken, kırmızı çizgi genel eğilim doğrultusunu göstermektedir. Grafik incelendiğinde, kırmızı çizginin yatay ve aşağıya eğimli olduğu görülmektedir; bu da yeni yayınların daha fazla atıf aldığına işaret etmektedir. 2000 sonrası yayınlarda belirgin bir atıf yoğunluğu görülmekle birlikte, geçmiş yıllarda yayımlanmış bazı çalışmaların da yüksek atıf aldığı dikkat çekmektedir. Şekil 40, sürdürülebilirlik temalı yayınların atıf alma eğilimlerinin zamanla nasıl değiştiğini ve güncel çalışmaların literatürde daha fazla görünürlük kazandığını ortaya koymaktadır.

Şekil 41

İş birliği ağı (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 41, BiBLoX yazılımı kullanılarak oluşturulan ve *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınlarda en çok birlikte atıf (co-citation) alan ilk 50 yazarın oluşturduğu bibliyometrik ağı görselleştirmektedir. Grafik, birlikte atıf alan yazarları kümelere ayırarak farklı araştırma odakları ve tematik iş birlikleri hakkında bilgi sunmaktadır. Aynı renkte gruplandırılan yazarlar, literatürde benzer temalara odaklanan ve sıklıkla birlikte atıf alan araştırmacılardan oluşmaktadır. Örneğin, kırmızı ve turuncu kümeler merkezî konumda yer almakta ve ağ üzerindeki etkileşimleriyle literatürde etkili olduklarını göstermektedir. Şekil 41, sürdürülebilirlik odaklı fen eğitimi literatüründe bilimsel üretimin nasıl örgütlendiğini, hangi yazarlar çevresinde şekillendiğini ve hangi araştırma ağlarının baskın olduğunu anlamaya yönelik değerli bir yapısal analiz sunmaktadır.

Şekil **42**

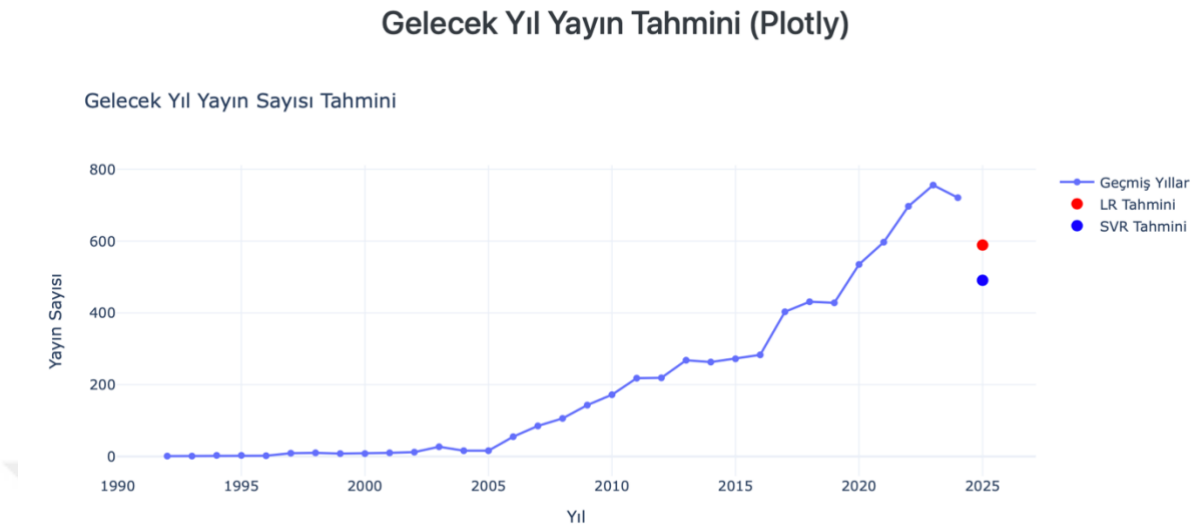
Gelecek yıl toplam atıf tahmini (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 42, *BiBLoX* yazılımının makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak elde ettiği, *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların yıllık toplam atıf sayıları üzerinden yapılan eğilim analizini ve 2025 yılına ilişkin atıf tahminini göstermektedir. Mavi çizgi geçmiş yıllardaki atıf sayılarını, kırmızı nokta ise 2025 yılı için öngörülen atıf miktarını ifade etmektedir. 2010 yılından sonra atıf sayılarında gözle görülür bir artış yaşanmış, 2015–2021 arasında zirve dönemine ulaşılmıştır. Ancak son yıllarda bu yükseliş yerini düşüş eğilimine bırakmış ve 2025 yılı için tahmin edilen atıf sayısının önceki yıllara göre daha düşük düzeyde gerçekleşmesi beklenmektedir. *Şekil 42*, *sürdürülebilirlik* temalı literatürdeki bilimsel etkinliğin zamanla nasıl değiştiğini ve akademik ilginin gelecekte nasıl şekillenebileceğini değerlendirmek açısından önemli bir gösterge sunmaktadır.

Şekil 43

Gelecek yıl toplam yayın tahmini (Fen eğitiminde sürdürülebilirlik)



Şekil 43, BiBLoX yazılımı ile oluşturulan ve *fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalı yayınların yıllık sayısındaki geçmiş eğilimleri ile 2025 yılına yönelik tahmini sunan bir zaman serisi grafiğidir. Mavi çizgi geçmiş yıllardaki yayın sayılarını göstermekte; kırmızı nokta LR (Doğrusal Regresyon) tahmini, mavi nokta ise SVR (Destek Vektör Regresyonu) tahmini olarak 2025 yılı için öngörülen değerleri temsil etmektedir. Grafik, 2005 yılından sonra sürekli artan bir yayın eğilimi göstermekte olup, 2021 yılında zirveye ulaşmıştır. Her iki model de 2025 yılında yayın sayısında bir düşüş öngörmekte; bu durum, alandaki büyümenin yavaşlayabileceğine veya doygunluk noktasına yaklaşılabileceğine işaret etmektedir. Şekil 43, sürdürülebilirlik temalı araştırmaların gelecek dönemdeki üretim potansiyelini değerlendirme açısından anlamlı bir tahmin aracı sunmaktadır.

4.3. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Bibliyometri Üzerine Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması

Bu bölümde, fen eğitimi alanında gerçekleştirilen bibliyometrik analizlere dayalı araştırmalardan elde edilen sonuçlar, literatürün yapısal özelliklerini, entelektüel ağlarını ve geleceğe yönelik eğilimlerini bütüncül bir perspektifle değerlendirmektedir. Bibliyometrik yöntemlerle elde edilen sayısal veriler, fen eğitimi araştırmalarının niceliksel büyüklüğünü, dağılımını ve zaman içindeki değişim süreçlerini görünür kılmakta; böylece literatürün gelişim aşamalarını ayrıntılı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Yıllara göre yayın sayılarında gözlenen istikrarlı artış, fen eğitimi alanının akademik ilgi odağı olmaya devam ettiğini ve gerek kuramsal gerek uygulamalı araştırmaların giderek çeşitlendiğini göstermektedir. Bu eğilim, fen eğitimi literatürünün yalnızca fen öğretimi yöntemlerine odaklanmadığını, aynı zamanda STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) temelli yaklaşımlar, dijital teknolojilerin öğrenme ortamlarına entegrasyonu, bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesi ve öğrencilerin ilgisini çekecek yeni pedagoji stratejilerinin araştırılması gibi konular etrafında zenginleştiğini göstermektedir.

Öne çıkan yazarlar ve onların yüksek atıf alan çalışmaları, fen eğitimi alanında hangi teorik çerçevelerin, metodolojik yaklaşımların ve analitik yöntemlerin benimsendiğini nicel ölçütlerle ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, fen eğitimi araştırmalarında belirli kuram ve kavramların yerleşik hale geldiğini, bu sayede alanın entelektüel yapısının güçlendiğini ve disiplinler arası etkileşimlerin giderek arttığını ortaya koymaktadır. Anahtar kelime analizleri, fen eğitimi literatürünün hangi kavramlar etrafında yoğunlaştığını, gelecekte hangi konu ve yöntemlerin daha fazla ilgi görebileceğini niceliksel olarak işaret etmektedir. Bu durum, araştırmacıların, lisansüstü öğrencilerin ve eğitim politikası yapıcılarının literatürü veriye dayalı olarak yönlendirmelerine imkân tanımaktadır.

Co-citation (birlikte atıf) ağları, fen eğitimi alanının entelektüel topografyasını daha ayrıntılı biçimde sunmaktadır. Bu analizler, hangi yazar gruplarının benzer konulara odaklandığını ve hangi çalışmaların literatürün merkezinde konumlandığını göstermektedir. Böylece, fen eğitimi araştırmalarının bilgi akışı kanalları, dönüm noktaları ve entelektüel düğüm noktaları görünür hale gelmektedir. Atıf regresyon analizleri ve gelecek yıl yayın/atıf tahminleri, alanın gelecekteki gelişimine ilişkin öngörüler sağlayarak stratejik araştırma planlamasına ve kaynak dağılımına katkı sunmaktadır.

Fen eğitiminde bibliyometrik analizlere dayalı elde edilen sonuçların yorumlanması, alanın mevcut durumunun niceliksel bir envanterini çıkarmakta ve gelecekteki araştırma yönelimlerini şekillendirecek nitelikli bir bilgi tabanı oluşturmaktadır. Bu sayede, fen eğitimi araştırmacıları ve uygulayıcıları, alanın entelektüel haritasını daha net görebilmekte, araştırma sorularını ve yöntemlerini daha stratejik biçimde belirleyebilmektedir.

4.4. BiBLoX ile yapılan Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlikle İlgili Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Yorumlanması

Bu bölümde, fen eğitimi alanında sürdürülebilirlik temalı araştırmalardan elde edilen bibliyometrik bulgular yorumlanmaktadır. Elde edilen veriler, sürdürülebilirliğin fen eğitimi

literatüründe giderek artan bir ilgi odağı haline geldiğini, bu tema etrafında şekillenen araştırmaların sürekli olarak çoğaldığını ve zenginleştiğini ortaya koymaktadır.

Yıllara göre yayın sayılarındaki artış, fen eğitiminde sürdürülebilirlik konusunun kalıcı bir araştırma alanı haline geldiğini göstermekte; çevresel farkındalığın artırılması, kaynakların bilinçli kullanımı, iklim değişikliği, enerji verimliliği gibi konuların eğitsel çerçeve içine yerleştirildiğini sayısal verilerle desteklemektedir. Bu durum, fen eğitimi literatürünün salt bilginin aktarımıyla sınırlı kalmadığını, aynı zamanda öğrencilerin sürdürülebilir bir gelecek için gerekli bilgi, beceri ve tutumları edinmelerine imkân tanıyan bütüncül bir yapıya evrildiğini göstermektedir.

En çok atıf alan çalışmalar, fen eğitimi literatüründe sürdürülebilirlik temasının hem kuramsal hem de uygulamalı yönlerini ortaya koyan, alana yön veren eserler olarak dikkat çekmektedir. Anahtar kelime dağılımları, sürdürülebilirlik temasının fen eğitiminde sadece çevresel ya da bilimsel bir bakışla ele alınmadığını, aynı zamanda toplumsal, eğitsel, teknolojik ve mühendislik boyutlarını da içine alacak şekilde genişlediğini göstermektedir.

Birlikte atıf ağlarında gözlenen kümelenmeler, benzer bakış açıları, yöntemler veya odak noktaları etrafında şekillenen araştırmacı gruplarının varlığını doğrulamakta; bu sayısal veriler, alanın entelektüel etkileşimlerinin yapısal haritasını çıkarmaya yardımcı olmaktadır. Gelecek yıllara ilişkin yayın ve atıf tahminleri, fen eğitiminde sürdürülebilirlik temasının önümüzdeki dönemlerde de önemini koruyacağını ve araştırmaların artarak devam edeceğini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, fen eğitimi alanının gelecekte daha sürdürülebilir bir dünya yaratma gayesiyle tasarlanan eğitsel modeller, öğrenme ortamları ve müfredatlar geliştirmeye yönelik çabaların artacağına işaret etmektedir. Böylece fen eğitimi, yalnızca bilimsel kavramların aktarımına değil, aynı zamanda öğrencilerin geleceğin gereksinimlerine uyum sağlayabilecek bilgi, beceri ve anlayış geliştirmesine hizmet eden bir yapı kazanmaktadır. Bu dinamik yapı, fen eğitimi araştırmalarının çok boyutlu, disiplinler ötesi, yenilikçi ve geleceğe odaklı bir yaklaşım sergilediğini nicel verilerle doğrulamaktadır.

5. BÖLÜM
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde, fen eğitimi alanında gerçekleştirilen bibliyometrik analiz çalışmasının sonuçları, literatürdeki eğilimler, veri setinin sunduğu bulgular ve bu bulguların anlamı detaylandırılmaktadır. BiBLoX yazılımı aracılığıyla yapılan analizler, fen eğitimi araştırmalarının mevcut akademik dinamiklerini sistematik bir şekilde incelemeye olanak tanımış; bibliyometrik eğilimler, atıf yoğunlukları ve bilimsel iş birlikleri detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda, çalışmanın Sonuç ve Tartışma bölümü, yapılan analizlerin ışığında fen eğitimi araştırmalarının genel çerçevesini ve bilgi yapısını kapsamlı bir şekilde ele almakta; elde edilen bulguların eğitim politikalarına, akademik araştırmalara ve literatürdeki metodolojik yaklaşımlara sunduğu katkılar akademik bir perspektifle tartışılmaktadır. Bu değerlendirme, fen eğitiminde ulusal ve uluslararası düzeyde sürdürülebilir gelişime katkı sağlayabilecek güçlü temaların ve araştırma boşluklarının belirlenmesine imkân sunmaktadır.

Öneriler kısmında ise, araştırmada ulaşılan bulgular doğrultusunda gelecekteki akademik çalışmalar için stratejik yönlendirmeler sunulmakta, ayrıca geliştirilen BiBLoX yazılımının fen eğitimi alanında geniş bir akademik kitleye nasıl katkıda bulunabileceği ve araştırmacılar için pratik kullanım senaryoları özetlenmektedir. Bu başlıklar, yalnızca mevcut literatüre katkıyı değil, aynı zamanda gelecekte yapılacak araştırmalar için stratejik rehber niteliğinde önerileri de kapsayarak, çalışmanın bilimsel ve uygulamalı değerini vurgulamaktadır.

Bu çerçevede, araştırmanın fen eğitimi alanındaki akademik üretkenlik, iş birliği ağları, sürdürülebilirlik temalarının gelişimi ve literatürdeki metodolojik ilerlemeleri nasıl şekillendirdiği ayrıntılı bir şekilde değerlendirilecektir. Aynı zamanda, BiBLoX'un sunduğu yenilikçi analiz araçları, fen eğitimi araştırmalarında veri madenciliği ve makine öğrenmesi temelli modellerin daha yaygın kullanılması gerektiğini ortaya koyarak, akademik bilginin dijital dönüşümüne katkı sağlamaktadır.

5.1. Sonuç ve Tartışma

Bu tez çalışması, fen eğitimi alanında iki temel tema etrafında şekillenmiştir: *fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik*. Bu kapsamda geliştirilen BiBLoX yazılımı, her iki temaya dair büyük ölçekli veri kümelerini analiz edebilme

kapasitesiyle, literatürdeki eğilimleri, akademik iş birliklerini ve bilimsel etkileri görselleştirme imkânı sunmuştur. BiBLoX yazılımı aracılığıyla *fen eğitiminde bibliyometrik analiz ve fen eğitiminde sürdürülebilirlik* temalarında literatürü kapsamlı bir şekilde analiz etmiş, yalnızca sayısal eğilimleri değil aynı zamanda bilimsel etki ve iş birliklerini de görselleştirmiştir. BiBLoX'un sunduğu otomatik analiz altyapısı, veri madenciliği, trend tahmini ve ağ analizlerini bütüncül biçimde entegre ederek fen eğitimi alanına önemli bir metodolojik katkı sunmuştur (Santos et al., 2019; Ullrich et al., 2022). Bu yönüyle tez, gelecekteki araştırma projeleri, müfredat politikaları ve disiplinler arası stratejiler için güçlü bir bilimsel zemin teşkil etmektedir (Deng et al., 2009; Kurtuluş & Bilen, 2021).

5.1.1. Fen Eğitiminde Bibliyometrik Analiz Teması

Yıllara göre yayın dağılımı (Şekil 24), bu temadaki yayınların özellikle 2015 sonrası ivme kazandığını ve 2023 itibarıyla zirveye ulaştığını göstermektedir. Bu durum, dijital akademik araçların yaygınlaşması ve açık erişimli yayıncılık olanaklarının artmasıyla ilişkilidir (Donthu et al., 2021; Zupic & Čater, 2015). Atıf analizleri (Şekil 27, Tablo 4), yüksek etki yaratan çalışmaların büyük ölçüde dijitalleşme, yapay zekâ uygulamaları ve uzaktan eğitim gibi güncel temalarla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Ivanov (2021) ve Heradio (2015) gibi yüksek atıf alan çalışmalarda da benzer tematik eğilimler gözlenmektedir.

Ülkeler düzeyinde analiz (Şekil 25, 26, Tablo 3), Çin, İspanya, Türkiye ve ABD'nin bibliyometrik çalışmalarda belirgin şekilde öne çıktığını ortaya koymuştur. Bu dağılım, bilimsel üretim kapasitesi yüksek ülkelerde bu tür analizlerin daha yoğun yürütüldüğünü ve akademik görünürlüğün bu coğrafyalarda daha baskın olduğunu göstermektedir (Bornmann & Haunschild, 2020). BiBLoX'un sunduğu ortak atıf analizleri (Şekil 31), fen eğitimi bibliyometrik çalışmalarında öne çıkan yazar kümelerini belirleyerek hangi akademik grupların birlikte üretim yaptığına dair güçlü göstergeler sunmuştur.

Kelime bulutu (Şekil 28) ve en sık geçen başlık terimleri (Şekil 29), bibliyometrik analiz teması çerçevesinde education, bibliometric analysis, science, research gibi temel kavramların baskın olduğunu; ayrıca artificial intelligence, virtual learning ve sustainability gibi kavramların da yükselişte olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, fen eğitimi alanında metodolojik çeşitliliğin arttığını ve dijital teknolojilerin bu alana entegrasyonunun giderek derinleştiğini ortaya koymaktadır (Lopera-Perez et al., 2021; Diem, 2017).

Yayın yılı ve atıf sayısı ilişkisi (Şekil 30), özellikle son 10 yılda yayımlanan çalışmaların daha düşük atıf almasına rağmen yüksek hacimde üretildiğini, bu durumun "atık literatür" (waste literature) kavramına kapı aralayabileceğini düşündürmektedir (Baek & Doleck, 2022).

Bu nedenle bibliyometrik analizlerin yalnızca nicel verilerle değil, nitel bağlamlarla da desteklenmesi gerektiği literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Zupic & Čater, 2015).

Geleceğe yönelik tahminler (Şekil 32, 33), yayın hacminde belli bir durağanlık beklenmesine rağmen, atıf potansiyelinin sürdürülebileceğini göstermiştir. Bu durum, bibliyometrik çalışmalarda niteliksel derinliğin gelecekte daha kritik hale geleceğine işaret etmektedir (Trujillo et al., 2018).

5.1.2. Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik Teması

Sürdürülebilirlik temalı fen eğitimi çalışmaları, özellikle 2020 sonrası dönemde yayın hacminde ciddi artış göstermiştir (Şekil 34). Bu artış, UNESCO'nun 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ile doğrudan ilişkilidir (UNESCO, 2017; Hallinger & Nguyen, 2020). BiBLoX verilerine göre, sürdürülebilirlik temalı yayınlar en çok ABD, Avustralya, Birleşik Krallık ve Almanya kaynaklıdır (Şekil 35, 36, Tablo 5). Bu bulgu, gelişmiş ülkelerde çevresel eğitim politikalarının fen eğitimi müfredatına daha etkili entegre edildiğini göstermektedir (Grosseck et al., 2019).

Kelime bulutu (Şekil 37) ve başlık analizleri (Şekil 38), sustainability, education, development, student, learning, environmental gibi kavramların yoğunluğunu ortaya koymuş; STEM odaklı sürdürülebilirlik uygulamalarının ön plana çıktığını göstermiştir. Bu durum, özellikle fen eğitimi alanında disiplinler arası çalışmaların artmakta olduğunu doğrulamaktadır (Machado & Davim, 2022; Dönmez, 2024).

Atıf analizleri (Şekil 39, Tablo 6), sürdürülebilirlik temalı literatürde öne çıkan yazarların eğitim programı geliştirme, sosyal girişimcilik ve enerji dönüşümü gibi alanlarda çalıştığını göstermiştir. Bu bulgular, sürdürülebilirliğin fen eğitimi literatüründe yalnızca çevresel değil, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla da işlendiğine işaret etmektedir (Perea-Moreno et al., 2018; Broman, 2020). Yayın yılı ve atıf ilişkisi (Şekil 40), benzer şekilde önceki yıllarda yayımlanan temel çalışmaların hâlâ yüksek atıf aldığını göstermektedir (Wiek et al., 2011).

Ortak atıf ağı (Şekil 41) ve gelecek yıl tahminleri (Şekil 42, 43), sürdürülebilirlik temalı çalışmaların gelecekte daha odaklı ve derinlemesine araştırmalarla devam edeceğini, yayın hacmindeki büyümenin ise bir doygunluk noktasına yaklaşabileceğini göstermektedir (Boztaş et al., 2024). Bu da, gelecekte araştırma kalitesinin araştırma sayısından daha önemli hale geleceği yönündeki yorumları desteklemektedir (Ahadi et al., 2022).

5.2. Öneriler

Bu çalışmanın bulguları, fen eğitimi araştırmalarında metodolojik çeşitliliğin artırılması ve bibliyometrik analiz tekniklerinin yaygınlaştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Fen eğitimi literatürünün zaman içindeki dönüşümünü, akademik iş birliklerinin yoğunlaştığı alanları ve gelecekteki araştırma yönelimlerini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirme imkânı sunan BiBLoX yazılımı, büyük ölçekli veri kümeleriyle çalışan araştırmacılara hızlı, güvenilir ve detaylı analiz olanağı sağlamıştır. BiBLoX'un sunduğu analiz, atıf yoğunlukları, bilimsel iş birlikleri ve eğilim tahminleri, literatürün sistematik olarak değerlendirilmesini kolaylaştırarak fen eğitimi araştırmalarının daha bütüncül bir çerçevede ele alınmasına katkı sunmuştur. Geliştirilen yazılım, bibliyometrik analizlerin sadece fen eğitimi ile sınırlı kalmayıp farklı disiplinlerde de kullanılabilir bir model sunduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, sürdürülebilirlik temalı fen eğitimi araştırmalarının son yıllarda artan bir ivmeyle önem kazandığını ve literatürde kalıcı bir yer edindiğini ortaya koymuştur. Sürdürülebilirliğin fen eğitimi müfredatına entegrasyonu, küresel eğitim politikalarıyla doğrudan ilişkili olup, UNESCO'nun 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri çerçevesinde çevresel farkındalık ve toplumsal sorumluluk kavramlarıyla daha fazla ilişkilendirilmektedir. BiBLoX aracılığıyla yapılan analizler, sürdürülebilirlik temalı araştırmaların yıllar içinde nasıl evrildiğini, hangi anahtar kavramların ön plana çıktığını ve bilimsel iş birliklerinin bu alanda nasıl şekillendiğini ortaya koymuştur. Özellikle bu temaya yönelik yapılan bibliyometrik analizler, sürdürülebilirlik kavramının yalnızca ekolojik değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik bağlamlarda da ele alındığını göstermektedir. Fen eğitiminde sürdürülebilirlik odaklı çalışmaların müfredat geliştirme, öğretmen eğitimi programları ve eğitim politikalarına olan etkisi göz önüne alındığında, bu alandaki akademik eğilimlerin daha detaylı incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Fen eğitimi araştırmalarının gelecekte nasıl şekilleneceğini tahmin etmek adına, bibliyometrik analizlerin yanı sıra makine öğrenmesi tabanlı öngörüler de değerlendirilmiştir. BiBLoX'un sunduğu veri madenciliği ve tahmin modelleri, fen eğitimi alanında hangi konuların ilerleyen yıllarda daha fazla çalışılabileceğine dair önemli öngörüler sağlamıştır. Bu analizler, özellikle STEM eğitimi, dijital öğrenme teknolojileri, yapay zekâ destekli öğretim yaklaşımları ve disiplinler arası iş birlikleri gibi temaların ön plana çıkacağını göstermektedir. Bu tür öngörülerin, araştırmacılar için literatürdeki boşlukları belirleyerek yeni çalışma alanları oluşturması açısından kritik bir rol oynadığı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sunduğu bir diğer önemli katkı, Maarif Model'inin fen eğitimi araştırmalarına olan etkisinin bibliyometrik analizler aracılığıyla değerlendirilmesi olmuştur. Türkiye'de son yıllarda eğitim sisteminde gerçekleştirilen yapısal değişiklikler, fen eğitiminde bilimsel okuryazarlık ve problem çözme becerilerinin güçlendirilmesine yönelik daha odaklı politikaların benimsenmesine neden olmuştur. Ancak, bu politikaların akademik literatüre yansıması, uluslararası düzeyde bilimsel iş birliklerine etkisi ve fen eğitimi alanındaki araştırma yönelimlerini nasıl şekillendirdiği henüz detaylı bir şekilde ele alınmamıştır. BiBLoX'un sunduğu analiz yetenekleri, bu tür eğitim reformlarının bibliyometrik veriler ışığında sistematik olarak incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, Maarif Model'inin fen eğitimi literatürüne olan etkisinin daha detaylı araştırılması, Türkiye'nin uluslararası akademik arenadaki konumunu anlamak açısından da değerli olacaktır.

KAYNAKÇA

Abdulaziz, M., & Altun, H. (2022). Application of Support Vector Regression and Deep Learning in Educational Data Mining. Computers & Education: Artificial Intelligence, 3, 100065. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100065

Abulibdeh, M., Al-Saidi, M., & Al-Hinai, A. (2024). UN Sustainable Development Goals and Education. International Review of Environmental Education, 22, 77-92.

Agbo, F. J., Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., & Suhonen, J. (2021). Application of virtual reality in computer science education: A systemic review based on bibliometric and content analysis methods. Education Sciences, 11(3). https://doi.org/10.3390/educsci11030142

Aggarwal, C. C., & Zhai, C. (2012). Mining text data. Springer Science & Business Media.

Ahmed, M. F., Tan, K. L., & Ng, T. F. (2022). Systematic review of education sustainable development in science education. Sustainability, 14(20), 13241. https://doi.org/10.3390/su142013241

Akpınar, Y. (2000). Bilgi teknolojileri ve öğretim. Eğitim Araştırmaları Dergisi, 2(1), 11-25.

Al., F. K. E. (2022). Context-Based Biology Motivatıons of Secondary School Students. SCIENCE EDUCATION INTERNATIONAL, 376-382.

Alaca, M. B., Nas, S. E., & Bilgin, A. K. (2020). Fen bilimleri öğretmen adaylarnn iletişim becerisi ile ilgili mesleki bilgilerinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 40(3), 853-875.

Ali, M. J. (2022). Questioning the impact of the impact factor. A brief review and future directions. Seminars in Ophthalmology, 37(1), 91-96.

Armstrong, J. S. (2001). Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners. Springer Science & Business Media.

Baek, C., & Doleck, T. (2022). Educational data mining: A bibliometric analysis of an emerging field. IEEE Xplore. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9737480/

Baker, R. Sj., & Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. Journal of Educational Data Mining, 1(1), 3-17.

Bar-Ilan, J. (2008). Which h-index? A comparison of WoS, Scopus and Google Scholar. Scientometrics, 74(2), 257-271.

Bornmann, L., & Daniel, H.-D. (2008). What do citation counts measure? A review of studies on citing behavior. Journal of Documentation, 64(1), 45-80.

Bornmann, L., & Haunschild, R. (2020). Bibliometrics in crisis: A plea for rationality in the measurement of research impact. Journal of the Association for Information Science and Technology, 71(12), 1495-1500. https://doi.org/10.1002/asi.24331

Bornmann, L., & Mutz, R. (2015). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. Journal of the Association for Information Science and Technology, 66(11), 2215-2222. https://doi.org/10.1002/asi.23329

Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education–cases, places and potentials. Educational Media International, 51(1), 1-15.

Boztaş, G. D., Berigel, M., & Altnay, F. (2024). A bibliometric analysis of Educational Data Mining studies in global perspective. Education and Information Technologies, 29(7), 8961-8985.

Börner, K., Boyack, K. W., & Milojević, S. (2012). An introduction to modeling science: Basic model types, key definitions, and a general framework for the comparison of process models. Içinde Handbook of science and technology studies (C. 4, ss. 435-494). MIT Press.

Börner, K., Chen, C., & Boyack, K. W. (2003). Visualizing knowledge domains. Annual Review of Information Science and Technology, 37(1), 179-255. https://doi.org/10.1002/aris.1440370106

Bradford, S. C. (1934). Sources of information on specific subjects. Engineering, 137, 85-86.

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. School Science and Mathematics, 112(1), 3-11.

Brundtland, G. H. (1987). Our common future—Call for action. Environmental conservation, 14(4), 291-294.

Bu, Y., Wang, B., Chinchilla-Rodr\'\iguez, Z., Sugimoto, C. R., Huang, Y., & Huang, W. (2020). Considering author sequence in all-author co-citation analysis. Information Processing & Management, 57(6), 102300.

Bybee, R. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. https://eric.ed.gov/?id=ED461491

Bybee, R. (2010). The teaching of science: 21st century perspectives. https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=T416plklYC4C&oi=fnd&pg=PR5&dq=Bybee,+2010&ots=DPo58_Fcg4&sig=yRrVLS7OmirSusLOop7XmiHSPYc

Cambria, E., & White, B. (2014). Jumping NLP curves: A review of natural language processing research. IEEE Computational Intelligence Magazine, 9(2), 48-57.

Camps-Valls, G., Campos-Taberner, M., Moreno-Martínez, Á., Walther, S., Duveiller, G., Cescatti, A., Mahecha, M. D., Muñoz-Marí, J., García-Haro, F. J., Guanter, L., & others. (2021). A unified vegetation index for quantifying the terrestrial biosphere. Science Advances, 7(9), eabc7447.

Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). Readings in information visualization: Using vision to think. Morgan Kaufmann.

Chang, C.-C., Hwang, G.-J., & Tu, Y.-F. (2023). Roles, applications, and trends of concept map-supported learning: a systematic review and bibliometric analysis of publications from 1992 to 2020 in selected educational technology journals. Interactive Learning Environments, 31(9), 5995-6016.

Chen, C. (2013). Mapping scientific frontiers: The quest for knowledge visualization (2nd bs). Springer.

Chen, C., Ibekwe-SanJuan, F., & Hou, J. (2010a). The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 61(7), 1386-1409. https://doi.org/10.1002/asi.21309

Chen, C., Ibekwe-SanJuan, F., & Hou, J. (2010b). The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 61(7), 1386-1409. https://doi.org/10.1002/asi.21309

Chen, X., Zou, D., Cheng, G., & Xie, H. (2020a). Detecting latent topics and trends in educational technology research: A topic modeling and visualization approach. Educational Technology & Society, 23(1), 129-144.

Chen, X., Zou, D., Cheng, G., & Xie, H. (2020b). Detecting latent topics and trends in educational technology research using a topic modeling and visualization approach. Educational Technology & Society, 23(1), 129-144.

Chowdhary, K., & Chowdhary, K. R. (2020). Natural language processing. Fundamentals of artificial intelligence, 603-649.

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 62(7), 1382-1402.

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. Machine Learning, 20(3), 273-297. https://doi.org/10.1007/BF00994018

Côrtes, P. L., & Rodrigues, R. (2016). A bibliometric study on “education for sustainability”. Springer. https://link.springer.com/article/10.1186/s40552-016-0016-5

Costa, V. G., & Pedreira, C. E. (2023). Recent advances in decision trees: An updated survey. Artificial Intelligence Review, 56(5), 4765-4800.

Council, N. R. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. National Academies Press.

Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th bs). Sage Publications.

Danielsson, A. T., King, H., Godec, S., & Nyström, A.-S. (2023). The identity turn in science education research: A critical review of methodologies in a consolidating field. Cultural Studies of Science Education, 18(3), 695-754.

Ding, X., & Yang, Z. (2022). Knowledge mapping of platform research: a visual analysis using VOSviewer and CiteSpace. Electronic Commerce Research, 1-23.

Doğru, M., Güzeller, C. O., & Çelik, M. (2019). A bibliometric analysis in the field of sustainable development and education from past to present. DergiPark. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/749712

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 133, 285-296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

dos Santos, B. S., Steiner, M. T. A., & Fenerich, A. T. (2019). Data mining and machine learning techniques applied to public health problems: A bibliometric analysis from 2009 to 2018. ScienceDirect. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835219305893

Dönmez, İ. (2024). Sustainability in educational research: Mapping the field with a bibliometric analysis. MDPI Sustainability. https://doi.org/10.3390/su16135541

DuBois, P. (2013). MySQL. Addison-Wesley.

Eilks, I. (2015). Science education and education for sustainable development–justifications, models, practices and perspectives. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1313a

Fadloun, S., Meshoul, S., Hosseini, M., Amokrane, A., & Bennaceur, H. (2022). Visualization System for Transparency Requirement Analytics. Applied Sciences, 12(23), 12423.

Farooq, R. (2024). A review of knowledge management research in the past three decades: a bibliometric analysis. VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems, 54(2), 339-378.

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996a). From data mining to knowledge discovery in databases. AI Magazine, 17(3), 37-54.

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996b). From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. AI Magazine, 17(3), 37-54.

Feinstein, N., & Kirchgasler, K. (2015). STEM Education and Sustainability Challenges. Journal of Science and Sustainability, 8, 56-72.

Feng, S., & Law, N. (2021). Mapping artificial intelligence in education research: A network-based keyword analysis. Springer. https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-021-00244-4

Fensham, P. (2004). Defining an identity: The evolution of science education as a field of research. https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=fH4mCaSqB4cC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Fensham,+2004&ots=DFP6nfEmzo&sig=3JxHrhjYmBcdNymRalXRgh-XNiA

Fortunato, S., Bergstrom, C. T., Börner, K., Evans, J. A., Helbing, D., Milojević, S., Petersen, A. M., Radicchi, F., Sinatra, R., Uzzi, B., Vespignani, A., Waltman, L., Wang, D., & Barabási, A.-L. (2018). Science of science. Science, 359(6379), eaao0185. https://doi.org/10.1126/science.aao0185

Foster, E., & Towle Jr, B. (2021). Software engineering: a methodical approach. Auerbach Publications.

Garfield, E. (1972). Citation analysis as a tool in journal evaluation. Science, 178(4060), 471-479. https://doi.org/10.1126/science.178.4060.471

Garfield, E. (1979). Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities. John Wiley & Sons.

Gavinolla, M. R., Livina, A., & Swain, S. K. (2022). State of the research on teacher education and sustainability: A bibliometrics analysis. Academia. https://www.academia.edu/download/100180896/jtes-2022-0022.pdf

Glänzel, W., & Chi, P.-S. (2020). The big challenge of Scientometrics 2.0: exploring the broader impact of scientific research in public health. Scientometrics, 125, 1011-1031.

Glänzel, W., & Schubert, A. (2004). Analyzing scientific networks through co-authorship. Içinde Handbook of quantitative science and technology research (ss. 257-276). Springer.

Glänzel, W., & Schubert, A. (2020). Analysing scientific networks through co-authorship. Içinde Handbook of Science and Technology Indicators (ss. 421-454). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_16

GÖKHAN, A. (2023). Matematik ve fen bilimleri eğitiminde yeni yaklaşımlar 2023-III.

Grinberg, M. (2018). Flask web development: Developing web applications with Python. O'Reilly Media.

Grosseck, G., Țîru, L. G., & Bran, R. A. (2019). Education for sustainable development: Evolution and perspectives: A bibliometric review of research, 1992–2018. MDPI Sustainability. https://doi.org/10.3390/su11216136

Güneş, S., & Yılmaz, H. (2019). Sürdürülebilirlik ve Fen Eğitimi. Fen ve Teknoloji Eğitimi Dergisi.

Gürsoy, G. (2021). Digital Storytelling: Developing 21st Century Skills in Science Education. European Journal of Educational Research, 10(1), 97-113.

Hadiyati, Y. (2024). Bibliometric Analysis of Sustainability in Science Education. JESDS. https://doi.org/10.70232/yxzehg04

Hadj Taieb, M. A., Ben Aouicha, M., & Turki, H. (2021). Paper co-citation analysis using semantic similarity measures. Intelligent Systems Design and Applications: 19th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2019) held December 3-5, 2019 19, 264-277.

Hajj-Hassan, M., Chaker, R., & Cederqvist, A.-M. (2024). Environmental Education: A Systematic Review on the Use of Digital Tools for Fostering Sustainability Awareness. Sustainability, 16(9), 3733.

Hallinger, P., & Nguyen, V. T. (2020). Mapping the landscape and structure of research on education for sustainable development: A bibliometric review. MDPI Sustainability. https://doi.org/10.3390/su12051947

Hamade, S. N. (1994). Characteristics of the literature used by Arab authors in library and information science. Library Review, 43(3), 48-56.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). Data mining: Concepts and techniques (3rd bs). Elsevier.

Han, J., Pei, J., & Tong, H. (2022). Data mining: concepts and techniques. Morgan kaufmann.

Han, X., & Xu, C. (2022). Global trends and collaboration patterns in science education research: A bibliometric analysis. Journal of Science Education and Technology, 31, 45-62. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09905-7

He, Y., Lin, T., & Chen, J. (2023). Integrating Sustainability into Science Curricula. Environmental Education Journal, 25, 98-115.

Hearst, M. A. (1999). Untangling text data mining. Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 3-10.

Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(46), 16569-16572. https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102

Hogan, D., & O'Flaherty, J. (2021). Incorporating sustainability into teacher education. Journal of Science Education, 12(3), 123-145.

Hogan, D., & O'Flaherty, J. (2022). Sustainable development education in science: Integration strategies and outcomes. Journal of Science Education and Technology, 31, 250-262.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research. https://www.researchgate.net/profile/Hilde-Van-Houte/post/Is_anyone_familiar_with_papers_on_competence_in_STEM_education_research/attachment/59d63478c49f478072ea2c83/AS%3A273654020018190%401442255610760/download/2014+STEM+Integration+in+K12+Education+Status%2C+Prospects%2C+and+an+agenda+for+research.pdf

Hota, P. K., Subramanian, B., & Narayanamurthy, G. (2020). Mapping the intellectual structure of social entrepreneurship research: A citation/co-citation analysis. Journal of business ethics, 166(1), 89-114.

Huang, H., Wei, X., & Zhou, Y. (2022). An overview on twin support vector regression. Neurocomputing, 490, 80-92.

Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., & Abidi, S. M. R. (2018). Student engagement predictions in an e-learning system and their impact on student course assessment scores. Computational Intelligence and Neuroscience, 2018, Article ID 6347186. https://doi.org/10.1155/2018/6347186

Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., & Abidi, S. M. R. (2021). Predictive modeling of student academic performance using machine learning techniques. Journal of Educational Computing Research, 59(7), 1246-1266. https://doi.org/10.1177/0735633121992771

Ivezic, Z., Connolly, A. J., VanderPlas, J. T., & Gray, A. (2020). Statistics, data mining, and machine learning in astronomy: a practical Python guide for the analysis of survey data (C. 8). Princeton University Press.

Jacobs, D., & Ingwersen, P. (2000). Bibliometric study of publication patterns in science and technology. Scientometrics, 47(1), 75-96.

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). An introduction to statistical learning: With applications in R. Springer.

Kadirhanogullari, M., & ÖZAY KÖSE, E. (2024). Project-based learning in science education: A bibliometric network analysis. International Journal on Studies in Education, 1.

Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? Research Policy, 26(1), 1-18.

Keinonen, T., Varis, K., Constantinou, C. P., Rannikmäe, M., Scheersoi, A., & Simon, S. (2021). Integrating Sustainability Issues into Science Education through Career-Based Scenarios in the MultiCO Project. QUALITY EDUCATION, 203.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 3(1), 11.

Khairullina, E. R., Kosarenko, N. N., & Chistyakov, A. A. (2023). A comprehensive bibliometric analysis of information and communication technologies in science education. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 19(4). https://doi.org/10.29333/ejmste/13652

Khurma, O. A., Jarrah, A., & Ali, N. (2025). PISA 2022 insights on intellectual curiosity, perspective-taking, and science achievement: Examining the mediating pathways. International Journal of Educational Research Open, 8, 100414.

Kim, S., Lee, S., & Kang, J. (2020). Analyzing Evolution of Research Topics in Science Education Using Data Mining Techniques. Science Education International, 31(4), 345-360. https://doi.org/10.33828/sei.v31.i4.5

Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2020). Sustainability in higher education: A systemic evaluation framework. Science Education Journal, 34(6), 145-157. https://doi.org/10.1016/j.sciencedu.2020.02.005

Koedinger, K. R., Booth, J. L., & Klahr, D. (2013). Instructional complexity and the science to constrain it. Science, 342(6161), 935-937. https://doi.org/10.1126/science.1238056

Korte, A., Tiberius, V., & Brem, A. (2021). Internet of Things (IoT) technology research in business and management literature: Results from a co-citation analysis. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 16(6), 2073-2090.

Krajcik, J., & Blumenfeld, R. (2006). Project-based learning and the development of scientific literacy. Science Education, 90(5), 1028-1049. https://doi.org/10.1002/sce.20173

Kremer, M., & Bauer, M. (2020). Using digital tools to enhance sustainability education in science classes. Environmental Education Research, 26(4), 490-503. https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1679480

Kuhn, T. S. (1962). The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press.

Leal Filho, W., Eustachio, J. H. P. P., Caldana, A. C. F., Will, M., Lange Salvia, A., Rampasso, I. S., Anholon, R., Platje, J., & Kovaleva, M. (2020). Sustainability leadership in higher education institutions: An overview of challenges. Sustainability, 12(9), 3761.

Leal Filho, W., Shiel, C., & Paço, A. (2020). Integrating sustainable development into the curriculum. Journal of Cleaner Production, 278, 123-130. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123456

Lee, J., Park, M., & Choi, H. (2021). Application of Machine Learning Techniques to Predict Research Trends in Science Education. Journal of Science Education and Technology, 30, 215-228. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09875-4

Leong, A. S. Y., Ng, J. H., Chew, P. E. T., Abd Razak, N. N., Ng, K. T., & Wang, Z. (2025). Achieving Sustainability With AI Technologies: Developing Monitoring/Evaluation Tools for AI Applications in STREAM-Related Studies. Içinde Achieving Sustainability with AI Technologies (ss. 1-26). IGI Global Scientific Publishing.

Leydesdorff, L. (2001). The challenge of scientometrics. Universal Publishers.

Leydesdorff, L., & Milojević, S. (2015). Scientometrics. Içinde International encyclopedia of the social & behavioral sciences (C. 21, ss. 322-327). Elsevier.

Leydesdorff, L., & Rafols, I. (2009). A global map of science based on the ISI subject categories. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60(2), 348-362.

Li, J., Goerlandt, F., & Reniers, G. (2021). An overview of scientometric mapping for the safety science community: Methods, tools, and framework. Safety Science, 134, 105093.

Li, Y., & Chen, C. (2022). Educational data mining and bibliometric tools in evaluating research trends. Journal of Technology Education, 59(3), 167-183.

Liebech-Lien, B. (2021). Teacher teams–A support or a barrier to practising cooperative learning? Teaching and Teacher Education, 106, 103453.

Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2019). Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. Taylor & Francis Online. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274

Liu, D., Huang, R., & Wosinski, M. (2021). Artificial intelligence applications in K-12 science education: A literature review. Education Sciences, 11(1), 16. https://doi.org/10.3390/educsci11010016

Liu, J., & Wang, M. (2021). Application of Decision Tree Regression in Science Education Research Trend Analysis. International Journal of Science Education, 43(10), 1650-1665. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1915078

Lopera-Perez, M., Maz-Machado, A., & Madrid, M. J. (2021). Bibliometric analysis of the international scientific production on environmental education. CEEOL. https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=954425

Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. Journal of the Washington Academy of Sciences, 16(12), 317-323.

Luan, H., & Tsai, C.-C. (2021a). A Review of Using Machine Learning Approaches for Precision Education. Educational Technology & Society, 24(1), 250-266.

Luan, H., & Tsai, C.-C. (2021b). A review of using machine learning approaches for precision education. Educational Technology & Society, 24(1), 250-266.

Machado, C. F., & Davim, J. P. (2022). Higher education for sustainability: a bibliometric approach—what, where and who is doing research in this subject? MDPI Sustainability. https://doi.org/10.3390/su14084482

Manning, C.D.; Raghavan, P.; Schutze, H. (2009). Chapter 1: Boolean Retrieval. Introduction to Information Retrieval, c, 1-18.

Marginson, S., & Tytler, R. (2013). STEM: Country comparisons. Australian Council of Learned Academies.

Marín-Marín, J. A., & Moreno-Guerrero, A. J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. Springer. https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-021-00296-x

Markusova, V., Ilyichev, A. A., & Libkind, A. N. (2004). Scientific collaboration between Russia and other countries in physics. Scientometrics, 59(3), 285-294.

Maryanti, R., Rahayu, N. I., & Muktiarni, M. (2022). Sustainable development goals (SDGs) in science education: Definition, literature review, and bibliometric analysis. Journal

of Engineering Science and Technology Education. http://jestec.taylors.edu.my/Special%20Issue%20ICMScE2022/ICMScE2022_20.pdf

McInerny, G. J., Chen, M., Freeman, R., & others. (2014). Information visualization for science and policy. Trends in Ecology & Evolution, 29(3), 148-157.

Medeiros, J. F., Diemer, D., & Costa, M. G. (2020). The use of APIs in research. Information Services & Use, 40(1-2), 23-33.

Merton, R. K. (1973). The sociology of science: Theoretical and empirical investigations. University of Chicago Press.

Miller, A., & Smith, D. (2022). Trends in bibliometric research in education. Journal of Scholarly Research, 47(2), 134-149.

Misbah, M., Hamidah, I., & Sriyati, S. (2022). A bibliometric analysis: Research trend of critical thinking in science education. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Achmad-Samsudin/publication/366205358_A_BIBLIOMETRIC_ANALYSIS_RESEARCH_TREND_OF_CRITICAL_THINKING_IN_SCIENCE_EDUCATION/links/63979a5e484e65005b0550f1/A-BIBLIOMETRIC-ANALYSIS-RESEARCH-TREND-OF-CRITICAL-THINKING-IN-SCIENCE-EDUCATION.pdf

Mishra, P., Koehler, M. J., & Henriksen, D. (2020). The seven transdisciplinary habits of mind: Extending the TPACK framework towards 21st century learning. Educational Technology, 60(2), 20-26.

Mitchell, T. M. (1997). Machine learning. McGraw-Hill.

Moed, H. F. (2005). Citation analysis in research evaluation. Springer Science & Business Media.

Mogensen, F., & Schnack, K. (2010). The action competence approach and the 'new' discourse of education for sustainable development, competence and quality criteria. Environmental Education Research, 16(1), 59-74. https://doi.org/10.1080/13504620903504032

Mok, K. H., & Marginson, S. (2021). Massification, diversification and internationalisation of higher education in China: Critical reflections of developments in the last two decades. International Journal of Educational Development, 84, 102405.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). Introduction to linear regression analysis (5th bs). John Wiley & Sons.

Moore, T. J., Bryan, L. A., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2021). Integrated STEM education. Içinde STEM Road Map 2.0 (ss. 25-42). Routledge.

Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., & Cobo, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. El Profesional de la Información, 29(1), e290103. https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03

Newman, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(2), 404-409. https://doi.org/10.1073/pnas.021544898

Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). The role of science education in fostering a sustainable future. Canadian Journal of Environmental Education, 8, 107-124.

O'Connor, J., French, R., & Sherrill, C. (2001). Scholarly productivity in adapted physical activity research. Adapted Physical Activity Quarterly, 18(4), 434-450.

Ogutu, H., El Archi, Y., & Dénes Dávid, L. (2023). Current trends in sustainable organization management: A bibliometric analysis. Oeconomia Copernicana, 14(1), 11-45.

O'Neill, B., Fanning, S., Lamb, D., & Steinberger, J. (2018). Digital Learning and Sustainability Education. Science & Technology in Education, 5, 33-49.

O'Neill, G., Ryan, S., & McMahon, T. (2018). Education for sustainable development: A framework for change. UNESCO.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008a). Science education in Europe: Critical reflections. https://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf

Osborne, J., & Dillon, J. (2008b). Science education in Europe: Critical reflections. The Nuffield Foundation.

Öztürk, M. (2022). Fen Eğitiminde Sürdürülebilirlik Konusunun Literatürdeki Yeri. Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi.

Öztürk, M., & Aydın, M. (2022). Fen Eğitimi Alanındaki Araştırma Eğilimleri ve Geleceğe Yönelik Öngörüler. Eğitim ve Bilim, 47(212), 345-362. https://doi.org/10.15390/EB.2022.9371

Peng, R.-Z., Zhu, C., & Wu, W.-P. (2020). Visualizing the knowledge domain of intercultural competence research: A bibliometric analysis. International Journal of Intercultural Relations, 74, 58-68.

Pennington, D., Ebert-Uphoff, I., Freed, N., & Martin, J. (2020). Bridging sustainability science, earth science, and data science through interdisciplinary education. Springer. https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-019-00735-3

Pennington, M., Pope, A., & McNeal, K. (2020). Systems Thinking in Science Education. Journal of Educational Research, 12, 88-102.

Pettersen, E. F., Goddard, T. D., Huang, C. C., Meng, E. C., Couch, G. S., Croll, T. I., Morris, J. H., & Ferrin, T. E. (2021). UCSF ChimeraX: Structure visualization for researchers, educators, and developers. Protein science, 30(1), 70-82.

Phelan, T. J. (2000). Bibliometric analysis of Australian science education research. Research in Science Education, 30(4), 503-521.

Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics? Journal of Documentation, 25(4), 348-349.

Qi, S., Hua, F., Xu, S., Zhou, Z., & Liu, F. (2021). Trends of global health literacy research (1995–2020): Analysis of mapping knowledge domains based on citation data mining. Plos one, 16(8), e0254988.

Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. Machine Learning, 1(1), 81-106.

Rane, N. L., Paramesha, M., Rane, J., & Kaya, O. (2024). Emerging trends and future research opportunities in artificial intelligence, machine learning, and deep learning. Artificial Intelligence and Industry in Society, 5, 2-96.

Robledo-Giraldo, S., Figueroa-Camargo, J. G., Zuluaga-Rojas, M. V., Vélez-Escobar, S. B., & Hurtado, P. L. D. (2023). Mapping, evolution, and application trends in co-citation analysis: a scientometric approach. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 13(1), 201-214.

Roehrig, G. H., Rouleau, M. D., Dare, E. A., & Ring-Whalen, E. (2022). Uncovering core dimensions of K-12 integrated STEM. Research in Integrated STEM Education, 1(1), 5-29.

Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. Expert Systems with Applications, 33(1), 135-146. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.04.005

Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: A review of the state of the art. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C, 40(6), 601-618. https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532

Romero, C., & Ventura, S. (2020a). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355

Romero, C., & Ventura, S. (2020b). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355

Romero, C., & Ventura, S. (2020c). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355

Romero, C., & Ventura, S. (2020d). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355

Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial intelligence: A modern approach (4th bs). Pearson.

Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2014). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? Research in Science Education, 44(1), 105-123.

Schleicher, A. (2019). PISA 2018 insights and interpretations. OECD Publishing.

Schönstein, R. F., & Budke, A. (2024). Teaching action competence in education for sustainable development–a qualitative study on teachers' ideas, opinions, attitudes and self-conceptions. Frontiers in Education, 8, 1256849.

Schwartz Michael D., L. M., & Johnson, R. (2022). Predicting trends in educational research: A machine learning approach. Journal of Educational Data Science, 3(2), 45-59.

Shu, X., & Ye, Y. (2023). Knowledge Discovery: Methods from data mining and machine learning. Social Science Research, 110, 102817.

Siegfried, T. (2020). Data visualization in scientific research. Nature Methods, 17(6), 457-460.

Siemens, G., & Baker, R. Sj. (2012). Learning analytics and educational data mining. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 252-254.

Simmons, A., & Long, T. (2020). Sustainability-themed projects and the role of technology in science education. Journal of Science Education and Technology, 29(6), 848-860. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09833-w

Singh, V. K., Singh, P., Karmakar, M., Leta, J., & Mayr, P. (2021). The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. Scientometrics, 126, 5113-5142.

Sjostrom, J., Eilks, I., & Zuin, V. (2023). Sustainability and Science Education. Journal of Science Education and Sustainability, 10, 112-130.

Small, H. (1973a). Co-citation in the scientific literature. Journal of the American Society for Information Science, 24(4), 265-269.

Small, H. (1973b). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. Journal of the American Society for Information Science, 24(4), 265-269. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/asi.4630240406

Smith, E., & Johnson, M. (2022). Using Machine Learning Techniques to Predict Publication Trends in Science Education. Journal of Science Education and Technology, 31, 250-262. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09935-3

Smola, A. J., & Schölkopf, B. (2004a). A tutorial on support vector regression. Statistics and Computing, 14(3), 199-222. https://doi.org/10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88

Smola, A. J., & Schölkopf, B. (2004b). A tutorial on support vector regression. Statistics and Computing, 14(3), 199-222.

States, N. L. (2013). Next generation science standards: For states, by states. The National Academies Press.

Stein, D., Collyn, R., & Smith, P. (2023). Biodiversity Conservation and Science Education. Science and Environmental Policy, 20, 44-58.

Su, M., Peng, H., & Li, S. (2021). A visualized bibliometric analysis of mapping research trends of machine learning in engineering (MLE). Expert Systems with Applications, 186, 115728.

Sun, W., Zhang, L., & Chen, X. (2022). Predicting Citation Trends in Science Education Using Support Vector Regression and Decision Trees. International Journal of STEM Education, 9, 45-59. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00315-7

Tang, K.-Y., Chang, C.-Y., & Hwang, G.-J. (2023). Trends in artificial intelligence-supported e-learning: A systematic review and co-citation network analysis (1998–2019). Interactive Learning Environments, 31(4), 2134-2152.

Testa, J. (1999). The ISI database: The journal selection process. Learned Publishing, 12(1), 59-67.

Trott, S., & Weinberg, J. (2020). The role of science education in addressing global environmental challenges. Environmental Education Research, 26(1), 72-85. https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1667607

Tüzüntürk, S. (2010). Veri madenciliği ve istatistik. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1, 65-90.

UNESCO. (2014). Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014) Final Report. UNESCO.

UNESCO. (2015). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives.

Uralovich, B., Akramov, T., & Khamidov, M. (2023). Developing Critical Thinking in Sustainability Education. International Journal of Science and Sustainability, 15, 67-79.

Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation. Science & Education, 30(3), 557-587.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer. Scientometrics, 84(2), 523-538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. Içinde Measuring scholarly impact (ss. 285-320). Springer.

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). VOSviewer Manual: Manual for VOSviewer version 1.6.16. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.16.pdf

Van Raan, A. F. J. (2004). Measuring science. Içinde Handbook of quantitative science and technology research (ss. 19-50). Springer.

Vasconcelos, M., & Orion, N. (2021). Environmental Literacy and Science Learning. International Journal of Environmental Education, 18, 122-135.

Wagner, C. S., & Leydesdorff, L. (2005). Mapping the network of global science. International Journal of Technology and Globalisation, 1(2), 185-208.

Wagner, C. S., Whetsell, T. A., & Mukherjee, S. (2021). International collaboration in science. Research Policy, 50(1), 104111.

Waltman, L., & Van Eck, N. J. (2012). A new methodology for constructing a publication-level classification system of science. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 63(12), 2378-2392.

Waltman, L., & Van Eck, N. J. (2015). Bibliometric mapping of the computational and quantitative biology literature. Research Evaluation, 24(4), 263-276.

Waltman, L., Van Eck, N. J., & Van Raan, A. F. J. (2019). Science mapping using bibliometric approaches. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 70(3), 428-443.

Wang, S., Chen, Y., Lv, X., & Xu, J. (2023). Hot topics and frontier evolution of science education research: A bibliometric mapping from 2001 to 2020. Springer. https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-022-00337-z

Ware, C. (2004). Information visualization: Perception for design (2nd bs). Morgan Kaufmann.

Ware, C. (2021). Visual thinking for information design. Morgan Kaufmann.

Waskom, M. L. (2021). Seaborn: Statistical data visualization. Journal of Open Source Software, 6(60), 3021.

Wei, B., & Chen, Y. (2020). Integrated STEM education in K-12: Theory development, status, and prospects. Theorizing STEM Education in the 21st Century, 1-12.

Yang, S., Yuan, Q., Dong, J., & others. (2020). Are scientometrics, informetrics, and bibliometrics different? Data Science and Informetrics, 1(01), 50.

Yurdakul, İ., & Bozdoğan, A. E. (2022). Fen eğitiminde bilimsel okuryazarlık ve bibliyometrik analizler. Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 10(2), 123-145.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019a). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019b). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zhang, Y., Zhou, Z., & Wang, J. (2009). Applications of educational data mining in improving the efficiency of teaching and learning. Procedia Computer Science, 1(1), 1399-1405.

Zong, C., Xia, R., & Zhang, J. (2021). Text data mining (C. 711). Springer.

Zupic, I., & Čater, T. (2015a). Bibliometric Methods in Management and Organization. Organizational Research Methods, 18(3), 429-472. https://doi.org/10.1177/1094428114562629

Zupic, I., & Čater, T. (2015b). Bibliometric methods in management and organization. Organizational Research Methods, 18(3), 429-472. https://doi.org/10.1177/1094428114562629

Zwolińska, K., Lorenc, S., & Pomykała, R. (2022). Sustainable development in education from students' perspective—Implementation of sustainable development in curricula. Sustainability, 14(6), 3398.

ÖZ GEÇMİŞ

KADİR KESGİN

ÖĞRETİM GÖREVLİSİ

E-Posta Adresi	:	
Telefon (İş)	:	
Telefon (Cep)	:	
Adres	:	BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

Öğrenim Bilgisi

Doktora 2021 14/Temmuz/2021	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ/EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ (DR)/
Doktora 2021	BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ/EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ (DR)/
Yüksek Lisans 2013 12/Eylül/2019	TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ/EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ (YL) (TEZLİ)/ Tez adı: Ortaokul öğrencilerinin yaratıcılık düzeyleriyle fen bilimlerine yönelik tutumları arasındaki ilişkilerin incelenmesi (2019) Tez Danışmanı:(ERDOĞAN USTA)
Lisans 1999 2003	CELÂL BAYAR ÜNİVERSİTESİ/EĞİTİM FAKÜLTESİ/MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ BÖLÜMÜ/FEN BİLGİSİ ÖĞRETMENLİĞİ PR./

Akademik Görevler

ÖĞRETİM GÖREVLİSİ 2017	BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ/GÖNEN MESLEK YÜKSEKOKULU/BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİ BÖLÜMÜ/BİLGİ GÜVENLİĞİ TEKNOLOJİSİ PR.
UZMAN 2016-2017	ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ/REKTÖRLÜK
UZMAN 2011-2016	AMASYA ÜNİVERSİTESİ/REKTÖRLÜK

Projelerde Yaptığı Görevler:

1. Arduino ve Raspberry Pi ile Programlama Eğitimi ve Uygulamaları, Kalkınma Bakanlığı, Proje Koordinatörü:SEREL ALPASLAN,Araştırmacı:KESGİN KADİR,Araştırmacı:AKKAYA AHMET,Araştırmacı:TAŞKIN SÜLEYMAN GÖKHAN,Yürütücü:ARUCU MUHAMMET, , 23/05/2018 -

Dersler *	Öğrenim Dili	Ders Saati	Dönem
2024-2025			
Önlisans			
Sunucu İşletim Sistemleri	Türkçe	3	Bahar
Siber Güvenlik	Türkçe	3	Bahar
İleri Ağ Teknolojileri	Türkçe	3	Bahar
Lisans			
Adli Bilişim	Türkçe	3	Bahar
Sunucu İşletim Sistemleri	Türkçe	3	Bahar
Sunucu İşletim Sistemleri	Türkçe	3	Bahar
Bilgisayar Ağları	Türkçe	3	Bahar
Temel Bilgi Teknolojileri	Türkçe	3	Bahar
Sunucu İşletim Sistemleri	Türkçe	3	Bahar
2023-2024			
Önlisans			
Siber Güvenliğe Giriş	Türkçe	3	
Güvenlik Olay Yönetimi	Türkçe	3	
Adli Bilişim	Türkçe	3	
Siber Saldırı Uygulamaları	Türkçe	3	
Bilgisayar Ağları	Türkçe	3	
Ağ Temelleri	Türkçe	3	
Lisans			
Temel Bilgi Teknolojileri	Türkçe	3	
2022-2023			
Önlisans			
Bilgisayar Ağları	Türkçe	3	
Siber Saldırı Uygulamaları	Türkçe	3	
Siber Güvenliğe Giriş	Türkçe	3	
Ağ Temelleri	Türkçe	3	
Adli Bilişim	Türkçe	3	
İşletim Sistemleri ve Ağ Yapıları	Türkçe	3	
Lisans			
Temel Bilgi Teknolojileri	Türkçe	3	

Eserler

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. KESGİN KADİR (2019). THE RELATION BETWEEN CREATIVITY AND COMPUTER LITERACY OF PROSPECTIVE SCIENCE TEACHERS. Uygulamalı Ekonomi ve Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2), 75-81. (Yayın No: 7720403)
2. KESGİN KADİR (2018). Verilerin Güvenliği ve Yönetimi. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 1(1), 24-31. (Yayın No: 7720420)

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitapların (proceedings) basılan bildiriler :

1. TAŞKIN SÜLEYMAN GÖKHAN,KESGİN KADİR,ARUCU MUHAMMET (2019). LORAWAN TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI:ENDÜSTRİ 4.0 ÖRNEĞİ. 10TH INTERNATIONAL NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS CONGRESS (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 5546533)
2. KESGİN KADİR (2018). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarında Cinsiyet Farklılıkları ile Yaratıcılıkları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. International Conference on Empirical Economics Social Seciences (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4303559)
3. KESGİN KADİR,Kesgin Nilüfer (2018). The Relationship between Parents' Level of Income and Creativity Level of Secondary School Students. MECAS III, 1(2), 13-13. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4303552)
4. KESGİN KADİR,Kesgin Nilüfer (2018). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarında Bilgisayar Okur-Yazarlığı ile Yaratıcılık Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. X. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi, 1(1), 180-180. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4261245)
5. KESGİN KADİR (2018). Fen Bilgisi Öğrencilerinin Bilimsel Yaratıcılıkları ile Genel yaratıcılık düzeyleri ilişkisi. X. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi, 1(1), 184-184. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4261243)
6. KESGİN KADİR,TAŞKIN SÜLEYMAN GÖKHAN (2018). Akıllı Ulaştırma Sistemlerinde Kullanılan Sistem Odalarının ve Bilgilerin Yedekliliği. 1. ULUSLARARASI AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ KONFERANSI, 1(1), 153-154. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4261246)
7. TAŞKIN SÜLEYMAN GÖKHAN,KESGİN KADİR (2018). Akıllı Ulaşım Sistemlerinde LoRaWAN Teknolojisinin Kullanımı. 1. ULUSLARARASI AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ KONFERANSI, 1(1), 297-298. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 4261
8. KESGİN KADİR,ÖZ NİLÜFER (2017). FEN BİLGİSİ EĞİTİMİNDE BEYİN FIRTINASI YÖNTEMİNİN ÖĞRENCİLERİN YARATICILIK DÜZEYLERİNE ETKİSİ. RESSCONGRESS-ULUSLARARASI EĞİTİM BİLİMLERİ VE SOSYAL BİLİMLER SEMPOZYUMU- (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 3768932)
9. KESGİN KADİR,Taşkara Şenol,HASTÜRK HANİFE GAMZE (2014). 5E ÖĞRENME DÖNGÜSÜ MODELİNİN 6 SINIF FEN BİLİMLERİ DERSİ MADDENİN TANECİKLİ YAPISI ÜNİTESİNE İLİŞKİN BAŞARI VE TUTUMA ETKİSİ. I.Eurasian Educational Research Congress / I. Avrasya Eğitim Araştırmaları Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 2920073)

C. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümle
C1. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar:

1. Eğitim Üzerine (2014)., KESGİN KADİR, Mobidik, Türkçe(Bilimsel Kitap) (Yayın No: 2919954)

C. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümle
C2. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler:

1. Öğretimin planlanması Unterrichtsplanung Planning of Instruction, Bölüm adı:(Noktalama İşaretlerinin Öğretilmesinde Gölge Oyunu Kullanımı) (2015)., KESGİN KADİR,ÖZ NİLÜFER,SÖNMEZ ARZU,YILMAZ FATİH,COŞKUN HASAN, Dağyeli Verlag, Editör:Hasan Coşkun, Fatih Yılmaz, Mehmet Emin Aksoy, Basım sayısı:1, ISBN:978-3-9355-9724-1, Türkçe(Ders Kitabı) (Yayın No: 2919940)
2. Eğitim ve öğretimde masalların önemi The İmportance of fairy tales in education, Bölüm adı:(Boyalı Kuş Hayvanat Bahçesinde) (2014)., KESGİN KADİR,YILMAZ FATİH,COŞKUN HASAN,ÖZ NİLÜFER, Dağyeli Verlag, Editör:Hasan Coşkun, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 558, ISBN:978-3-9355-9729-6, Türkçe(Ders Kitabı) (Yayın No: 2948038)

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitapların

1. KESGİN KADİR,KESGİN NİLÜFER (2023). Chat Gpt'nin Eğitimde Kullanımı Üzerine Makale Derlemesi. Lisansüstü Öğretmen Çalışmaları Kongresi (LOCK) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 9241944)

Sertifika

88439 Cybersecurity, Global implications of cyber threats. Ways in which networks are vulnerable to attack. Impact of cyber-attacks on industries. Cisco'xxs approach to threath detection and defense., Ağ Yöneticileri Derneği, Sertifika, 21.07.2015 -26.07.2015 (Uluslararası)

88437 CCNA Security, Describe the security thetas facing modern network infrastructures. Secure network device access. Implemet AAA on network devices. Mitigate common Layer 2 attacks. Implement ASA., Ağ Yöneticileri Derneği, Sertifika, 04.03.2014 -11.03.2015 (Uluslararası)

88424 CCNA Exploration: Accesing the WAN, Configure and verify basic WAN, describe the impact of voice over ip and video over ip application on a network. Describe the component required for network and internet communications. Implement basic switch security measures such as port security,trunk access and management VLANs. Configure, verify and troubleshoot DHCP and DNS operations on a router., Ağ Yöneticileri Derneği, Sertifika, 04.07.2014 -25.07.2014 (Uluslararası)

88427 CCNA Exploration: Routing Protocols and Concepts, Descrşbe the pupose, nature and operations of a router and routing tables. Describe, configure and certify router interfaces. Descrşbe the network discovery process of distance vector routing protocols using Rputing Information Protocol (RIP) Compare and constrast classful and classless IP addressing., Ağ Yöneticileri Derneği, Sertifika, 04.07.2014 -25.07.2014 (Uluslararası)

88426 CCNA Exploration: Network Fundamentals, Explain how communication works in data networks and the internet. Explain the role of protocols in data networks. Describe the protocols and services provided by the application layer in the OSI model and describe how this layer operates in sample networks. Design, calculate and apply subnet masks. Build a simple Ethernet network using routers and switches., Ağ yöneticileri derneği, Sertifika, 04.07.2014 -25.07.2014 (Uluslararası)

88425 CCNA Exploration: LAN Switching and Wireless, Explain basic switching concepts and the operation and configuration of Cisco switches. Describe enchanced switching technologies such as VLANs, VLAN Trunking Protocol (VTP), per VLAN spanning tree protocol (PVSTP) and 802.1q. Configure, verify and troubleshoot VLANs, trunking on Cisco switching, interVLAN routing, VTP and RSTP., Ağ yöneticileri Derneği, Sertifika, 04.07.2014 -25.07.2014 (Uluslararası)

88440 Trend Micro Technical Training, Trend Micro Technical Expert., Helyum, Sertifika, 01.03.2013 - 01.03.2013 (Ulusal)

Araştırma

88442 EJER I. Avrasya Eğitim Araştırmaları Kongresi, 5e Öğrenme Döngüsü Modelinin 6. Sınıf Fen Bilimleri Dersi Maddenin Tanecikli Yapısı Ünitesine İlişkin Başarı ve Tutuma Etkisi Makale sunumu, Ejer, Araştırma, 24.04.2014 -26.04.2014 (Uluslararası)

Çalıştay

88441 3. Uluslararası Planlama, Uygulama ve Değerlendirme Konulu çalıştay, 3. Uluslararası Planlama, Uygulama ve Değerlendirme Konulu çalıştaya etkinlikle katılınmıştır, Gaziosmanpaşa Universitesi, Çalıştay, 01.03.2013 -01.03.2013 (Uluslararası)