

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YAPAY ZEKA VE ROBOTİK ANABİLİM DALI

GENETİK ALGORİTMALARIN BİLİMSEL YAYINLARDA KULLANIMININ
METİN MADENCİLİĞİ YAKLAŞIMI İLE BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

İsakhan KARABAŞ

Danışman: Doç. Dr. Fulya ASLAY

TEZ JÜRİ ÜYELERİ
Doç. Dr. Fulya ASLAY
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat ÖKSÜZ
Dr. Öğr. Üyesi Hatice ARSLANTAŞ DALBOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ERZİNCAN, 2025

© 2025 [İsakhan KARABAŞ]. Tüm hakları saklıdır.

ÖZET

GENETİK ALGORİTMALARIN BİLİMSEL YAYINLARDA KULLANIMININ METİN MADENCİLİĞİ YAKLAŞIMI İLE BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

İsakhan KARABAŞ

Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Yapay Zeka ve Robotik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fulya ASLAY

2025, 85 sayfa

Genetik Algoritmalar (GA), optimizasyon ve problem çözme alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda GA'ların farklı disiplinlerdeki uygulamalarına ilişkin bilimsel yayınlarda artış görülmektedir. Bu çalışma, GA'nın bilimsel yayınlarda kullanımını, konu modelleme tekniği ve biyometrik analiz yöntemlerinden olan VOSviewer ve R Studio kullanılarak incelenmiştir. Bibliyometrik analiz ile GA alanındaki bilimsel yayınların kapsamında yazarlar, kurumlar, iş birliği ağları, dergiler ve anahtar kelimeler ile ilgili parametre sonuçlarına ulaşılmıştır. Konu modelleme Latent Dirichlet Allocation ile terimler ve konu başlıkları ile kavramsal haritalar oluşturulmuştur. GA alanında Web of Science veri tabanında 1989-2025 yılları arasında 2143 yayın analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre GA'nın mühendislik, bilgisayar bilimi, yapay zekâ ve biyoinformatik gibi alanlarda yoğun olarak çalışıldığı görülmektedir. 1999 yılında yayın sayısında dikkat çekici bir artış yaşandığı tespit edilmiş ve bu artışın GA'nın farklı bilimsel alanlarda benimsenmeye başlanması ile ilişkilidir. Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya bu alanda en fazla yayın üreten lider ülkeler arasındadır. Türkiye'nin bu alandaki lider ülkelerle bağlantısı üretkenliği açısından anlamlı bir göstergedir. Çalışma, araştırmacılara GA'nın bilimsel gelişimi hakkında bütüncül bir bakış sunarken, gelecek çalışmalar için potansiyel araştırma temalarını da ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bibliyometrik analiz, Genetik algoritmalar, Konu modelleme, Metin madenciliği

ABSTRACT

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF THE USE OF GENETIC ALGORITHMS IN SCIENTIFIC PUBLICATIONS THROUGH A TEXT MINING APPROACH

İsakhan KARABAŞ

**Master's Thesis, Erzincan Binali Yıldırım University, Institute of Science and
Technology,**

Department of Artificial Intelligence and Robotics

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fulya ASLAY

2025, 85 pages

Genetic Algorithms (GA) are widely used in the fields of optimization and problem solving. In recent years, there has been an increase in scientific publications on the applications of GA in different disciplines. This study examines the use of GA in scientific publications using VOSviewer and R Studio, which are subject modeling techniques and biometric analysis methods. With bibliometric analysis, parameter results related to authors, institutions, collaboration networks, journals and keywords were obtained within the scope of scientific publications in the field of GA. Conceptual maps with terms and topics were created with topic modeling Latent Dirichlet Allocation. In the field of GA, 2143 publications between 1989-2025 in the Web of Science database were analyzed. According to the results of the analysis, it is seen that GA is intensively studied in fields such as engineering, computer science, artificial intelligence and bioinformatics. In 1999, it was determined that there was a remarkable increase in the number of publications and this increase is related to the adoption of GA in different scientific fields. China, the United States of America and Spain are among the leading countries producing the highest number of publications in this field. Turkey's connection with the leading countries in this field is a significant indicator in terms of its productivity. While the study provides researchers with a holistic view of the scientific development of GA, it also reveals potential research themes for future studies.

Keywords: Bibliometric analysis, Genetic algorithms, Topic modeling, Text mining

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi, deneyimi ve desteğini esirgemeyen, akademik rehberliği ve yönlendirmeleriyle çalışmama katkı sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Fulya ASLAY’a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma sürecinde kıymetli katkıları ve yapıcı değerlendirmeleriyle çalışmamın gelişimine destek olan kıymetli arkadaşım Dr. Tayfun AKGÜN’e ve kardeşim Dr. Ahmet Turan İNCE’ye müteşekkirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan duaları ve sevgileriyle beni her daim destekleyen kıymetli anneme ve babama teşekkürü borç bilirim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca sabrı, anlayışı ve sonsuz desteğiyle daima yanımda olan sevgili eşime, her zaman bana güç veren ve bu çalışmanın ileride ona bir ışık olmasını dilediğim biricik oğluma ne kadar teşekkür etsem azdır.

İsakhan KARABAŞ

Haziran, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Genetik Algoritmalar.....	4
2.1.1. Genetik algoritmaların tarihçesi	4
2.1.2. Genetik algoritmalar temel kavramlar	5
2.1.2.1 Popülasyon	5
2.1.2.2 Kromozom ve gen	6
2.1.2.3 Uygunluk fonksiyonu	6
2.1.2.4 Seçim	7
2.1.2.5 Çaprazlama	7
2.1.2.6 Mutasyon	8
2.1.2.7 Yeni popülasyon oluşturma	9
2.1.3 Genetik algoritmaların çalışma prensibi.....	9
2.1.4. Genetik algoritmaların parametreleri.....	10
2.1.4.1 Nüfus büyüklüğü	10
2.1.4.2 Kuşak sayısı.....	11
2.1.4.3 Uygunluk fonksiyonu	11
2.1.4.4 Seçim yöntemi	11
2.1.4.5 Çaprazlama oranı	11
2.1.4.6 Mutasyon oranı	11
2.1.4.7 Elitizm	11
2.1.5 Genetik algoritmaların uygulama alanları	12
2.1.5.1. Optimizasyon.....	12
2.1.5.2 Veri madenciliği	12
2.1.5.3 Yapay zekâ	13

2.1.5.4 Robotik	14
2.1.5.5 Finans	15
2.1.5.6 Biyoinformatik	15
2.1.6 Genetik algoritmaların avantajları ve dezavantajları.....	16
2.2 Metin Madenciliği	17
2.2.1 Metin madenciliği kavramı.....	17
2.2.2 Konu modelleme analizi	18
2.3 Bibliyometri.....	19
2.3.1 Bibliyometri kavramı.....	19
2.3.2. Bibliyometrinin tarihsel gelişimi	19
2.3.3. Bibliyometri yasaları	20
2.3.3.1. Lotka yasası	20
2.3.3.2 Bradford yasası	20
2.3.3.2 Zipf yasası	21
2.3.4 Bibliyometrinin analiz yöntemleri.....	21
2.3.5 Bibliyometrinin önemi.....	22
2.3.6 Bibliyometrinin uygulama alanları	23
2.4 İlgili Çalışmalar	24
3. YÖNTEM	26
3.1. Veri Setinin Oluşturulması	26
3.2. Veri Ön İşleme	27
3.3. Veri Analizi	29
3.3.1. Bibliyometrik analiz	29
3.3.1.1. Performans analizi	30
3.3.1.2. Bilimsel haritalama.....	31
3.3.1.2.1. Atıf analizi	32
3.3.1.2.2. Ortak atıf analizi	33
3.3.1.2.3. Bibliyografik eşleşme	33
3.3.1.2.4. Ortak kelime analizi.....	34
3.3.1.2.5. Ortak yazarlık analizi	35
3.4. Raporlama ve Görselleştirme	35
4. BULGULAR	36
4.1. Bibliyometrik Analiz Bulguları	36
4.1.1. Performans analizi	36

4.1.1.1. En fazla katkı sağlayan yazarlar	37
4.1.1.2. En fazla katkı sağlayan ülkeler ve kurumlar	38
4.1.1.3. En fazla katkı sağlayan dergiler	41
4.1.1.4. Alanda öne çıkan fon sağlayıcılar	42
4.1.1.5. Çalışmaların yayın yıllarına göre dağılımı	43
4.1.2. Bilimsel haritalama.....	44
4.1.2.1. Yazarların atıf analizi	45
4.1.2.2. Kurumların atıf analizi.....	46
4.1.2.3. Ülkelerin atıf analizi	48
4.1.2.4. Yazarların ortak atıf analizi	51
4.1.2.5. Yazarların ortak yazarlık analizi.....	52
4.1.2.6. Kurumların ortak yazarlık analizi.....	54
4.1.2.7. Ülkelerin ortak yazarlık analizi	55
4.1.2.8. Anahtar sözcük analizi.....	56
4.1.2.9. Yazarların bibliyografik eşleşme analizi	59
4.1.2.10. Kurumların bibliyografik eşleşme analizi	60
4.1.2.11. Ülkelerin bibliyografik eşleşme analizi.....	62
4.1.2.12. Çalışmaların bibliyografik eşleşme analizi.....	63
4.1.2.13. Kaynaklar, yazarlar ve anahtar sözcük arasındaki ilişki analizi	65
4.2. Konu Modelleme Bulguları	66
4.2.1. Konu alanlarının belirlenmesi	66
4.2.2. Konu alanları analizi.....	68
4.2.3. Konu alanları trend analizi	69
4.2.4. Konu alanlarının görselleştirilmesi.....	70
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	71
KAYNAKÇA	76

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yöntem aşamaları.....	26
Tablo 2. Dahil etme ve hariç tutma kriterleri	27
Tablo 3. Yazar adres eksikliklerin tamamlanması.....	28
Tablo 4. Anahtar kelimelerin standartlaştırılması	28
Tablo 5. Hatalı ülke isimlerinin düzeltilmesi	29
Tablo 6. Standart yazar ismi	29
Tablo 7. Performans analiz ölçütleri.....	30
Tablo 8. Bilimsel haritalama teknikleri, analiz birimleri ve veri gereksinimleri	31
Tablo 9. En fazla katkı sağlayan yazarlar.....	37
Tablo 10. En fazla katkı sağlayan ülkeler	39
Tablo 11. En fazla katkı sağlayan kurumlar	40
Tablo 12. En fazla katkı sağlayan dergiler	41
Tablo 13. GA alanındaki öne çıkan fon sağlayıcılar	42
Tablo 14. Çalışma sayılarının yayın yıllarına göre dağılımı	44
Tablo 15. LDA sonucunda terimler ve konu başlıkları	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Popülasyon, kromozom ve gen yapısı.....	6
Şekil 2. GA çaprazlama işlemi.	8
Şekil 3. GA’da mutasyon işlemi.....	9
Şekil 4. GA akış şeması.....	10
Şekil 5. Bibliyografik eşleşme ve ortak atıf analizi	34
Şekil 6. Bibliyoshiny arayüzünde ana bilgiler.....	36
Şekil 7. Yayın sayılarının yıllara göre dağılımı.....	43
Şekil 8. Yazarların atıf analizi	45
Şekil 9. Yıllara göre yazar atıf analizi	46
Şekil 10. Kurumların atıf analizi	47
Şekil 11. Kurumların yıllara göre atıf analizi	48
Şekil 12. Ülkelerin atıf analizi	49
Şekil 13. Ülkelerin yıllara göre atıf analizi.....	50
Şekil 14. Türkiye’nin yıllara göre atıf analizi	51
Şekil 15. Yazarların ortak atıf analizi	52
Şekil 16. Yazarların ortak yazarlık analizi	53
Şekil 17. Yıllara göre yazarların ortak yazarlık analizi	54
Şekil 18. Kurumların ortak yazarlık analizi.....	55
Şekil 19. Ülkelerin ortak yazarlık analizi	56
Şekil 20. Anahtar sözcük analizi	58
Şekil 21. Yıllara göre anahtar sözcük analizi	59
Şekil 22. Yazarların bibliyografik eşleşme analizi	60
Şekil 23. Kurumların bibliyografik eşleşme analizi	62
Şekil 24. Ülkelerin bibliyografik eşleşme analizi.....	63
Şekil 25. Çalışmaların bibliyografik eşleşme analizi	65
Şekil 26. Dünyada en çok atıf alan yayınlar	65
Şekil 27. Kaynaklar (CR), yazarlar (AU) ve anahtar sözcükler (DE) arasındaki ilişkinin üç alan grafiği ile (Sankey Diagram) gösterimi.....	66
Şekil 28. Konular arası mesafe haritası (sol taraf); konu 6 için en alakalı 30 kelime (sağ taraf).....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
DDoS	Dağıtılmış ağ saldırıları
DDoS	Dağıtılmış ağ saldırıları
DVM	Destek Vektör Makineleri
EU	European Union
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GA	Genetik Algoritma
GA-ESIM	Genetik Algoritma Enerji Sistemi Entegre Modeli
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer
İHA	İnsansız hava aracı
LDA	Latent Dirichlet Allocation
MICINN	Ministry of Science and Innovation
NSERC	Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
NSF	National Science Foundation EPSRC Engineering and Physical Sciences Research Council
NSFC	National Natural Science Foundation of China
RF-GA	Rastgele Orman- Genetik Algoritma
SCI	Science Citation Index
SSCI	Social Science Citation Index
SVM-GA	Destek Vektör Makinesi- Genetik Algoritma
TBG	Toplam Bağlantı Gücü
UKRI	United Kingdom Research and Innovation
XGB-GA	Aşırı Gradyan Güçlendirme- Genetik Algoritma
YZ	Yapay zekâ

1.GİRİŞ

Bilimsel araştırmaların ve disiplinler arası çalışmaların artmasıyla, karmaşık problemleri çözüme ulaştıracak yöntemleri geliştirmek önemli hale gelmiştir. Bu doğrultuda, doğadan esinlenilen hesaplama teknikleri, optimizasyon problemlerinin özölmesinde öne çıkmaktadır. Genetik algoritmalar (GA), bu tekniklerin kullanılmasında etkili örneklerden biridir.

GA, doğal evrim sürecinden ilham alarak optimizasyon problemlerini özölemek için kullanılan hesaplama tekniklerindendir. 1975 yılında John Holland tarafından bulunan bu algoritma, biyolojik evrim süreçlerinden esinlenerek en uygun çözümü arayıp bulmayı hedeflemektedir (Holland, 1975). GA, karmaşık ve özölmesi güç problemlerde etkili ve doğru sonuçlar vermesinden dolayı bilimsel çalışmalarda kullanılması yaygınlaşmıştır.

GA'nın kullanımı, çeşitli disiplinlerde incelenmekte ve farklı alanlarda çözüm yöntemi olarak benimsenmektedir (Goldberg, 1989). özüm üretmede mühendislik, ekonomi, biyoinformatik, yapay zekâ (YZ) ve robotik gibi farklı alanlarda GA'nın optimizasyon kabiliyetinden yararlanılmaktadır (Sivanandam ve Deepa, 2008). Uygulama alanının geniş olması, GA'nın bilimsel yayınlarda fazlasıyla ele alınmasını ve yapılan çalışmaların artmasını sağlamıştır. Mesela, biyoinformatik alanında sınıflandırma doğruluğunu artırmak için sıklıkla destek vektör makineleri (DVM) ile birleştirilmesi sağlanmıştır (Swerhun vd., 2020). GA, endüstriyel mühendislik alanında, üretim planlama ve lojistik optimizasyonu problemlerinin çözümünde kullanılmıştır (Yiğit ve Lazarevska, 2025). Finans alanında ise analiz ve tahminlerde portföy optimizasyon konularında başarılı uygulamaları mevcuttur (Syahla vd., 2024). Tıbbı görüntöleme ve tanı koymada GA'nın yapay sinir ağları ile kullanılmasıyla hastalığın tespit edilmesinde doğru sonuçlar elde edilmiştir (Chihaoui vd., 2024). Bu geniş çalışma alanı, GA'nın bilimsel yayınlarda kullanımının artmasına neden olmuştur.

Bir akademik disiplinin tarihi, gelişimi, araştırma konuları ve geleceği bilimsel yayınların analiziyle mümkündür. Fakat bu devasa bilimsel yayınların klasik ve eski usullerle analiz edilmesi neredeyse olanaksızdır. Bu sebeple, metin madenciliği ve bibliyometrik analiz bilimsel yayınların sistematik bir şekilde incelenmesinde önemli yöntemler haline gelmiştir (Aria ve Cuccurullo, 2017). Metin madenciliği büyük metin veri kümelerinden anlamlı bilgiler elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile birlikte bilimsel yayınların içeriği analiz

edilerek belirlenen konu hakkında yapılan araştırmaların tematik eğilimleri ortaya çıkarılabilmektedir (Mihalcea, 2008).

Bibliyometrik analiz, bir akademik disiplin alanında yayınları nicelik olarak incelemek ve bilimsel trendleri belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile yayınların zamanla değişimi, en çok atıf alan yayınları, öne çıkan yazarlar, öne çıkan kurum ve ülkeler gibi argümanların analizi ile bir akademik alanın gelişimi anlaşılması sağlanır (Valérie ve Pierre, 2010).

Bilimsel yayınlara ulaşmada Web of Science (WoS) veri tabanı kullanımı yaygındır. WoS, bilimsel araştırmaların ve akademik çalışmaların bulunduğu ve değerlendirildiği bir veri tabanıdır. Bu veri tabanı, bilimsel makalelerin atıf bilgilerini içerir ve araştırmacılara hangi çalışmaların daha fazla etki yarattığını anlamalarına yardımcı olur (Hurtado vd., 2012). WOS, bilimsel yayınların nicel olarak incelenmesini içeren bibliyometrik analiz için güçlü bir araçtır. Araştırmacıların yayın eğilimlerini, yazar üretkenliğini ve belirli çalışmaların veya dergilerin etkisini analiz etmek için kullanabilecekleri kapsamlı atıf verileri sağlar (Aghaei Chadegani vd., 2013).

GA'nın bilimsel yayınlardaki kullanımının analizi, bu alanda yapılan araştırma eğilimlerini anlamak açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, GA'nın bilimsel yayınlarda metin madenciliği yaklaşımı ile kapsamlı bir şekilde incelenmesidir. Metin madenciliği ile bibliyometrik analiz yöntemi, GA'nın bilimsel yayınlarda kullanımının analiz etmek için uygun araçtır. Metin madenciliği ile GA'nın öne çıkan konuları ortaya çıkarabilir. Bibliyometrik analiz ile GA'nın bilimsel literatürdeki etkisini nicel olarak değerlendirme yapılabilir.

GA için aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

1. GA'daki en fazla katkı sağlayan yazarlar hangileridir?
2. GA'daki en fazla katkı sağlayan ülkeler hangileridir?
3. GA'daki en fazla katkı sağlayan kurumlar hangileridir?
4. GA'daki en fazla katkı sağlayan dergiler hangileridir?
5. GA'daki alanda öne çıkan fon sağlayıcılar hangileridir?
6. GA'daki ortak yazarlık durumu nedir?
7. GA'daki yazarların ortak atıf analizi nedir?
8. GA'daki anahtar kelimelerin dağılımı nedir?

9. GA'daki yazarların bibliyografik eşleşme analizi durumu nedir?
10. GA'daki metinlerin bibliyografik eşleşme analizi durumu nedir?
11. GA araştırmalarında ortaya çıkan konular nelerdir?
12. GA araştırmalarının yıllara göre dağılımı nedir?

Bu sorulara cevap aranarak, GA'nın bilimsel yayınlarda kullanımı analiz edilerek, bu alanda yapılacak çalışmalar için araştırmacılara önemli kaynak sunulması hedeflenmektedir. Bunun yanında metin madenciliği yaklaşımı ile bibliyometrik analizin bilimsel yayınların analizinde etkili olduğu, bu yöntemin gelecek çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılmasına katkıda bulunacaktır. Bu çalışmanın, GA'nın bilimsel çalışmalarda gelişimini anlamak ve bu alanda yapılacak olan çalışmalara yol göstermesi açısından literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasında girişte takiben kavramsal çerçeve ve ilgili çalışmalar bölümünde, çalışma kapsamında ele alınan kavramlarla ilgili bilgilendirme yapılmıştır. GA, bibliyometrik analiz, metin madenciliği ve ilgili çalışmalar açıklanmıştır. Yöntem bölümünde çalışma kapsamında kullanılan metotlarla ilgili ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. Bulgular bölümünde ise çalışmadan elde edilen veriler hakkında bilgi verilerek yorum yapılmıştır. Sonuç ve tartışma bölümünde, çalışmadan elde edilen ilgili sonuçlara yer verilmiştir, bu sonuçların literatürle ilişkisi değerlendirilmiş ve gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Genetik Algoritmalar

GA, karmaşık problemleri çözme konusunda iyileştirilebilirlik ve yüksek seviyede verimliliği olan, doğadaki etkileri taklit eden ve genetik düşünceler üzerine dayanan bir optimizasyon tekniğidir (Goldberg, 1989). Biyolojik süreçler olan doğal seçim, çaprazlama ve mutasyonu taklit ederek çözümlerin bulunmasını sağlayan metaforik bir popülasyon parçası kullanan yöntemler ailesindendir (Holland, 1975). Zaman içinde, tekrarlanan yetersizlikler göz önüne alındığında GA etkili bir şekilde kullanılabilir (Reeves, 1995).

GA, potansiyel çözümlerin geniş alanlarını keşfetmek için tasarlanmış olasılıksal arama prosedürleridir. Çözelti alanının biyolojik organizmalardaki genetik dizilere benzeyen dizelerle temsil edilebileceği senaryolarda özellikle yararlıdırlar (Hamblin, 2012).

GA'nın önemli bir özelliği, yüksek kaliteli alt dizeleri tanımlama ve kullanma yetenekleridir. Algoritma, bu üstün bileşenlere odaklanarak zaman içinde daha etkili çözümler üretir ve problem alanının düzenliliklerine uyum sağlar (Liepins ve Hilliard, 1990).

GA, karmaşık ve çok boyutlu problemlerin çözümünde etkili bir şekilde kullanılıp uygulandığında geleneksel yöntemlerin üstünde çözümler sunabilmektedir. Klasik algoritmalar deterministik yapıya sahip olup genellikle belirli bir girişe her zaman aynı sonucu vermektedir. Klasik optimizasyon yöntemleri önceden belirlenmiş kurallar çerçevesinde yürür ve optimum çözümü elde eder (Bellman, 1957). GA ise doğal seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi biyolojik evrim süreçlerini taklit ederek küresel optimumu bulma olasılığını arttırmaktadır (Goldberg ve Holland, 1988).

2.1.1. Genetik algoritmaların tarihçesi

GA'nın temelleri, Michigan Üniversitesi'nde John Holland tarafından 1960'lı yıllarda atılmıştır. Holland, doğal seleksiyon, çaprazlama ve mutasyon gibi biyolojik evrim mekanizmalarını optimizasyon yöntemi olarak modellemiştir. 1975 yılında yayımlanan "Adaptation in Natural and Artificial Systems" adlı kitabında, GA'nın teorik temellerini detaylı bir şekilde açıklamıştır (Holland, 1975). Bu çalışma, GA'nın modern optimizasyon teknikleri arasında yer almasını

sağlamıştır. Aynı dönemde, Ingo Rechenberg ve Hans-Paul Schwefel gibi araştırmacılar, evrim stratejileri adı verilen bir optimizasyon yöntemi geliştirmişlerdir (Moscato vd., 2004). Bu yöntem, GA ile benzerlikler taşımakla birlikte, özellikle sürekli optimizasyon problemlerine odaklanmıştır.

David E. Goldberg, 1989 yılında yayımlanan “Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning” adlı kitabında, GA'nın temel kavramlarını ve uygulama alanlarını detaylı bir şekilde açıklamıştır (Goldberg, 1989). Goldberg'in çalışması, GA'nın mühendislik, ekonomi, biyoloji ve diğer birçok alanda yaygın olarak kullanılmasına öncülük etmiştir.

1990'lı yıllarda, GA ve diğer evrimsel hesaplama teknikleri hızla gelişmiştir. Bu dönemde GA'nın teorik temelleri üzerine yapılan çalışmalar da artmıştır. Melanie Mitchell, 1998 yılında yayımlanan “An Introduction to Genetic Algorithms” adlı kitabında, GA'nın temel kavramlarını ve uygulama örneklerini detaylı bir şekilde açıklamıştır (Melanie, 1999). Bu çalışma, GA'nın akademik ve endüstriyel alanlarda daha geniş bir kitle tarafından benimsenmesine katkı sağlamıştır.

Günümüzde, GA ve diğer evrimsel hesaplama teknikleri, karmaşık ve çok boyutlu optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle makine öğrenmesi, robotik, finansal modelleme, endüstriyel tasarım ve biyoinformatik gibi alanlarda GA'nın başarılı uygulamaları bulunmaktadır (Eiben ve Smith, 2015).

GA'nın tarihçesi, 20. yüzyılın ortalarından itibaren gelişen bir süreci kapsamaktadır. John Holland, David Goldberg ve diğer öncü araştırmacıların çalışmaları, bu tekniğin teorik ve pratik temellerini oluşturmuştur. Günümüzde, GA ve diğer evrimsel hesaplama teknikleri, optimizasyon problemlerinin çözümünde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

2.1.2. Genetik algoritmalar temel kavramlar

2.1.2.1 Popülasyon

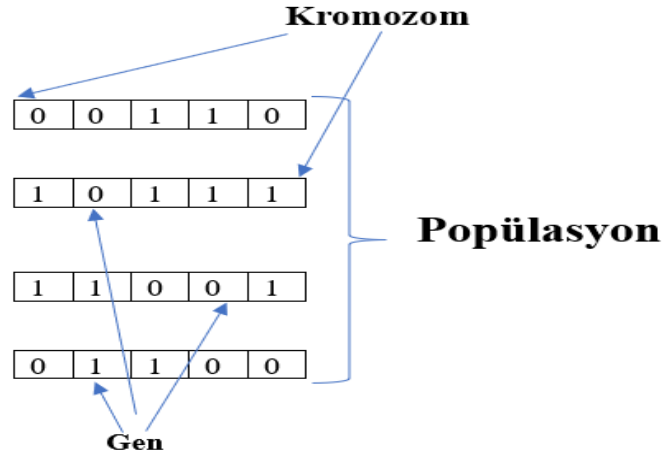
Popülasyon, her biri bir soruna potansiyel bir çözümü temsil eden bir dizi bireysel nesnedir. Bu bireyler tipik olarak biyolojik sistemlerdeki kromozomlara benzer şekilde sabit uzunlukta karakter dizeleri olarak kodlanır.

Popülasyon, daha iyi çözümlere doğru gelişmek için seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi evrimsel süreçlerden geçer. Genetik algoritma, eldeki soruna en uygun veya en uygun çözümü bulmak için bu popülasyonu birkaç nesil boyunca manipüle eder (Koza ve Jacks Hall, 1995).

2.1.2.2 Kromozom ve gen

GA bağlamında, bir kromozom, algoritmanın çözmeye çalıştığı soruna potansiyel bir çözüm tanımlayan bir dizi parametredir. Biyolojik sistemlerdeki genetik bilgi taşıyan bir kromozoma benzer. GA'daki kromozomlar tipik olarak ikili sayı dizeleri (0 ve 1) olarak temsil edilir, ancak tam sayı dizileri veya gerçek sayılar gibi diğer veri yapıları kullanılarak da temsil edilebilirler. Dizideki her konuma gen denir ve her gen genel çözüme katkıda bulunan bir değeri tutabilir (Forrest, 1996).

Kromozomlar, seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi biyolojik evrime benzer süreçlerden geçtikleri için GA'da çok önemlidir. Bu süreçler, soruna en uygun veya tatmin edici çözümü bulmak için birbirini izleyen nesiller boyunca çözümlerin geliştirilmesine yardımcı olur. Şekil 1'de popülasyon, kromozom ve gen yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. Popülasyon, kromozom ve gen yapısı

2.1.2.3 Uygunluk fonksiyonu

GA bağlamında, genellikle uygunluk işlevi olarak adlandırılan bir uygunluk işlevi çok önemli bir bileşendir. Popülasyondaki belirli bir çözümün veya bireyin eldeki sorunu ne kadar iyi

çözdüğünü değerlendirir. Uygunluk fonksiyonunun birincil amacı seçim sürecine rehberlik etmektir. Daha yüksek zindelik puanlarına sahip bireylerin üreme için seçilme olasılığı daha yüksektir ve bu da en iyi özelliklerin bir sonraki nesle aktarılmasını sağlar. Bu, en zeki bireylerin hayatta kalma ve üreme olasılığının daha yüksek olduğu doğal seçim sürecini taklit eder (Le vd., 2023).

2.1.2.4 Seçim

GA'da seçim, en zeki bireylerin hayatta kalıp üremesini sağlayarak çözümlerin evrimini optimal yönde ilerleten bir süreçtir. Çaprazlama ve mutasyonla birlikte, GA'nın çözüm uzayındaki arama davranışını şekillendiren temel bir bileşendir. (Tsai ve Chiang, 2023). Seçim, algoritmanın optimal veya optimuma yakın çözümlere doğru yakınsamasını doğrudan etkilediği için GA sürecinde kritik bir adımdır. Algoritma, daha zinde bireyleri tutarlı bir şekilde seçerek, faydalı özelliklerin nesiller boyunca korunmasını ve yayılmasını sağlar.

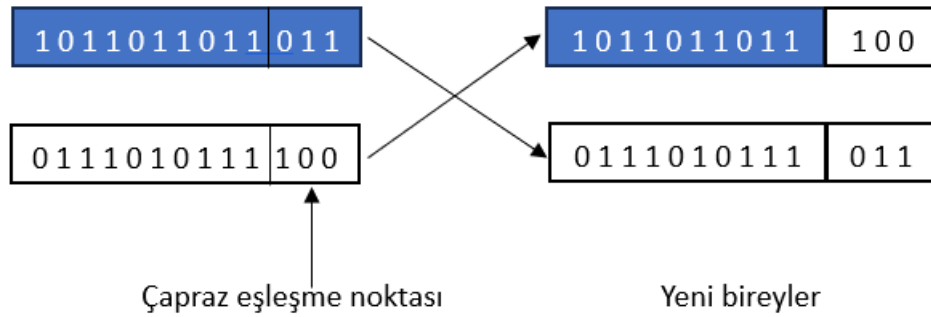
Seçim yöntemlerinden bazıları ve popüler olarak kullanılanları şu şekildedir:

1. Turnuva yöntemi: Bu yöntemde, popülasyondan rastgele bir birey alt kümesi seçilir ve bu alt kümeden en iyi birey üreme için seçilir. Turnuvanın büyüklüğü ayarlanabilir; daha büyük turnuvalar seçim baskısını artırırken, küçük turnuvalar çeşitliliği korur. Turnuva yönteminin avantajı, kötü bireylerin seçilmesini engellemesidir.
2. Rulet tekerleği yöntemi: Bu yöntem, her bireye uygunluğuna göre bir seçim olasılığı atar. Daha yüksek zindeliğe sahip bireylerin seçilme şansı daha yüksektir, her bir segmentin boyutunun bireyin uygunluğuna karşılık geldiği bir rulet çarkına benzer. Bu yöntem daha iyi çözümlerin seçilmesini teşvik eder, ancak uygun şekilde yönetilmezse erken yakınsamaya yol açabilir.
3. Elitizm yöntemi: Bu yöntem, en iyi bireyleri mevcut nesilden diğerine değişiklik yapmadan taşımayı içerir. Bu, çözümlerin kalitesinin nesiller boyunca bozulmamasını sağlar.

2.1.2.5 Çaprazlama

Çaprazlama, yeni yavrular oluşturmak için iki ebeveyn çözümünün genetik bilgisini birleştirmek için kullanılan bir genetik operatördür (Rustem, 2012). GA'da çaprazlama işlemi, uygunluk değerlerine göre seçilen en iyi bireyler arasında gerçekleştirilir. Bu seçim süreci, ebeveynlerine kıyasla üstün özelliklere sahip yavrular üretme olasılığını artırdığı için çok

önemlidir. Bu süreç, ana çözümlerin özelliklerini harmanlayarak daha iyi çözümlerin keşfedilmesini sağlayabilir (Ekicioğlu, 2011). Tek noktalı, iki noktalı ve tek tip geçiş gibi çeşitli geçiş yöntemleri vardır. Her yöntemin çapraz noktaları seçme ve ana kromozomları birleştirme yolu vardır. Yöntem seçimi GA'nın performansını etkileyebilir. Çaprazlamaya örnek Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. GA çaprazlama işlemi.

2.1.2.6 Mutasyon

Mutasyon, çözüm popülasyonuna genetik çeşitlilik katar. Arama alanının daha geniş bir şekilde incelenmesini sağlayarak algoritmanın sınırlı çözümlere takılmasını önlemeye yardımcı olur. (Goldberg, 1989).

GA'da çözümler genellikle ikili basamak dizileri şeklinde temsil edilir. Mutasyon, bu dizilerdeki bir veya daha fazla biti rastgele değiştirmeyi içerir. Örneğin, bir bit 0'dan 1'e çevrilebilir veya tam tersi olabilir.

Mutasyon, seçim ve çaprazlama gibi diğer genetik operatörlerle birlikte çalışır. Seçim ve çaprazlama en iyi çözümleri birleştirmeye ve yaymaya odaklanırken, mutasyon yeni genetik materyalin tanıtılmasını sağlar ve bu da yeni ve potansiyel olarak daha iyi çözümlerin keşfedilmesine yol açabilir (Herrera ve Lozano, 2000). Mutasyon işlemine dair örnek Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. GA’da mutasyon işlemi.

2.1.2.7 Yeni popülasyon oluşturma

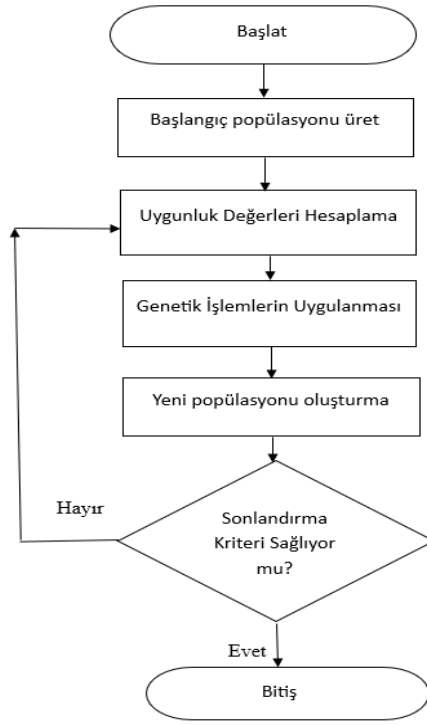
GA’da yeni bir popülasyon oluşturmak seçim, çaprazlama ve mutasyon süreçlerini içerir. Bu işlemler, çözüm alanını etkin bir şekilde keşfedip değerlendirerek popülasyonu daha iyi çözümlere doğru geliştirmek için birlikte çalışır. Bu yinelemeli süreç, tatmin edici bir çözüm bulunana veya önceden belirlenmiş bir durdurma kriteri sağlanana kadar sürer (Eiben ve Smith, 2015).

2.1.3 Genetik algoritmaların çalışma prensibi

GA tipik olarak aşağıdaki adımları izler:

- Başlatma
- Rastgele bir potansiyel çözüm popülasyonunu oluşturarak başlar. Her çözüm tipik olarak bir gen dizisi olan bir kromozom olarak temsil edilir.
- Popülasyondaki her bireyin uygunluğunu değerlendirir. Fitness işlevi soruna özeldir ve bir çözümün sorunu ne kadar iyi çözdüğünü belirler.
- Genetik işlemlerin uygulanması. Seçim, mevcut popülasyondan ebeveyn olmak için bireyleri seçer. Seçim zindeliğe dayanır, daha zinde bireylerin seçilme şansı daha yüksektir. Yaygın yöntemler arasında rulet çarkı seçimi ve turnuva seçimi bulunur. Çaprazlama, iki ana kromozomun parçalarını birleştirerek yeni yavrular oluşturur. Bu, tek noktalı geçiş, çok noktalı geçiş veya tek tip geçiş gibi çapraz teknikler kullanılarak yapılır. Mutasyon, genetik çeşitliliği korumak için yavru kromozomlarında rastgele değişiklikler yapar. Mutasyon, bitleri çevirmeyi, genleri değiştirmeyi veya diğer değişiklikleri içerebilir.
- Yeni popülasyon oluşturma, eski nüfusun bir kısmını veya tamamını yeni yavrularla değiştirerek yeni bir popülasyon oluşturur. Bu, kuşak değiştirme veya kararlı durum değiştirme gibi stratejiler kullanılarak yapılabilir.

- Sonlandırma koşulunun karşılanıp karşılanmadığını kontrol edilir. Bu, maksimum nesil sayısı, tatmin edici bir zindelik seviyesi veya popülasyonun yakınsaması olabilir. Karşılanmazsa, değerlendirme adımına geri dönülür.
 - Sonlandırma koşulu yerine getirildikten sonra, bulunan en iyi çözümü çıkarılır.
- Bu adımlar, akış şeması olarak Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. GA akış şeması.

2.1.4. Genetik algoritmaların parametreleri

GA'nın performansını, kullanılan parametrelerin doğruluğu etkilemektedir.

2.1.4.1 Nüfus büyüklüğü

Nüfus büyüklüğü, popülasyondaki birey sayısını ifade eder ve algoritmanın çeşitliliği ile yakınsama hızını belirlemede önemli bir etkidir. Nüfus büyüklüğü, problemin karmaşıklığına göre belirlenmeli; karmaşık sorunlar için daha büyük, basit sorunlar için ise daha küçük bir nüfus seçilmelidir (Goldberg, 1989).

2.1.4.2 Kuşak sayısı

Kuşak sayısı, nüfusun evrimleşme ve kaç kez iterasyon yapacağı sayısıdır. Kuşak sayısının yüksek olması doğru çözümler bulma olasılığını artırır (Eiben ve Smith, 2015).

2.1.4.3 Uygunluk fonksiyonu

Fitness fonksiyonu, belirli bir çözümün optimum çözüme ne kadar yakın olduğunu değerlendirir. Genetik algoritmanın başarısını etkilemektedir (Tito-Corrioso vd., 2021).

2.1.4.4 Seçim yöntemi

Seçim yöntemi, bireylerin bir sonraki nesli oluşturmak için popülasyondan nasıl seçildiğini belirler. Yaygın yöntemler arasında rulet çarkı seçimi, turnuva seçimi ve rütbe seçimi bulunur (Tito-Corrioso vd., 2021).

2.1.4.5 Çaprazlama oranı

Çapraz oranı, iki bireyin yavru oluşturmak için yapılarının parçalarını değiştirme olasılığıdır. Bu parametre çözüm uzayının araştırılmasını etkiler. Yüksek çaprazlama oranı çözüm uzayında daha fazla keşif yapılmasını sağlamaktadır (Tito-Corrioso vd., 2021).

2.1.4.6 Mutasyon oranı

Mutasyon oranı, bir bireyin yapısını rastgele değiştirme olasılığıdır. Popülasyon içindeki genetik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olur ve erken yakınsamayı önler (Reeta ve Patel, 2012).

2.1.4.7 Elitizm

Elitizm, en iyi bireyleri mevcut nesilden diğerine değişiklik yapmadan taşımayı ve çözümlerin kalitesinin nesiller boyunca bozulmamasını sağlamayı içerir (Suman ve Giri, 2015).

2.1.5 Genetik algoritmaların uygulama alanları

GA, karmaşık optimizasyon ve arama problemlerini çözmek için çeşitli alanlarda yaygın olarak uygulanan, doğal seçilim ve genetik ilkelerinden ilham alan çok yönlü hesaplama modelleridir.

2.1.5.1. Optimizasyon

GA, çok boyutlu, karmaşık ve doğrusal olmayan optimizasyon problemlerinin çözümünde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Mühendislik tasarımı, rota optimizasyonu, zaman çizelgelemesi ve lojistik gibi alanlarda etkili sonuçlar vermektedir (Goldberg, 1989). GA mühendislikte yapısal tasarımları optimize etmek, gerekli yapısal analiz sayısını azaltmak ve boyutlandırma optimizasyon problemlerinde verimliliği artırmak için kullanılır (Shi vd., 2005). Sayısal optimizasyonda ve gezici satıcı problemini çözmede uygulanırlar, yerel arama stratejilerine ve simüle edilmiş tavlama kısıtlarıyla üstün performans gösterirler.

2.1.5.2 Veri madenciliği

GA, karmaşık arama ve optimizasyon problemleri için sağlam çözümler sunan veri madenciliği uygulamalarında güçlü bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal seçilimden esinlenen bu algoritmalar, büyük veri kümelerini işleme ve içindeki anlamlı kalıpları ile ilişkileri keşfetme konusunda özellikle etkilidir. Veri madenciliğinde GA özellik seçimi, kural keşfi ve sınıflandırma gibi çeşitli görevler için kullanılmaktadır. Örneğin, birden fazla ilgi ölçütünü aynı anda optimize ederek veri kümelerindeki ilginç sınıflandırma kurallarını keşfetmek için kullanılabilirler (De La Iglesia vd., 2003).

GA, özellikle coğrafi bilgi sistemlerinde uzamsal kümelemeye uygulanmıştır. Medoid tabanlı bir kümeleme yaklaşımı kullanarak GA, aykırı değerlerin işlenmesinde ve bölümlendirme çözümlerini iyileştirmede sağlam davranışlar göstermiştir, böylece uzamsal verilerin genellenmesini geliştirmiştir (Estivill-Castro ve Murray, 1997).

GA, özellik seçimi, kümeleme ve sınıflandırma gibi çeşitli süreçleri optimize etmek için veri madenciliğinde etkili bir şekilde uygulanmıştır. Seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörler aracılığıyla çözümler geliştirilerek büyük veri kümeleri içindeki kalıpların ve ilişkilerin keşfini geliştirirler. GA, geleneksel yöntemlerin zorlandığı senaryolarda özellikle

yararlıdır, karmaşık veri ortamlarında optimal veya optimum çözümlerin tanımlanmasını sağlar, böylece veri madenciliği görevlerinin genel verimliliğini ve doğruluğunu artırır (Md Isa vd., 2024).

2.1.5.3 Yapay zekâ

GA, YZ uygulamalarında önemli bir rol oynayan güçlü optimizasyon ve arama teknikleridir. Bu algoritmalar, biyolojik evrim süreçlerini taklit ederek karmaşık problemlere çözümler bulmak için kullanılır (Shapiro, 2001).

YZ uygulamalarında GA, çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin, biyoyakıt üretiminde transesterifikasyon işlem parametrelerini optimize etmek için GA kullanılmaktadır (Khanna vd., 2023). Siber güvenlik alanında dağıtılmış ağ saldırıları (DDoS) saldırılarının tespitinde XGB-GA, RF-GA ve SVM-GA gibi genetik algoritma tabanlı optimizasyon yöntemleri kullanılarak yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir (Talpur vd., 2024). Biyodizel üretiminde de genetik algoritma tabanlı bir YZ aracı olan GA-ESIM, karışım özelliklerini optimize etmek için kullanılmış ve %99,9 gibi yüksek bir biyodizel verimi elde edilmiştir (Cheng vd., 2016).

GA, gelişmekte olan bir alan olan genetik tabanlı makine öğreniminde kullanılmaktadır. GA makine öğrenimi için üç faktör açısından önemlidir. İlk olarak, gradyan tabanlı tekniklerin uygulanmadığı ayırık uzaylarda çalışır. Bu, kural kümelerini, sinir ağı yapılarını, hücresel otomasyon makinelerini ve daha fazlasını kontrol etmek için kullanılabilir. Bu şekilde, stokastik yüksek ölçekleme ve optimizasyon algoritmaları da dikkate alınabilirken bu kullanılabilir. İkinci olarak, bunlar güçlendirilmiş öğrenme teknikleridir. Öğrenme tekniğinin verimliliğini değerlendirmek için belirli bir değişken olan uygunluk kullanılır (Alam vd., 2020).

GA, farklı dijital görüntüleme faaliyetleri ve eşdeğer ağır piksel algoritmaları için kullanılabilir. Görüntülerin segmentasyonu, görüntü işleme alanındaki temel sorunlardan biridir. Bu sorunu çözmek için birçok etkili yöntem mevcuttur. Böyle bir yöntemin amacı, dijital görüntüyü genetik veya kavramsal benzerliklere dayalı olarak birden fazla bölüme ayırmaktır. Amacı, görüntülerin segmentasyonunda GA'nın uygulanmasını araştırmaktır (Alam vd., 2020).

GA, konuşma tanıma ve makine görme gibi örüntü sınıflandırma görevlerine başarıyla uygulanmıştır. Giriş özelliklerinin sayısını önemli ölçüde azaltabilir ve doğruluktan ödün

vermeden hesaplama verimliliğini artırabilirler. Örneğin, bir konuşma tanıma görevinde GA'lar, geleneksel yöntemlerle karşılaştırılabilir performans seviyelerini korurken giriş özelliklerinin sayısını 153'ten 33'e düşürdüler. Makine görüşünde GA'lar, sınıflandırma hata oranlarını büyük ölçüde azaltan, orijinal özellikleri kullanarak sinir ağlarından ve k-en yakın komşu sınıflandırıcılarından daha iyi performans gösteren yeni özellikler oluşturabildiler (Chang ve Lippmann, 1990).

2.1.5.4 Robotik

GA, karmaşık problem alanlarını verimli bir şekilde arama ve optimize etme yeteneklerinden yararlanarak robotik alanında çeşitli uygulamalar bulmuştur. Hareket planlama, kontrol, öğrenme ve adaptasyon gibi uygulamalar, GA'nın robotikteki çeşitli zorlukları ele almada çok yönlülüğünü sergilemektedir.

GA, üç boyutlu ortamlarda insansız hava araçlarının (İHA) yol planlamasına etkili bir şekilde uygulanmıştır. Bu yaklaşım, İHA'ların hem statik hem de dinamik engellerde gerçek zamanlı olarak gezinmesine ve yörüngelerini verimlilik ve güvenlik için optimize etmelerine olanak tanır (Gutierrez-Martinez vd., 2024).

Statik ortamlarda, mobil robotlar için en kısa yolu belirlemek için GA'lar kullanılmıştır. Bu uygulama, robotların karmaşık düzenlerde verimli bir şekilde gezinmesi gereken endüstriyel ortamlarda çok önemlidir. GA yaklaşımı, çeşitli yapılandırmalarda optimal yolları bulmada %93'lük bir başarı oranı göstermiştir (Lestari vd., 2023).

Enerji yakalamayı en üst düzeye çıkarmak için güneş panellerini ayarlayan güneş izleyici robotlarının hassasiyetini artırmak için GA kullanılmıştır. İzleme algoritmasını geliştirerek, GA sistemin güneşin yolunu doğru bir şekilde takip etme yeteneğini geliştirir (Szabo ve Ricman, 2023).

Robotik manipülatörler alanında, GA hesaplamalı tork/bulanık mantık denetleyicileri tasarlamak için kullanılır. Bu kontrolörler, bulanık kurallar kümesini ve bulanık kümelerin alanlarını optimize ederek GA'dan yararlanır, bu da geleneksel yöntemlere kıyasla daha sağlam kontrol sistemleri ile sonuçlanır (Porter ve Zadeh, 1996).

2.1.5.5 Finans

GA, portföy optimizasyonu, finansal güvenlik ve algoritmik ticaret gibi karmaşık sorunlara yenilikçi çözümler sunan finans alanında çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Doğal seçim ilkelerinden esinlenen bu algoritmalar, özellikle değişken ve hızla değişen piyasa ortamlarında faydalı olan finansal karar vermeye dinamik ve esnek bir yaklaşım sağlar.

GA, riski yönetirken getirileri en üst düzeye çıkararak yatırım portföylerini optimize etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Portföy seçimiyle ilişkili NP-zor sorunların karmaşıklığını verimli bir şekilde ele alarak Markowitz modeli gibi geleneksel yöntemlere sağlam bir alternatif sunmaktadır (Varela vd., 2021).

Sinir ağlarının GA'la entegrasyonu, geleneksel modellere kıyasla gelişmiş tahmin doğruluğu ve gerçek zamanlı hesaplama verimliliği ile finansal risk modellemesinde önemli gelişmeler göstermiştir (Xie, 2024).

GA, piyasa koşullarına göre hisse senedi ve borç menkul kıymetleri arasındaki varlık tahsislerinin ayarlanmasına izin veren dinamik portföy seçimi için modeller geliştirmek için kullanılır. Bu yaklaşımın, özellikle piyasa oynaklığı dönemlerinde önemli getiri sağladığı gösterilmiştir (Dashti vd., 2007).

2.1.5.6 Biyoinformatik

GA, optimal çözümler için büyük, karmaşık alanları verimli bir şekilde arama yeteneklerinden yararlanarak biyoinformatikte önemli uygulamalar bulmuştur. Doğal seçim ve genetik ilkelerinden esinlenen bu algoritmalar, biyoinformatikte yaygın olan optimizasyon ve örüntü tanıma içeren problemler için özellikle çok uygundur. GA'nın uyarlanabilirliği ve sağlamlığı, onları dizi hizalamasından protein yapısı tahminine kadar sahadaki çeşitli zorlukların üstesinden gelmek için güçlü bir araç haline getirir.

GA'nın tıbbi tanıda uygulanması, tespit ve tedavi süreçlerini optimize etmek için kullanıldıkları, doğruluk ve verimlilik açısından geleneksel yöntemlerden daha iyi performans gösteren kanser tahmini ve sınıflandırmasına kadar uzanır (Iglesias ve Gálvez, 2023).

GA, farmakokinetik özellikleri tahmin ederek ve ilaç tasarım süreçlerini optimize ederek ilaç keşfinde önemli bir rol oynar (Khan, 2024).

Protein yapısı tahmini alanında, GA enerjik ve yapısal olarak uygun konformasyonları keşfetmek için kullanılır. Bir hibrit protein temsili ve spesifik genetik operatörler kullanarak, GA protein yapılarını önemli bir doğrulukla tahmin edebilir (Schulze-Kremer, 1993).

2.1.6 Genetik algoritmaların avantajları ve dezavantajları

GA, doğal seçim ve genetik ilkelerinden ilham alan bir optimizasyon ve arama teknikleri sınıfıdır. Büyük ve karmaşık arama alanlarını verimli bir şekilde keşfetme yetenekleri nedeniyle YZ, mühendislik ve bilgisayar bilimi gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. GA'lar özellikle esneklikleri ve uyarlanabilirlikleri nedeniyle değerlidir, bu da onları makine öğreniminden proses kontrolüne kadar çok çeşitli uygulamalar için uygun hale getirir. Bununla birlikte, herhangi bir hesaplama yöntemi gibi hem avantajları hem de dezavantajları vardır.

GA avantajları şunlardır:

1. GA oldukça uyarlanabilir ve malzeme bilimi, mühendislik ve optimizasyon görevleri dahil olmak üzere çeşitli alanlardaki çok çeşitli sorunlara uygulanabilir.
2. GA geniş bir arama alanını etkili bir şekilde keşfetmek için tasarlanmıştır.
3. GA aynı anda birçok çözümle çalıştığı için kolayca paralel şekilde uygulanabilir ve daha hızlı hesaplamalara izin verir.
4. GA ani değişikliklere karşı istikrarlı çalışabilir.
5. GA performanslarını artırmak için sinir ağları veya yerel arama yöntemleri gibi diğer hesaplama teknikleriyle birleştirilebilir.

GA'nın dezavantajları şunlardır:

1. GA özellikle büyük popülasyonlar veya karmaşık problemler için önemli hesaplama kaynakları gerektirebilir.
2. GA'nın performansı, popülasyon büyüklüğü, mutasyon oranı ve çaprazlama oranı gibi parametrelerin seçimine duyarlı olabilir.
3. GA iyi çözümler bulmada etkili olsa da mutlak en iyi çözümü bulmayı garanti etmezler.
4. Belirli bir problem için bir GA tasarlamak karmaşık olabilir ve hem problem alanının hem de algoritmanın kendisinin derinlemesine anlaşılmasını gerektirebilir (Paszkowicz, 2009).

2.2 Metin Madenciliği

2.2.1 Metin madenciliği kavramı

Metin madenciliği, yapılandırılmamış metin verilerinin büyük koleksiyonlarından faydalı bilgi ve kalıpları çıkarma işlemidir. Bu verilerden daha önce bilinmeyen, anlaşılabilir ve pratik bilgilerin keşfedilmesine yardımcı olarak bu bilgiyi anlamayı ve kullanmayı kolaylaştırır (Zhang vd., 2015).

Metin madenciliğinin temel amacı, yapılandırılmamış metni nicel olarak analiz edilebilen yapılandırılmış verilere dönüştürmektir. Bu, araştırmacıların ve analistlerin, yalnızca metni okumaktan hemen anlaşılamayabilecek içgörülerini ortaya çıkarmalarına yardımcı olur (Hyndman ve Pill, 2017).

Metin madenciliği veri toplama, ön işleme, analiz gibi süreçleri içermektedir. Metin madenciliği sürecindeki ilk adım, analiz edilecek metin verilerini tanımlamak ve anlamaktır. Bu, makalelerden, kitaplardan veya sosyal medya gönderilerinden herhangi bir şey olabilir. Araştırmacıların ne tür bir bilgi aradıklarını ve analiz ettikleri metinlerin bağlamını bilmeleri gerekir. Veriler anlaşıldıktan sonra, bir sonraki adım ilgili metinleri toplamaktır. Bu, akademik veri tabanları, kütüphaneler veya çevrimiçi depolar gibi çeşitli kaynaklardan belge toplamayı içerebilir. Kütüphaneler genellikle metin madenciliği için çok önemli olan bu veri kümelerine erişim sağlar. Toplanan veriler analiz başlamadan önce metin verileri temizlenmeli ve hazırlanmalıdır. Bu, biçimlendirme sorunları veya durdurma kelimeleri gibi alakasız bilgilerin kaldırılmasını içerir (önemli anlam eklemeyen “and”, “the”, gibi yaygın kelimeler). Ön işleme, verilerin daha yönetilebilir ve analize hazır hale getirilmesine yardımcı olur. Analiz sürecine geçildiğinde metin içindeki kalıpları, ilişkileri ve temaları tanımlamak için algoritmalar ve yazılım araçları kullanılır. Bu, kelime frekanslarını saymayı, terimlerin birlikte oluşumunu belirlemeyi ve verilerin görsel temsillerini oluşturmayı içerir. Son olarak, araştırmacıların analizlerinin sonuçlarını yorumlamaları gerekir. Bu, metin madenciliği süreci sırasında keşfedilen kalıplara ve içgörülere dayalı sonuçlar çıkarmayı içerir. Bulgular yeni sorulara veya daha fazla araştırma fırsatına yol açabilir (Wallace ve Feeney, 2018).

Metin madenciliği, değerli içgörüler elde etmek için yapılandırılmamış metin verilerinin gücünden yararlanan çeşitli alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Sosyal medya,

e-postalar ve akademik makaleler dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen yapılandırılmamış verileri analiz etmek için büyük veri analitiğinde yaygın olarak uygulanmaktadır (Hassani vd., 2020).

Metin madenciliği yöntemleri bibliyometrik analizlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir ve araştırmacıların akademik yayınların içeriğini incelemelerine ve araştırma eğilimlerini belirlemelerine olanak tanır. Bu yöntemler, büyük hacimli metin verilerini işlemek için hesaplama tekniklerinden yararlanır, gelişen araştırma manzaralarının anlaşılmasını sağlayan anlamlı kalıplar ve içgörüler çıkarır. Bibliyometrik analizlerde metin madenciliği uygulayarak, araştırmacılar bir alanın entelektüel yapısını haritalayabilir, ortaya çıkan konuları belirleyebilir ve çeşitli yayınların ve yazarların etkisini değerlendirebilir (Cobo vd., 2011).

2.2.2 Konu modelleme analizi

Konu modelleme, sınıflandırılmamış metin büyük koleksiyonlarını analiz etmek için metin madenciliğinde kullanılan bir tekniktir. Sık sık birlikte ortaya çıkan kelimeleri gruplandırarak metin içindeki temaları veya konuları belirlemeye yardımcı olur. Bu, araştırmacıların belgelerin altında yatan yapıyı anlamalarını sağlar.

Konu modellemesinin temel amacı, kelime kullanımındaki kalıpları keşfetmek ve benzer temaları paylaşan belgeleri birleştirmektir. Ayrıca bağlamlarına göre kelimelerin farklı anlamlarını ayırt edebilir (Alghamdi ve Alfalqi, 2015).

Konu modelleme algoritmaları belgelerdeki kelimeleri analiz eder ve birlikte ortaya çıkmalarına göre konular halinde gruplandırır. Örneğin, belirli kelimeler sıklıkla birlikte görünüyorsa, muhtemelen aynı konuyla ilgilidir. Bu süreç, büyük veri kümelerini düzenlemeye ve özetlemeye yardımcı olur (Kherwa ve Bansal, 2018).

Konu modelleme için en yaygın yöntem Latent Dirichlet Allocation (LDA)'dır. LDA, belgelerin konuların karışımları olduğunu ve her konunun bir kelime dağılımı ile karakterize edildiğini varsayar. Algoritma, mevcut konuları ve ilişkilerini çıkarmak için belgelerdeki kelimeleri analiz eder (Debortoli vd., 2016).

Genel olarak, konu modelleme, büyük metin veri kümelerinden içgörüler çıkarmak için güçlü bir araçtır. Araştırmacılar ve analistler, altta yatan konuları anlayarak daha iyi kararlar alabilir ve üzerinde çalıştıkları veriler hakkında daha derin bilgiler edinebilirler (Zhao vd., 2015).

2.3 Bibliyometri

2.3.1 Bibliyometri kavramı

Bibliyometri, bilimsel bir alanda bilginin üretimini ve yayılmasını ölçmek için kullanılan nicel bir istatistiksel tekniktir. Belirli araştırma alanlarının gelişimini izlemek için kullanılan bir araç görevi görür (Bienert vd., 2015). Belirlenen alanlardaki araştırmanın etkisini ve gelişimini anlamak için makalelerin sayısı, alıntı ve yazarlık kalıpları gibi yayınların çeşitli yönlerini ölçmeye odaklanır.

Bibliyometrinin birincil amacı, akademik yayınların etkisini ve aralarındaki ilişkileri ölçmek ve analiz etmektir. Bu, araştırmadaki eğilimleri, belirli çalışmaların etkisini ve bilimsel literatürün genel manzarasını anlamaya yardımcı olur (Harinarayana, 2015).

2.3.2. Bibliyometrinin tarihsel gelişimi

Bibliyometri, terim, kitap veya bibliyografya anlamına gelen “biblio” ve ölçümle ilgili olan “metrikleri” birleştirir (Retno vd., 2023). “Bibliyometri” terimi, 1969'da Pritchard tarafından tanıtıldı. Bunu matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin kitaplara ve diğer iletişim araçlarına uygulanması olarak tanımladı. Bu tanım, kayıtlı bilgileri disiplinler arasında analiz etmek için kitaplar, makaleler ve alıntılar dahil olmak üzere çeşitli edebiyat biçimlerinin sayılmasını vurgular (Pritchard, 1969).

İlk dikkate değer bibliyometrik çalışma, 1543'ten 1860'a kadar karşılaştırmalı anatomi literatürü üzerinde yapılmıştır. Bu çalışma, kitap ve dergi başlıklarını saymayı ve bunları ülke ve zaman dilimine göre sınıflandırmayı içeriyordu. Bir başka önemli erken çalışma, 1923'te İngiliz Uluslararası Bilimsel Edebiyat Kataloğundaki girişleri analiz eden ve bilimsel literatürün büyümesinin anlaşılmasına katkıda bulunan Hulme tarafından yapıldı (Thanuskodi, 2010).

Bradford 1934 tarihli makalesi, literatürün dergiler arasında nasıl dağıldığını ve bibliyometride temel bir kavram oluşturan Bradford Saçılma Yasasını tanıttı (Questão ve Alegre, 2006).

1960'larda Science Citation Index (SCI) kuran Eugene Garfield gibi öncülerin çalışmaları, alıntı analizi için araçlar sağlayarak alanı önemli ölçüde geliştirdi (Tutar vd., 2023).

Bibliyometri, Pritchard temel tanımıyla başlayan ve disiplinler arası bilimsel iletişimin dinamiklerini değerlendirmek ve anlamak için önemli bir araç haline gelen zengin bir tarihsel gelişime sahiptir. Günümüzde gelişmiş veri analitiği ve görselleştirme tekniklerini içermiştir. Bu yenilikler, araştırmacıların büyük veri kümelerini daha etkili bir şekilde analiz etmelerini sağlayarak alıntı ağlarına ve akademik topluluktaki belirli yayınların veya yazarların etkisine ilişkin içgörüler sağlamaktadır.

2.3.3. Bibliyometri yasaları

Bibliyometri yasaları, bilimsel çalışmaların nicel analizi olan bibliyometri alanındaki temel ilkelerdir. Bu yasalar, yayın kalıplarını, alıntı ve bilimsel literatürün çeşitli disiplinler arasında dağılımını anlamayı sağlar. En dikkate değer bibliyometrik yasalar arasında Lotka yasası, Bradford yasası ve Zipf yasası bulunmaktadır (Esh ve Ghosh, 2025).

2.3.3.1. Lotka yasası

1926'da Alfred J. Lotka tarafından formüle edilen bu yasa, yazarların bilimsel literatürdeki üretkenliğini tanımlar (Lotka, 1926). Az sayıda yazarın toplam literatürün büyük bir bölümünü ürettiğini, birçok yazarın ise yalnızca birkaç yayına katkıda bulunduğunu belirtir. Örneğin, 100 yazarın her biri bir yayın üretirse, yaklaşık 25'i iki yayın üretecek ve sadece birkaçı üç veya daha fazla yayın üretecektir. Bu model, bilimsel üretkenliğin yazarlar arasında eşit olmayan bir şekilde dağıldığını göstermektedir (Retno vd., 2023).

2.3.3.2 Bradford yasası

1934'te Samuel C. Bradford tarafından tanıtilen bu yasa, makalelerin dergiler arasında dağılımı ile ilgilidir (Bradford, 1934). Dergileri belirli bir konu için üretkenlik sırasına göre listerseniz, yüksek verimli dergilerden oluşan küçük bir çekirdek bulacağınızı ve ardından daha az üretken

dergilerin daha fazla sayıda çekirdeğini bulacağınızı önerir. Bu yasa, bilginin farklı dergilere nasıl dağıldığını anlamaya yardımcı olmakta ve kütüphane koleksiyonlarının geliştirilmesinde fayda sağlamaktadır. (Araújo, 2006).

2.3.3.2 Zipf yasası

George Zipf tarafından 1949'da formüle edilen bu yasa, bir metindeki kelimelerin sıklığı ile ilgilidir (Araújo, 2006). Kelimeleri sıklıklarına göre sıralarsanız, bir kelimenin sıralamasının ve sıklığının çarpımı sabit olduğunu belirtir. Bu, birkaç kelimenin çok sık kullanıldığı, çoğu kelimenin nadiren kullanıldığı anlamına gelir. Zipf yasası, dil kullanımının ekonomisini vurgular ve dilbilim ve bilgi edinme gibi alanlarda önemlidir. Bu kavram, belgelerin indekslenmesine ve bilimsel yazımda kullanılan dili anlamada yardımcı olabilir (Retno vd., 2023).

2.3.4 Bibliyometrinin analiz yöntemleri

Bibliyometri analiz yöntemleri, akademik literatürü incelemek için kullanılan nicel tekniklerdir. Bu yöntemler, yayınlar, yazarlar ve dergiler arasındaki atıf kalıplarını ve ilişkilerini analiz ederek, araştırmacıların bir alanın yapısını ve dinamiklerini anlamasına katkı sağlar. Bir yayına başkaları tarafından ne sıklıkla atıf yapıldığını atıf analizi sayar. Bir alanda etkili çalışmaların tanımlanmasına yardımcı olur. Atıf sayısının fazla olduğu yayın daha fazla önem görmektedir (Zupic ve Čater, 2015).

Bibliyometri, bilimsel haritalama tekniğiyle araştırma alanlarının yapısını ve dinamiklerini analiz etmeyi ve görselleştirmeyi için sağlamaktadır. Bilimsel haritalama tekniği, bir araştırma alanının entelektüel, sosyal veya kavramsal yapısından bilginin çıkarılmasını ifade eder. Farklı araştırma alanlarının nasıl birbirine bağlı olduğunu ve bilginin zaman içinde nasıl geliştiğini anlaşılmasını sağlar (Gutiérrez-Salcedo vd., 2017a). Bilimsel haritalamanın birincil amacı, yazarlar, kurumlar ve araştırma konuları gibi çeşitli bilimsel varlıklar arasındaki ilişkileri görselleştirmektir. Bu görselleştirme, eğilimleri, ortaya çıkan alanları ve bir alandaki araştırma faaliyetlerinin genel etkisini belirlemeye yardımcı olur.

Bibliyometrinin bir diğer analizi, ortak atıf ve bibliyografik birleştirme yöntemleridir. Ortak atıf ile iki belgenin birlikte ne sıklıkla atıf yapıldığını inceler. İki makale birlikte atıf yapılıyorsa,

içerik olarak ilişkili olduklarını gösterir. Bu yöntem, bir alanın yapısının haritalanmasına yardımcı olur. Bibliyografik birleştirme ise iki belgenin kaç referans paylaştığına bakar. Ortak referansları ne kadar fazlaysa, o kadar benzer oldukları düşünülür. Bu yöntem, araştırma çalışmaları arasındaki bağlantıları belirlemek için kullanışlıdır (Zupic ve Čater, 2015).

Bibliyometri, ortak kelime analizi ile belgelerde birlikte görünen anahtar kelimelerin sıklığını inceler. Kelimeler arasındaki ilişkileri analiz ederek bir araştırma alanındaki temaları ve kavramları belirlemeye yardımcı olur (Sancho, 1990).

Bibliyometri analiz yöntemleri ile akademik ortamı anlamak, araştırmacılara literatür incelemelerinde rehberlik etmek ve alanlarındaki önemli katkıları belirlemelerine bakış açısı sağlamaktadır.

2.3.5 Bibliyometrinin önemi

Bilimsel çalışmaların artmasıyla, bilgiye ulaşım ve bilgiyi anlamlandırma önem kazanmıştır. Bibliyometri, bu doğrultuda çalışma alanlarında yapılan yayınlara ulaşmada, yayınların mevcut durumunu değerlendirmede ve gelecekteki eğilimlerini belirlemede önemli bir yöntem olmuştur (Zupic ve Čater, 2015). Araştırma eğilimlerini haritalama ve ortaya çıkan alanları belirleyerek bibliyometri, araştırmacılar ve kurumlar için stratejik planlama ve karar vermede yardımcı olur. VOSViewer ve CiteSpace gibi araçlar, bu eğilimlerin görselleştirilmesini kolaylaştırarak iş birliği fırsatlarını ve az keşfedilen alanları belirlemeyi kolaylaştırır (Al Barra vd., 2024).

Bibliyometri, bilimsel çıktıları ölçerek araştırmanın etkisini değerlendirmede önemli bir rol oynar. Bilimsel yayınların hacmi hızla arttığından ve geleneksel incelemenin daha zorlayıcı hale gelmesinden dolayı bibliyometrinin öneminin anlaşılmasını sağlamaktadır (Agarwal vd., 2016).

Bibliyometri, araştırma etkisini değerlendirmek, kariyer gelişimine rehberlik etmek ve bilimsel katkıların kapsamlı bir görünümünü sağlamak için büyük önem taşır. Araştırmacıların bilginin bir alanda nasıl yayıldığını belirlemeleri için gerekli olan bilimsel iletişim kalıplarını anlamaya yardımcı olur. Bununla birlikte, bu metrikleri akıllıca kullanmak, sınırlamalarını göz önünde bulundurmak ve nitel değerlendirmelerle tamamlamak esastır (Agarwal vd., 2016).

Sonuç olarak bibliyometri, bilimsel literatürün analizi ve değerlendirilmesinde çok önemli bir araçtır ve araştırma eğilimleri, üretkenlik ve etki hakkında içgörüler sunar. Yayınların, yazarların ve dergilerin etkisini değerlendirmek için nicel yöntemler kullanır, böylece akademik, politika ve kurumsal stratejileri şekillendirir.

2.3.6 Bibliyometrinin uygulama alanları

Akademik literatürün nicel analizi olan bibliyometri, çeşitli alanlarda çeşitli uygulamalara sahiptir. Öncelikle araştırma çıktısını değerlendirmek, eğilimleri belirlemek ve bilimsel disiplinlerdeki son durumu haritalamak için kullanılır. Bu uygulamalar, araştırma değerlendirmesine ve stratejik karar vermeye yardımcı oldukları tıp, sosyal bilimler ve kütüphane ve bilgi bilimi gibi alanlarda özellikle belirgindir. Bibliyometrinin bazı temel uygulama alanları aşağıdadır:

Tıp ve sağlık bilimlerinde bibliyometri, yayın eğilimlerini ve araştırma verimliliğini analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Tıbbi araştırma konularının ve klinik alanların evrimini anlamaya yardımcı olur (Kokol vd., 2020). Bibliyometri, farmakoterapi, hastalık araştırmaları ve daha geniş sağlık bilimlerindeki eğilimleri ortaya çıkarabilir ve yeni bilgilerin ve akademik eğilimlerin keşfedilmesine yardımcı olabilir (Thompson ve Walker, 2015).

Kütüphane ve bilgi bilimi alanında bibliyometri, profesyonellerin araştırmanın etkisini değerlendirmelerine, etkili yazarları belirlemelerine ve dergilerin performansını değerlendirmelerine yardımcı olur. Bu bilgiler, kaynak tahsisi ve kütüphane hizmetleri hakkında bilinçli kararlar vermek için çok önemlidir (Ellegaard, 2018).

Eğitim bilimlerinde, kapsamlı bir literatür taraması yapmak herhangi bir araştırma projesi için önemlidir. Bibliyometri, araştırmacıların önemli çalışmaları kaçırmamasını sağlayarak ilgili makaleleri toplamak için sistematik bir yaklaşım sağlar. Bu kapsamlı anlayış, araştırma sorularını daha etkili bir şekilde çerçevelemeye yardımcı olur (José de Oliveira vd., 2019). Ayrıca alıntı sayılarına ve yayın metriklerine bakarak, araştırmacılar hangi çalışmaların alanı önemli ölçüde etkilediğini belirleyebilirler. Bu, değerli katkıları tanımaya ve farklı eğitim uygulamalarının etkinliğini anlamaya yardımcı olur.

Araştırma ve geliştirme karar verme alanında bibliyometri, yayın kalıplarını analiz ederek hangi konuların popüler olduğunu veya bir alanda ortaya çıktığını ortaya çıkarabilir. Bu bilgiler, araştırma ortamını anlayarak, programlarını mevcut eğitim ihtiyaçları ve eğilimleriyle uyumlu hale getirebilir ve araştırma geliştirme stratejilerinin etkili ve alakalı olmasını sağlayabilirler (Thanuskodi, 2010).

Mühendislik alanında bibliyometri, mühendislik araştırmalarındaki etki ve eğilimleri değerlendirmek için nicel analizin uygulanmasını içerir. Mühendislikteki bilimsel keşiflerin hızlı temposu, artan sayıda yayına yol açmaktadır. Bibliyometrik analiz, bu eğilimleri izlemeye, ortaya çıkan araştırma alanlarını belirlemeye ve mühendislik araştırma ortamının genel sağlığını değerlendirmeye yardımcı olabilir (Valérie ve Pierre, 2010).

Bu uygulama alanları, çeşitli disiplinlerdeki araştırmacılar için bir araç olarak bibliyometrinin çok yönlülüğünü vurgulayarak bilinçli kararlar almalarını ve alanlarına etkili bir şekilde katkıda bulunmalarını sağlar.

2.4 İlgili Çalışmalar

Bibliyometrik analizler, GA gibi kapsamlı alanların detaylı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu tür çalışmalar, alandaki eğilimleri, önemli yayınları ve etkili araştırmacıları belirlenmesini sağlamak için önemli bir yere sahiptir. Literatür incelendiğinde GA alanında öne çıkan araştırmacıları, kurumları, ülkeleri ve dergileri detaylı bir şekilde ele alan çalışmalar bulunmaktadır.

Dao vd., (2017), GA'nın tarihsel süreç boyunca bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. GA ile ilişkili yayınların genel bir görünümü oluşturulmuştur. Bibliyometrik analiz ile GA ile ilgili yayınların büyük bir resmi oluşturulmuştur. GA'nın başlangıcından 2014 yılına kadar genetik algoritma ile ilişkili yayınlar incelenmiştir.

Paszkowicz (2023), GA uygulamalarının gelişimini analiz etmek amacıyla bibliyometrik analiz yapılmıştır. 1989'dan 2022'ye kadar çeşitli bilimsel alanlarda GA uygulamasını ve eğilimlerini tartışarak 2001'den bu yana yayınlarda önemli bir artışı vurgulamaktadır. GA uygulandığı alanlarda da bibliyometrik analiz çalışmaları da bulunmaktadır.

Kaleyber vd., (2023), çalışmalarında 250 yayın üzerinde demiryolu sektöründe GA kullanan çok atıfta bulunulan ve yakın tarihli çalışmaları kapsamakta ve demiryolu optimizasyon problemlerinde GA kullanımının zorlukları ve fırsatlarını sunmaktadır.

Ding vd., (2021), GA, küresel optimizasyon arama algoritması olarak arazi kullanım optimizasyonu alanında yaygın bir şekilde kullanıldığını belirtmiştir. GA arazi kullanım optimizasyonunda WoS'tan 1995'den 2020'ye kadar yayınlanmış 1154 ilgili belge üzerinden bibliyometrik analiz yapılmıştır. GA arazi kullanımı optimizasyonundaki mevcut durumu ve gelişim eğilimleri bibliyometrik analiz yöntemiyle araştırılmıştır. Ayrıca, temel yazarlar, araştırma kurumları ve yüksek atıf alan literatür açısından görselleştirme ağı da gösterilmiştir.

Luo vd., (2023), “Klasik algoritmaların yeniden canlanması: Bibliyometrik Bir ÇalışmaSinir Ağları ve Genetik Algoritma Trendleri” adlı çalışmasında Social Science Citation Index (SSCI) veri tabanında arama yapmak için “genetik algoritma” anahtar kelimelerini kullanarak 878 GA trendleri analiz edilmiştir. 2002'den 2021 yılları arasında bulunan yayınlar üzerinden bibliyometrik analiz yapılmıştır. Bibliyometrik analiz ile atıf eğilimi, araştırma kurumu ve yayın yapan ülkeler hakkında sonuçlar elde edilmiştir.

Rahimi vd., (2022), çalışmalarında NSGA-II, 2000 yılında yayımlanmasından bu yana çeşitli arama ve optimizasyon problemlerine uygulanmış bir evrimsel çok amaçlı optimizasyon algoritmasıdır. NSGA-II'nin çizelgeleme problemlerini ele almak için yapılan çeşitli uyarlamalarının bir incelemesini ve bibliyometrik analizini sunmaktadır. Scopus ve WoS veri tabanlarından elde edilen veriler kullanılarak anahtar kelime ve ağ analizleri yapılmıştır.

Lam vd., (2024), GA lojistik ve tedarik zinciri alanındaki uygulamalarını inceleyen bir bibliyometrik analiz yapmışlardır. Çalışma, 1991-2024 yılları arasındaki WoS verilerine dayanmaktadır. GA optimizasyon karmaşıklıklarını aşmak için kullanıldığı ve paralel hesaplama yapısına uygun olduğu vurgulanmaktadır. Yazarlar, yıllar içinde yayın ve atıf sayılarında artan bir eğilim bulmuşlardır.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, GA'nın bilimsel yayınlarda kullanımının metin madenciliği yaklaşımı ile bibliyometrik analizi yapılması üzerine kurulmuştur. Çalışmanın yöntemi, GA'nın güncel durumu, uygulama alanları ve eğilimleri araştırılmıştır. Araştırma yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır. Çalışmada kullanılacak uygun veri seti oluşturulmuştur. Veri setinin ön işleme yapılarak analiz için uygun hale getirilmiştir. Verilerin analizi metin madenciliği yaklaşımı ile bibliyometrik analiz yöntemleri uygulanmıştır. Son olarak raporlama ve görselleştirme işlemi yapılmıştır. Tablo 1'de bu aşamaları gösterir.

Tablo 1. Yöntem aşamaları

Aşamalar	Adımlar
Veri Setinin Oluşturulması	• Veri kaynağı olarak WoS (WOS) veri seçilmesi • Seçilen veri kaynağından alanına özgü yayınları indirme
Veri Ön İşleme	• Büyük harfleri küçük harflere dönüştürme • Sayıları, bağlantıları, etiketleri, noktalama işaretlerini ve durdurma kelimelerini çıkarma • Tekrarlayan kelimelerin düzeltilmesi • Yazarların, ülkelerin ve kurumların, anahtar kelimelerin düzeltilmesi
Veri Analizi	• Bibliyometrik analiz ve teknikleri • Konu modelleme analizi için GDA modelini uygulama
Raporlama ve Görselleştirme	• VOSviewer ve Biblioshiny ile bulguları raporlama

3.1. Veri Setinin Oluşturulması

Çalışmanın veri setini oluşturmak için uygun bir arama yöntemi belirlenmiş ve bu yönde öncelikle bibliyometrik veri tabanının seçimi yapılmıştır. GA ile ilgili yayınlar, WoS üzerinden araştırılmıştır. WoS çok çeşitli disiplinleri kapsar ve bu da onu multidisipliner araştırmalar için uygun hale getirir. WoS, araştırmacıların birlikte alıntı, birlikte oluşum ve küme tespiti gibi çeşitli bibliyometrik analiz türlerini gerçekleştirmelerini sağlayan gelişmiş analitik araçlar sunar. Bu araçlar, akademik yayıncılıkta entelektüel temelleri, araştırma cephelerini ve ortaya çıkan eğilimleri belirlemeye yardımcı olur (Yan ve Zhiping, 2023). Veri tabanının kapsamlı uluslararası yayınları kapsamı, araştırmacıların çeşitli araştırma alanlarındaki farklı ülke ve kurumların performansını ve etkisini değerlendirmelerine olanak tanır. WoS, bibliyometrik

analizlerin güvenilirliğini ve geçerliliğini sağlamak için çok önemli olan yüksek kaliteli verileriyle bilinir. Veri tabanının titiz indeksleme kriterleri, yalnızca saygın ve etkili yayınların dahil edilmesini sağlar (Ülker vd., 2022). Bu çalışma için WoS kullanılmasında bu etkenler önemli rol oynamıştır.

WoS veri tabanında GA kapsamındaki yayınlara ulaşmak için sorgulama yapılmıştır. Sorgulamada *genetic algorithm*, *genetic algorithms*, *artificial intelligence* anahtar kelimelerini içeren çalışmalar seçilmiştir. Yapılan sorgulama ile GA alanına ait günümüze kadar tüm yayınlar listelenmiştir. Yapılan incelemelerde 28.01.2025 tarihi itibarıyla 1989 yılından bugüne 2.143 doküman elde edilmiştir. Bu işlem sonucunda veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri seti Text ve BibTex formatında indirilmiştir. Tablo 2’de çalışmaya ait dahil etme ve hariç tutma kriterleri belirlenmiştir.

Tablo 2. Dahil etme ve hariç tutma kriterleri

Kriterler	Dahil etme ayrıntıları	Hariç tutma ayrıntıları
Veritabanı seçimi	WoS ’da indekslenen belgeler	WoS ‘da indekslenmeyen belgeler
Zaman çerçevesi	Geçmişten günümüze	
Belge türleri	Tüm yayın türleri	
Anahtar kelimeler	(“genetic algorithm” and “genetic algorithms” and “artificial intelligence”)	Belirlenen anahtar terimlerin olmadığı yayınlar

3.2. Veri Ön İşleme

WoS üzerindeki veriler çeşitli kaynaklardan toplandığından dolayı kaynakların farklı formatlarda olması muhtemeldir. Bu nedenle, veri setinin formatında tutarlılık sağlamak amacıyla verilerin ön işleme yapılması gerekmektedir. Sonuçların doğruluğu açısından ön işleme yapılması büyük bir etkiye sahiptir. Ön işleme, veri tabanlarından alınan verilerdeki yinelenen kayıtların tanımlanmasına ve kaldırılmasını sağlar. Bu sayede tekrarlanan yayınlar hem analizi bozabilir hem de gerçekçi olmayan yayın istatistikleriyle yanıltıcı sonuçlara yol açabilir. Ön işleme, eksik yazar bağlantıları veya yayın ayrıntıları gibi eksik bilgilerle ilgili sorunların ortadan kaldırılması sağlar. Bu sayede, verileri temizlenerek bu boşlukların etkisini

en aza indirebilir, bu aksi takdirde bibliyometrik analizde hatalara yol açabilir (Alryalat vd., 2019).

Bu çalışmada WoS'tan elde edilen verilerin güvenilir ve tutarlı olabilmesi için veri temizleme, normalleştirme ve dönüştürme süreçleri sistematik olarak uygulanmıştır. Verilerin ön işleme sürecinde Python programla dilinde pandas, NumPy, Regex ve Rapid Fuzz kütüphaneleri kullanılmıştır.

Tablo 3'te eksik verilerin kontrol edilerek gerekli düzenlemelerin yapıldığı örnekler gösterilmiştir. Tabloda yazarların ülkelerindeki eksikler tespit edilip yazar adresleri eklenmiştir.

Tablo 3. Yazar adres eksikliklerin tamamlanması

Yazar	Eklenen Adres
Maddalena, DJ	Univ Sydney, Dept Pharmacol, Sydney, NSW 2006, Australia
Hachour, O	Boumerdes Univ, Signal ve Syst Lab, Inst Elect ve Elect Engn, Blvd Independence Boumerdes 35000, Boumerdes, Algeria
Garg, DP; Kumar, M	Duke Univ, Dept Engn Mech, Durham, NC 27708 USA; Duke Univ, Dept Mech Engn ve Matls Sci, Durham, NC 27708 USA
Ghaffari, A; Chaibakhsh, A; Lucas, C	KN Toosi Univ Technol, Dept Mech Engn, Tehran, Iran; Univ Tehran, Dept Elect ve Comp Engn, Tehran, Iran

Tablo 4'te anahtar kelimelerdeki farklılıkların giderilmesi gösterilmiştir. Noktalama ve sayısal ifadelerin metin analizine etki etmemesi için kaldırılmıştır. Anahtar kelimelerdeki eş anlamlı ifadeler standart bir forma dönüştürülmüştür.

Tablo 4. Anahtar kelimelerin standartlaştırılması

Anahtar kelime	Anahtar kelime	Standart anahtar kelime
artificial intelligence	artificial intelligence	artificial intelligence
genetic algorithm	genetic algorithm(ga)	genetic algorithm

Tablo 4. (Devamı)

Anahtar kelime	Anahtar kelime	Standart anahtar kelime
global optimization	global optimisation	global optimization
neural network	neural network(nn)	neural network
optimization	optimisation	optimization

Ülke isimlerindeki farklılar büyük küçük harf, özel karakter ve noktalama işaretlerindeki hatalar düzeltilmiştir. Tablo 5’te düzeltmeler gösterilmiştir.

Tablo 5. Hatalı ülke isimlerinin düzeltilmesi

Hatalı ülke ismi	Düzeltilmiş ülke ismi
turkey	türkiye
australia	australia
romenia	romania
belgium	belgium
mexico	mexico

Tablo 6’da farklı yazımlara sahip yazar isimlerinin standartlaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 6. Standart yazar ismi

Yazar ismi	Yazar ismi	Standart yazar ismi
Herrera, fisco	Herrera, fancisco	Herrera, F
Lozano, M.	Lozano, Manuel	Lozano, M
Cordon, O.	Cordon, Oscar	Cordon, O
Kim, K.J	Kim, Kyoung-Jae	Kim, KJ
Alcala, r.	Alcala, Rafael	Alcala, R

3.3. Veri Analizi

3.3.1. Bibliyometrik analiz

Bibliyometri, bilimsel literatürü matematiksel ve istatistiksel olarak özetleme yapan bir yöntemdir. Bu özetleme, araştırmanın miktarı, kalitesi ve belirli konular, dergiler, yazarlar ve ülkeler üzerindeki etkisi dahil olmak üzere bilimsel üretimin çeşitli yönlerini ölçülmesini sağlamaktadır (Salinas-Ríos ve García López, 2022). Bibliyometrik analiz, araştırma

performansını değerlendirmek ve bilimsel alanları haritalamak için güçlü bir araçtır. Bibliyometrik analiz, performans analizi ve bilimsel haritalama olarak iki ana prosedürü içermektedir.

3.3.1.1. Performans analizi

Performans analizi, bilimsel üretimin kalitesi ve miktarını değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz, belirli bir araştırma alanındaki bilimsel aktörlerin (ülkeler, üniversiteler, departmanlar, araştırmacılar) etkinliği ve bu etkinliği bibliyografik verilere dayalı olarak ölçmesi sağlanmaktadır (Gutiérrez-Salcedo vd., 2017b). Performans analizi, araştırmanın etkisini uluslararası bir perspektiften değerlendirmeyi içerir. Üniversiteler, araştırma enstitüleri ve şirketler gibi farklı bağlamlarda araştırmanın bilgi ve yeniliğe nasıl katkıda bulunduğunu anlamaya yardımcı olur. Analiz çeşitli toplama seviyelerinde yapılabilir. Bu, bireysel araştırmacılara, araştırma gruplarına, tüm üniversitelere ve hatta ülkelere odaklanabileceği anlamına gelir. Bu esneklik, paydaşların değerlendirmeleri kendi özel ihtiyaçlarına göre uyarlamalarına olanak tanır. Performans analizi çeşitli ölçütler bulunmaktadır. Bu ölçütler, yayın sayısı ve eğilimleri, en çok atıf alan yayınlar, en üretken yazarlar, en çok yayın yapan dergiler, en sık kullanılan anahtar kelimeler, hangi kurumlar ve fon sağlayıcıların araştırmaları desteklediğidir. Bu ölçütler sayesinde, yayın sayısı üzerinden alan üzerindeki akademik üretkenliğin anlaşılması ve alandaki üretkenlik veya durgunluk anlaşılabilir. Atıf sayısı ile alanda bilimsel etkisi olan yazarlar, ülkeler ve kurumların tespiti yapılabilir. Bu sayede, alanda karşılaştırma imkânı sağlanmış olur. Performans analizi, bu ölçütler ile hem geçmişe yönelik hem de geleceğe yönelik yol gösterici rolü üstlenmektedir. Tablo 7’de performans analizi ölçütlerini vermektedir.

Tablo 7. Performans analiz ölçütleri

Ölçütler	Açıklama
Yayın sayısı	Yazar, kurum veya ülke tarafından üretilen toplam yayın sayısıdır.
En çok atıf alan yayınlar	Diğer araştırmacılar tarafından en fazla referans gösterilen çalışmadır.
En üretken yazarlar	Araştırma alanında veya zaman diliminde en fazla yayın yapan araştırmacılarıdır.

Tablo 7. (Devamı)

Ölçütler	Açıklama
En çok yayın yapan dergiler	Araştırma alanında genel olarak yıllar içinde en fazla akademik makale yayınlayan dergilerdir.
En sık kullanılan anahtar kelimeler	Belirli araştırma alanında yayınlarda en çok tekrar eden ve alanın odak noktalarını yansıtan terimlerdir.
Kurum ve fon sağlayıcılar	Araştırmaların alanında finansal olarak desteklenmesini sağlayan resmi kuruluşlar, özel şirketler, vakıflar veya uluslararası organizasyonlardır.

3.3.1.2. Bilimsel haritalama

Bilimsel haritalama, bilimsel araştırmanın yapısını ve dinamiklerini görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. Farklı araştırma alanlarının nasıl bağlantılı olduğunu ve zaman içinde nasıl geliştiklerini anlamaya yardımcı olur (Moral-Munoz vd., 2019). Bilimsel haritalamanın temel amacı, çeşitli bilimsel yayınlar, yazarlar ve araştırma konuları arasındaki ilişkiler hakkında fikir sağlamaktır. Bu, araştırmacıların eğilimleri, ortaya çıkan çalışma alanlarını ve belirli çalışmaların bir alandaki etkisini belirlemelerini sağlamaktadır. Bir araştırma alanının bütünsel bir görünümünü sağlayarak, bilimsel haritalama araştırmacılara, politika yapıcılara ve uygulayıcılara bilinçli kararlar vermede yardımcı olabilir. Ayrıca belirli bir alandaki kilit oyuncular ve kurumları belirleyerek iş birliğini kolaylaştırabilir. Tablo 8’de bilimsel haritalama teknikleri ve kullanımları, analiz birimleri ve veri gereksinimleri gösterilmiştir.

Tablo 8. Bilimsel haritalama teknikleri, analiz birimleri ve veri gereksinimleri (Aydın, 2024)

Atıf Analizi	Açıklama
Yayınlar arasındaki ilişkiler	Yayınların atıflar aracılığıyla nasıl ilişkilendirildiğini inceler ve bilginin zaman içinde nasıl oluşturulduğunu gösterir.
En etkili yayınlar	Atıf sayılarına göre bir alanda en önemli etkiye sahip olan yayınları belirler.
Ortak atıf analizi	Açıklama
Atıf yapılan yayınlar arasındaki ilişkiler	İki belgenin birlikte atıf alma sıklığını analiz ederek, bunların birbirleriyle olan ilişkilerini gösterir

Tablo 8. (Devamı)

Ortak atıf analizi	Açıklama
Temel temalar	Belirli bir alandaki araştırmaların temelini oluşturan temel temaları ve öncü çalışmaları belirler
Ortak (Eş) kelime analizi	Açıklama
Konular arasındaki mevcut veya gelecekteki ilişkiler	Konular arasındaki ilişkileri belirlemek için yayınlar içerisinde anahtar kelimelerin veya terimlerin birlikteliği analiz edilir.
Yazılı içerik kelimeleri	Araştırma konularındaki eğilimleri ve kalıpları ortaya çıkarmak için yayınların içeriğine odaklanır.
Bibliyografik bağlantı	Açıklama
Atıf yapan yayınlar arasındaki ilişkiler	Yayınların aynı belgelere yapılan referanslarla nasıl bağlantılı olduğunu inceler ve konu benzerliklerini önerir.
Sürekli veya güncel temalar	Paylaşılan referanslara dayanarak araştırmadaki mevcut ve ortaya çıkan temaları analiz eder.
Ortak yazar analizi	Açıklama
Yazarlar arasındaki sosyal etkileşimleri veya ilişkileri inceler	Yazarlar arasındaki iş birliği modellerini inceler ve araştırmadaki sosyal ağları vurgular.
Yazarlar ve yazar bağlantıları, kurumlar, ülkeler	Araştırma iş birliğinin coğrafi ve kurumsal dağılımını anlamak için yazarların bağlılıkları analiz edilir.

3.3.1.2.1. Atıf analizi

Atıf analizi, bilimsel haritalamada önemli bir rol oynamaktadır. Bu analiz yöntemi, bilimsel yayınlar arasındaki ilişkileri ve etki alanlarını ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Atıf analizi, bir alandaki önemli yayınları, yazarları ve kurumları belirlemeye yardımcı olur (Natale vd., 2012). Bu belirlemeleri yaparken araştırma alanındaki atıf sayısını baz alır. Atıf analizi, bir çalışmaya diğer araştırmacılar tarafından ne sıklıkla atıfta bulunulduğunu anlamaya yardımcı olur, bu da belirli bir alandaki yayının öneminin anlaşılmasını sağlar. Bireysel yazarlara, araştırma gruplarına veya tüm kurumlara uygulanabilir ve akademik topluluğa katkılarına ilişkin içgörüler sağlar.

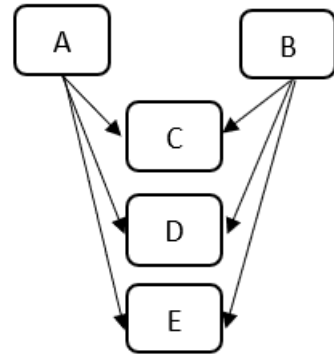
3.3.1.2.2. Ortak atıf analizi

Ortak atıf analizi, belirli bir alanda birlikte atıf yapılan çalışmaları veya yazarları tespit etmek için kullanılır ve araştırma alanındaki entelektüel yapıyı ortaya çıkarmayı sağlayan bir bilimsel haritalama tekniğidir (Hota vd., 2019). Birlikte atıf yapılma iki veya daha fazla yayının birlikte üçüncü bir yayında atıf yapılması durumunda oluşur. Ortak atıf analizi ile araştırma alanındaki temel çalışmaların neler olduğu bulunması sağlanmaktadır. Çalışma alanının alt yapısını oluşturan kaynakların ortaya çıkarılması ve alanın nasıl geliştiği, hangi konuların ön planda olduğunun analizi yapılır. Araştırmacılar tarafından hangi yayınlara öncelik verilmesi gerektiğine dair yol gösterici olur. Ortak atıf analizi alanın hangi konulara ayrıldığını kümeler oluşturarak ortaya çıkarmaktadır. Yoğun bağlantıları olan yayınlar kümelere ayrılır. Kümele analizi ile araştırma alanlarının nasıl gruplandığı ortaya konulur.

3.3.1.2.3. Bibliyografik eşleşme

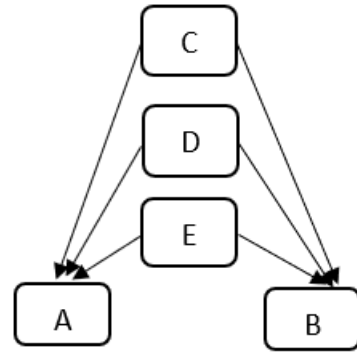
Bibliyografik eşleşme, iki veya daha fazla belge aynı üçüncü belgeden alıntı yaptığında meydana gelir. Bu, birleştirilmiş belgelerin içerik veya araştırma odağı açısından ilişkili olabileceğini düşündüren ortak bir referans noktasını gösterir (Boyack ve Klavans, 2010). Bu yöntem, belgelerin doğrudan entelektüel bağlamını yansıttığı için mevcut araştırma eğilimlerini ve araştırma cephesini belirlemede etkilidir. Referansları paylaşan belgeleri kümeleyerek, bir alandaki araştırmanın mevcut durumuna ilişkin içgörüler sağlayarak araştırma cephesini haritalamak için kullanılır (Jarneving, 2005). Bibliyografik eşleşme genellikle iki belgenin birlikte ne sıklıkta alıntı yapıldığını ölçen ortak atıf analizi ile karşılaştırılır. Bibliyografik eşleşme kaynak belgeleri birbirine bağlarken, birlikte alıntı yapılan belgeleri birbirine bağlar. Bu, bibliyografik eşleşmenin referanslara dayalı sabit bir ilişki olduğu, oysa birlikte alıntı kalıpları geliştikçe zaman içinde değişebileceği anlamına gelir. Bibliyografik eşleşmede yayınlar yayınlandıkları anda birbirleriyle ilişkilendirilir. Şekil 5'te bibliyografik eşleşme ve ortak atıf analizi arasındaki fark gösterilmiştir. Şekilde bibliyografik eşleşmede A ve B yayınları kaynaklarında C, D ve E yayınlarına atıfta bulundukları için bibliyografik olarak birbirlerine bağlanmıştır. Ortak atıf analizinde A ve B yayınları, C, D ve E yayınlarının kaynak listesinde birlikte atıfta bulunulduğu için ilişkilidir.

Bibliyografik eşleşme



Atıfta bulunan yayınlar

Ortak atıf bağlantısı



Atıfta bulunan yayınlar

Şekil 5. Bibliyografik eşleşme ve ortak atıf analizi (Kademani, 2011)

3.3.1.2.4. Ortak kelime analizi

Ortak kelime analizi, akademik literatürdeki anahtar kelimeler arasındaki ilişkileri incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Araştırmacıların bilgi edinme gibi belirli bir çalışma alanında farklı kavramların nasıl bağlantılı olduğunu anlamalarına yardımcı olur (Ding vd., 2001). Ortak kelime analizinin temel amacı, bir araştırma alanının tematik yapısını belirlemek ve görselleştirmektir. Araştırmacılar, yayınlanan makalelerde anahtar kelimelerin birlikte oluşumunu analiz ederek, ortaya çıkan eğilimleri ve kavramların zaman içindeki evrimini tespit edebilirler (Muñoz-Leiva vd., 2012). Alanındaki değişiklikleri ve gelişmeleri izlemek için analiz farklı zaman dilimlerinde yapılabilir. Bu boyutsal yaklaşım, araştırmacıların temaların nasıl geliştiğini ve hangilerinin önem kazandığını veya kaybettiğini görmelerini sağlar. Bu teknik sadece mevcut araştırma durumunu anlamaya yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda gelecekteki yönleri tahmin etmeye de yardımcı olur. Araştırmacılar, hangi temaların ilgi gördüğünü belirleyerek çabalarını gelecekte önemli olması muhtemel alanlara odaklayabilirler. Ortak kelime analizinin sonuçları bibliyometrik haritalar şeklinde sunulur. Bu haritalar, farklı temalar arasındaki ilişkileri görsel olarak temsil eder ve bunların nasıl birbirine bağlı olduklarını gösterir. Bu haritalardaki kürelerin boyutu, her bir temayla ilişkili yayın sayısını gösterebilirken, küreler arasındaki bağlantıların kalınlığı, anahtar kelimeler arasındaki ilişkinin gücünü yansıtır.

3.3.1.2.5. Ortak yazarlık analizi

Ortak yazarlık, bir yayına ortaklaşa katkıda bulunan iki veya daha fazla araştırmacı arasındaki iş birliğini ifade eder. Bibliyometrik çalışmalarda, ortak yayınlarına göre araştırmacılar, kurumlar veya ülkeler arasındaki ilişkileri ve iş birliklerini anlamak için ortak yazarlık ağları analiz edilir (Van Eck ve Waltman, 2014a). Bu ağlar, araştırmacıların bilimsel iş birliğinin çeşitli yönlerini izlemesine ve analiz etmesine olanak tanır. Ortak yazarlığı inceleyerek, araştırmacıların birlikte nasıl çalıştığına, bilimsel toplulukların yapısına ve farklı alanlardaki bilgi akışına dair içgörüler elde edilebilir (Glänzel ve Schubert, 2004). Ortak yazarlık analizi, iş birliği kalıpları, kurumsal ilişkiler, coğrafi eğilimler ve araştırma alanlarının evrimi hakkında değerli bilgiler sağlayarak bilimsel iş birliğinin dinamiklerini anlamaya yardımcı olur.

3.4. Raporlama ve Görselleştirme

Çalışmanın raporlama ve görselleştirmesi VOSviewer ve R Studio Biblioshiny kullanılarak yapılmıştır.

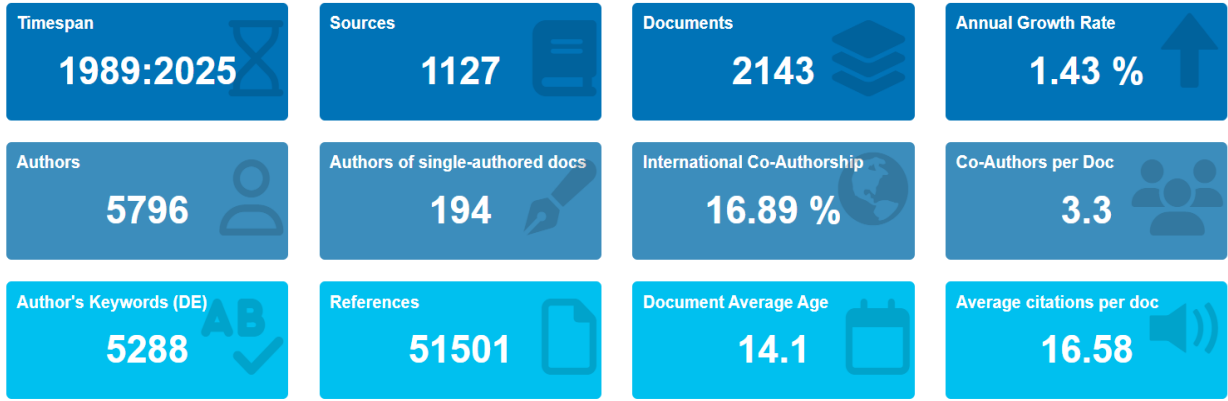
VOSviewer bibliyometrik ağları oluşturmak ve görselleştirmek için tasarlanmış bir yazılım aracıdır. Araştırmacıların alıntı verilerine dayalı olarak yayınlar, yazarlar veya dergiler arasındaki ilişkileri analiz etmelerine yardımcı olur. Bu araç, büyük bibliyometrik veri kümelerini anlaşılır bir şekilde görselleştirmek için özellikle kullanışlıdır (Van Eck ve Waltman, 2017). VOSviewer, yayınları alıntı ilişkilerine göre gruplamak için bir kümeleme tekniği kullanır. İlgili yayınların kümelerini ve bu kümeler arasındaki bağlantıları gösteren görselleştirmeler oluşturur. Görselleştirmedeki her kümenin boyutu, içerdiği yayın sayısını yansıtırken, kümeler arasındaki mesafe alıntılar açısından ne kadar yakından ilişkili olduklarını gösterir. VOSviewer, büyük metin veri kümelerinin analizini sağlayan metin madenciliği işlevlerini içerir. Bu özellik, bilimsel yayınlardan anahtar kelimeler ve özetler gibi metin verileri içindeki ilişkileri ve eğilimleri keşfetmek için kullanışlıdır (Van Eck ve Waltman, 2014b).

Biblioshiny, araştırma yayınlarındaki eğilimleri ve kalıpları belirlemek için Scopus veya diğer bibliyografik veri tabanlarından olanlar gibi büyük veri kümelerinin analizini sağlar. Farklı araştırma konuları, yazarlar ve kurumlar arasındaki ilişkileri görsel olarak temsil eden bibliyometrik haritalar oluşturmak için araçlar sağlar (Taqi vd., 2021).

4. BULGULAR

Bu bölümde, çalışmaya ait bibliyometrik analiz bulguları ve konu modelleme bulguları verilmiştir. Bibliyometrik analiz bulguları, performans analiz bulguları ve bilimsel haritalama olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir.

4.1. Bibliyometrik Analiz Bulguları



Şekil 6. Biblioshiny arayüzünde ana bilgiler

GA'ya ilişkin bibliyometrik analizden elde edilen temel bilgiler Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'da sunulan bibliyometrik analiz, GA üzerine araştırma eğilimleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Toplam 2.143 belge olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalara 5.796 yazar katkıda bulunmuştur. Belge başına ortalama 3,3 ortak yazar ve belgelerin %16,89'u uluslararası iş birlikleri yoluyla üretilmiştir. 5.288 benzersiz anahtar kelimenin çeşitliliği, araştırılan geniş kapsamlı temaları gösterirken, 14,1 yıllık belge yaşı ve belge başına 16,58 atıf ile literatürün güncelliği, bu çalışmanın yüksek alaka düzeyini ve etkisini göstermektedir.

4.1.1. Performans analizi

Performans analizi, bibliyometrik verilere dayalı olarak araştırmacıların, kurumların veya ülkelerin üretkenliğini ve etkisini değerlendirmeyi içerir. Araştırma eğilimlerini, iş birliği kalıplarını ve finansman politikalarının etkinliğini anlamaya yardımcı olur.

4.1.1.1. En fazla katkı sağlayan yazarlar

GA alanında 5.796 yazar araştırmaya katkıda bulunmuştur. En az 5 yayını olan 24 yazarın yer aldığı atıf analizi sonucunda en yüksek toplam bağlantı güç (TBG) değerine sahip ilk 15 yazar Tablo 9’da listelenmiştir. GA konusundaki akademik literatürde en fazla katkı sağlayan yazarlar, yayın sayıları, atıf sayıları ve TBG değerlerine göre analiz edilmiştir. Bu analiz, alanda öne çıkan araştırmacıların bilimsel etkisini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Tablo 4.1’e göre, en yüksek TBG değerine sahip yazarlar sırasıyla Herrera (TBG: 158), Lozano (TBG: 135) ve Sanchez (TBG: 47) olarak öne çıkmaktadır. Sanchez toplam yayın ve atıf sayıları diğer bazı yazarlarla kıyaslandığında daha düşük olsa da TBG değerleri bu çalışmaların etki düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, bu araştırmacının az sayıda fakat alan açısından önemli ve yüksek etkili yayınlar ürettiğini ortaya koymaktadır. Diğer yandan, Herrera 26 yayın ve 1843 atıf ile en yüksek atıf sayısına sahip yazardır. Bu durum, Herrera’nın çok sayıda yayına sahip olduğunu ve bu yayınların yüksek oranda atıf aldığını göstermektedir. Benzer şekilde, Melin (12 yayın, 211 atıf) ve Castillo (10 yayın, 132 atıf) gibi yazarlar yüksek üretkenliğe sahiptir ancak TBG değerleri düşüktür. Bu durum, sayıca fazla yayın üretmenin her zaman yüksek bibliyometrik güç anlamına gelmediğini göstermektedir. Dikkat çeken bir diğer yazar Christiansen olmuştur. Sadece 5 yayına sahip olmasına rağmen 246 atıf almıştır. Bu oran, yazarın yayın başına atıf ortalamasının oldukça yüksek olduğunu ve literatürde güçlü bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Ancak TBG değeri 5 ile sınırlıdır. Son olarak, Coello ve Cordon sırasıyla 10 ve 11 yayın ile önemli üretkenlik göstermektedirler. Bu yazarların atıf sayıları da sırasıyla 317 ve 605’tir. Ancak TBG değerleri 10 ve 15 seviyesindedir. Bu durum, üretkenlik ve atıf açısından güçlü olmalarına rağmen TBG’yi sınırlayan başka etkenlerin de devreye girdiğini göstermektedir. Bu veriler doğrultusunda, GA alanında katkı sağlayan yazarların bilimsel etkilerinin yalnızca yayın ve atıf sayılarıyla değil, aynı zamanda TBG gibi birleşik göstergelerle değerlendirilmesi, daha bütüncül bir analiz sunmaktadır. TBG değeri, yazarların literatürdeki gerçek etkisini yansıtmada daha kapsamlı bir ölçüt olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 9. En fazla katkı sağlayan yazarlar

Yazar	Yayın Sayıları	Atıf Sayıları	TBG
Herrera, F	26	1843	158
Lozano, M	13	775	135
Sánchez, A	2	353	47
Varela, R	13	123	38

Tablo 9. (Devamı)

Yazar	Yayın Sayıları	Atıf Sayıları	TBG
Larranaga, P	3	331	34
Dascalu, S	2	3	23
Karr, C	9	196	22
Rasheed, K	6	142	21
Sanchez, AN	1	16	21
Vela, CR	12	111	28
Sierra, M	5	32	27
Fogarty, T	2	312	26
Jose, S	3	7	25
Liu, S	4	13	25
Serrano, D	1	23	25

4.1.1.2. En fazla katkı sağlayan ülkeler ve kurumlar

GA alanında en etkili ülkeler alıntı analizi ile belirlenmiştir. GA ile ilgili araştırmalar 96 farklı ülkede yürütülmüştür. Tablo 10’da GA alanında en fazla katkı sağlayan ülkeler listelenmektedir.

Bu çalışmada, GA konulu literatürde en fazla katkı sağlayan ülkeler yayın sayısı, atıf sayısı ve TBG değerleri açısından incelenmiştir. Elde edilen bulgular, bu alandaki küresel akademik etkinliğin dağılımını ortaya koymaktadır.

Tablo 10’da görüldüğü üzere, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 227 yayın ve 5674 atıf ile alanın açık ara en etkili ülkesi konumundadır. Ayrıca, 74’lük TBG değeriyle diğer ülkeleri önemli ölçüde geride bırakmaktadır. ABD’yi, 128 yayın ve 2945 atıf ile İngiltere takip etmekte olup, TBG değeri 54’tür. İspanya ise 200 yayın sayısı ile dikkat çekerken, 3505 atıf ve 43 TBG ile üçüncü sıradadır.

Çin, 321 yayın ile en fazla yayına sahip ülke olmasına rağmen atıf (3077) ve 36 TBG değerleri açısından ABD ve İngiltere’nin gerisinde kalmıştır. Bu durum, Çin’in üretkenliğinin yüksek olmasına karşın etki açısından henüz lider ülkelerin gerisinde olduğunu göstermektedir.

Diğer dikkat çeken ülkeler arasında, Yunanistan 27 TBG, Tayvan 26 TBG ve Avustralya 25 TBG yer almaktadır. Bu ülkelerin toplam yayın ve atıf sayıları daha düşük olmasına karşın TBG değerlerinin yüksekliği, bu ülkelerde yapılan çalışmaların görece daha etkili olduğunu düşündürmektedir.

Türkiye, 54 yayın ve 630 atıf ile listede yer almakta, TBG değeri ise 12 olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin bu konudaki katkısı orta düzeyde olup, ilerleyen yıllarda yayın ve atıf sayılarının artmasıyla birlikte etki gücünün yükselebileceği öngörülmektedir.

Sonuç olarak, GA alanındaki bilimsel üretim, büyük oranda birkaç gelişmiş ülkenin öncülüğünde gerçekleşmektedir. Bununla birlikte bazı ülkeler, daha az sayıda yayınlara daha yüksek etki düzeyine ulaşarak alana özgün katkılar sağlamaktadır. Bu dağılım, uluslararası bilimsel iş birliklerinin ve bilgi paylaşımının önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Tablo 10. En fazla katkı sağlayan ülkeler

Ülke	Yayın Sayıları	Atıf Sayıları	TBG
ABD	227	5674	74
İngiltere	128	2945	54
İspanya	200	3505	43
Çin	321	3077	36
Yunanistan	48	1104	27
Tayvan	73	864	26
Avustralya	70	1174	25
Hindistan	97	1523	20
İran	61	1285	20
Polonya	55	557	18
Japonya	81	926	17
İtalya	59	941	17
Mısır	33	888	13
Malezya	34	643	13
Türkiye	54	630	12
Meksika	80	693	11
Suudi Arabistan	51	1085	11
İskoçya	18	394	11
Güney Kore	61	721	11
Brezilya	74	799	9

GA alanında en etkili kurumlar alıntı analizi ile belirlenmiştir. GA ile ilgili araştırmalar 2045 kurumda yürütülmüştür. Tablo 11'de GA alanında en fazla katkı sağlayan kurumları listelemektedir.

GA alanındaki akademik literatüre en fazla katkı sağlayan kurumlar, yayın sayıları temelinde analiz edilmiştir. Kurumsal düzeyde gerçekleştirilen bu analiz, alandaki araştırma merkezlerinin ve üniversitelerin bilimsel üretkenliğini ortaya koymaktadır.

Tablo 11 incelendiğinde, Granada Üniversitesi (İspanya) 47 yayın ile listenin başında yer almakta ve bu alanda lider kurumdur. Bu kurumun yüksek yayın sayısı, İspanya'nın bu alandaki genel katkısıyla da uyumludur. Nitekim listedeki 13 kurumdan 5'inin İspanya kökenli olması, İspanya'nın bu alandaki güçlü akademik altyapısını ortaya koymaktadır. İkinci sırada yer alan Singapur Ulusal Üniversitesi, 22 yayınla öne çıkarken, onu 21 yayınla Oviedo Üniversitesi (İspanya) takip etmektedir. Bu kurumların yüksek üretkenliği, Asya ve Avrupa'daki araştırma merkezlerinin bu alana yoğun ilgi gösterdiğini göstermektedir. İslami Azad Üniversitesi (İran) ve Hong Kong Politeknik Üniversitesi, her biri 17 yayınla listede öne çıkan diğer kurumlar arasında yer almaktadır. Ayrıca, Çin Bilimler Akademisi (Çin) ve Tijuana Teknoloji Enstitüsü (Meksika) gibi kurumlar da 13 yayınla listeye dahil olmuştur. Bu durum, GA konusundaki araştırmaların farklı kıtalarda yaygınlaştığını göstermektedir. Özellikle dikkat çeken bir başka husus, Patras Üniversitesi (Yunanistan), Kahire Üniversitesi (Mısır) ve Northeastern Üniversitesi (ABD) gibi ülkelerinden sadece birer kurumun listeye girmesi, ancak bu kurumların da önemli sayıda yayınla katkı sunmasıdır. Toplamda, en fazla katkı sağlayan kurumlar arasında İspanya'nın belirgin bir ağırlığı bulunmakta olup, bu ülkenin çeşitli üniversiteleri (Örneğin, Valencia Politeknik Üniversitesi, Madrid Politeknik Üniversitesi ve Extremadura Üniversitesi) ile alanın gelişimine ciddi katkılar sunduğu görülmektedir. Bu veriler, GA konusunda akademik üretimin belirli araştırma kurumları etrafında yoğunlaştığını ve özellikle İspanya, Asya ülkeleri ve bazı Orta Doğu üniversitelerinin bu alandaki etkinliğinin dikkate değer olduğunu göstermektedir. Kurumsal düzeyde sürdürülen bu tür üretkenlik, ulusal araştırma stratejileri, fon kaynakları ve uzmanlaşmış akademik kadroların varlığı ile doğrudan ilişkilidir.

Tablo 11. En fazla katkı sağlayan kurumlar

Kurum	Ülke	Yayın Sayıları
University of Granada	İspanya	47
National University of Singapore	Singapur	22
University of Oviedo	İspanya	21
Islamic Azad University	İran	17
Hong Kong Polytechnic University	Hong Kong	17
Chinese Academy of Sciences	Çin	13
Tijuana Inst Technol	Meksika	13
University of Patras	Yunanistan	12
Northeastern University	ABD	11
Universidad Politecnica De Madrid	İspanya	11
Universidad Extremadura	İspanya	11
Universitat Politecnica De Valencia	İspanya	12
Cairo University	Mısır	11

4.1.1.3. En fazla katkı sağlayan dergiler

En etkili dergileri belirlemek için kullanılan atıf analizine göre, 1134 dergi/yayıncının araştırma yayınlamıştır. Tablo 12’de atıf analizine göre en yüksek TBG değerine sahip ilk 10 dergiyi göstermektedir.

Tablo 12’de belirli bir dönemde yapılan araştırmalara en fazla katkı sağlayan dergileri, yayın sayıları, atıf sayıları ve TBG değerleriyle birlikte sunmaktadır. Tablo, dergilerin akademik etkilerini ve alana olan katkılarını niceliksel olarak değerlendirmek için önemli veriler sağlamaktadır.

Expert Systems with Applications dergisi, 321 yayın sayısı ile en fazla yayın yapılan dergi olmasına rağmen, atıf sayısı (3.077) açısından Engineering Applications of Artificial Intelligence (5.674 atıf) ve International Journal of Intelligent Systems (3.505 atıf) gibi dergilerin gerisinde kalmıştır. Bu durum, yayın sayısının yüksek olmasının doğrudan atıf sayısını artırmadığını, yayınların kalitesinin ve etkisinin daha belirleyici olduğunu göstermektedir. Engineering Applications of Artificial Intelligence dergisi, 227 yayınlara nispeten daha az yayın yapmasına rağmen en yüksek atıf sayısına (5.674) ulaşmıştır. Bu, dergide yayınlanan çalışmaların alanda büyük bir etki yarattığının ve araştırmacılar tarafından sıklıkla referans gösterildiğinin bir göstergesidir.

TBG, dergilerin göreceli etkisini ölçen bir gösterge olarak kabul edilebilir. Engineering Applications of Artificial Intelligence dergisi, 74 TBG ile açık ara en yüksek değere sahiptir. Bu, derginin hem yayın hem de atıf başarısını birleştirerek alandaki lider konumunu pekiştirdiğini ortaya koymaktadır.

GECCO-99 gibi konferans bildirileri de yüksek atıf sayıları (2.945) ve TBG değerleri (54) ile dikkat çekmektedir. Bu, konferansların özellikle evrimsel hesaplama gibi dinamik alanlarda önemli bir bilgi paylaşım platformu olduğunu göstermektedir.

Tablo 12. En fazla katkı sağlayan dergiler

Dergiler	Yayın Sayıları	Atıf Sayıları	TBG
Engineering Applications of Artificial Intelligence	227	5674	74

Tablo 12. (Devamı)

Dergiler	Yayın Sayıları	Atıf Sayıları	TBG
GECCO-99: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference	128	2945	54
International Journal of Intelligent Systems	200	3505	43
Expert Systems with Applications	321	3077	36
Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Transactions on Evolutionary Computation	48	1104	27
Artificial Intelligence in Engineering	73	864	26
Applied Artificial Intelligence	70	1174	25
Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing	97	1523	20
Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms	61	1285	20
Artificial Intelligence Review	55	557	18

4.1.1.4. Alanda öne çıkan fon sağlayıcılar

GA alanında en fazla fon sağlayan kurumları ve bu kurumların sağladığı yayın sayıları Tablo 13'te listelenmektedir.

Tablo 13. GA alanındaki öne çıkan fon sağlayıcılar

Fon Sağlayıcılar	Yayın Sayıları
National Natural Science Foundation of China (NSFC)	85
Spanish Government	42
European Union (EU)	32
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	19
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)	18
Ministry of Science and Innovation, Spain (MICINN)	16
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)	15
Ministry of Science and Technology, Taiwan	12
UK Research and Innovation (UKRI)	11
National Research Foundation of Korea	10
National Science Foundation (NSF)	10
Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)	9
National Key Research and Development Program of China	8
Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC)	8
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)	7

Tablo 13'te GA alanındaki araştırmalara fon sağlayan öne çıkan kurum ve kuruluşları, yayın sayılarına göre sıralamaktadır. Tablodan elde edilen veriler, NSFC ve İspanya Hükümeti gibi kuruluşların GA alanında en fazla destek sağlayan kurumlar olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu ülkelerin YZ ve optimizasyon tekniklerine yönelik araştırmalara büyük

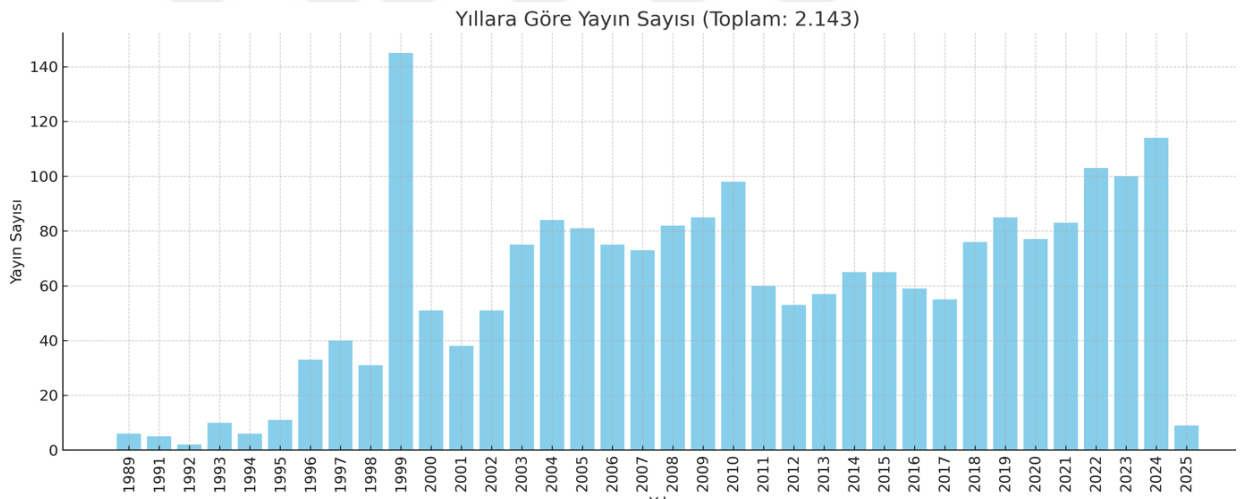
önem verdiğini ve bu alandaki bilimsel üretimi teşvik etmek için kaynak ayırdığını ortaya koymaktadır.

EU ve Brezilya'daki CNRq ve CAPES gibi kuruluşlar da GA alanında önemli fon sağlayıcılar arasında yer almaktadır. Bu da GA araştırmalarının küresel ölçekte desteklendiğini ve disiplinler arası iş birliklerinin artmasına katkı sağladığını göstermektedir.

Türkiye'den herhangi bir kurumun listede yer almaması, ülkemizin GA alanındaki araştırmalara daha fazla kaynak ayırması gerektiğine işaret etmektedir.

4.1.1.5. Çalışmaların yayın yıllarına göre dağılımı

GA ile ilgili yayınların yıllara göre dağılımı grafiği Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Yayın sayılarının yıllara göre dağılımı

Tablo 14'te çalışmalara ait yayın sayılarının yıllara göre dağılımı gösterilmektedir. Verilere göre, 1990'lı yılların başlarında GA konusundaki yayın sayısı oldukça sınırlı olup, bu durum alanın henüz gelişim aşamasında olduğunu göstermektedir. Özellikle 1992 yılında yalnızca 2 yayın yapılmışken, bu sayı 1999 yılında 145'e yükselerek dikkat çekici bir artış göstermiştir. Bu ani yükseliş, GA'nın bilimsel çevrelerce daha fazla ilgi görmeye başladığı dönemi işaret etmektedir.

2000–2010 yılları arasında yayın sayılarında dalgalanmalar görülmekle birlikte, genellikle 50 ile 85 arasında değişen bir seyir izlenmiştir. Bu dönem, GA’nın araştırma topluluğunda istikrarlı bir şekilde yer edinmeye başladığı süreci temsil etmektedir.

2010 sonrası dönemde, yayın sayılarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle 2022, 2023 ve 2024 yıllarında sırasıyla 103, 100 ve 114 çalışma ile bu konuya olan ilginin tekrar artışa geçtiği görülmektedir. Bu durum, günümüzde GA’nın özellikle veri madenciliği, YZ ve karar destek sistemleri gibi alanlarda artan uygulamalarıyla ilişkilendirilebilir.

Son olarak, 2025 yılı için henüz yıl tamamlanmamış olmasına rağmen 9 yayın ile süreç devam etmektedir. Bu da ilerleyen aylarda sayının artabileceğini göstermektedir.

Tablo 14. Çalışma sayılarının yayın yıllarına göre dağılımı

Yayın yılı	Çalışma sayısı	Yayın yılı	Çalışma sayısı
2025	9	2007	73
2024	114	2006	75
2023	100	2005	81
2022	103	2004	84
2021	83	2003	75
2020	77	2002	51
2019	85	2001	38
2018	76	2000	51
2017	55	1999	145
2016	59	1998	31
2015	65	1997	40
2014	65	1996	33
2013	57	1995	11
2012	53	1994	6
2011	60	1993	10
2010	98	1992	2
2009	85	1991	5
2008	82	1989	6

4.1.2. Bilimsel haritalama

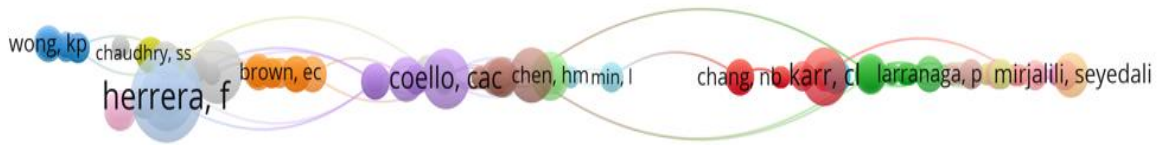
Bilimsel haritalama, bilimsel bir alanın yapısını ve dinamiklerini incelemek ve görselleştirmek için kullanılan bir metodolojidir. Çeşitli araştırma çıktıları ve konuları arasındaki ilişkileri ve bağlantıları temsil eden bibliyometrik ağları oluşturmayı, analiz etmeyi ve görselleştirmeyi içerir.

4.1.2.1. Yazarların atıf analizi

Şekil 8’de GA alanında yazarların atıf analizi ağını göstermektedir. Atıf ağlarını tespit etmek üzere en az 1 yayın ve en az 1 atıf kriteri ile yazar atıf analizine dair ağ haritası çıkarılmıştır. Birbiriyle bağlantılı olduğu görülen 801 birim üzerinden yapılan analizde toplamda 28 küme, 976 bağlantı ve TBG 1223 olarak tespit edilmiştir. En fazla atıf alan yazarlar 1843 atıf ile Herrera, 775 atıf ile Lozano olmuştur.

Şekil 8’de her bir düğüm bir yazarı temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü yazarların GA alanındaki yayın sayısına veya atıf sayısına göre belirlenmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, yazarlar arasındaki atıf ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise atıf yoğunluğunu yansıtmaktadır. Renkler, yazarların oluşturduğu kümeleri göstermektedir ve bu kümeler, GA alanında benzer atıf örüntülerine sahip veya sıkça birbirine atıf yapan yazar gruplarını temsil etmektedir.

Turkuaz renkte temsil edilen küme Herrera etrafında yoğunlaşmaktadır. Herrera GA ve evrimsel hesaplama alanında önde gelen araştırmacılardan biri olarak bilinmektedir ve bu kümede büyük bir düğüm boyutuyla dikkat çekmektedir. Kırmızı renkteki küçük bir küme, Chang ve Karr gibi yazarlar etrafında yer almaktadır. Eflatun renkler temsil edilen küme Coello etrafında yoğunlaşmaktadır, GA’nın çok amaçlı optimizasyon problemlerine uygulanması konusunda tanınmış bir araştırmacıdır ve kümede büyük bir düğüm boyutuyla öne çıkmaktadır.



Şekil 8. Yazarların atıf analizi

Şekil 9’da yazarların yıllara göre atıf dağılımı gösterilmiştir. Şekilde her bir düğüm bir yazarı temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü yazarların GA alanındaki yayın sayısına veya atıf sayısına göre belirlenmektedir. Düğümlerin renkleri, yazarların yayınlarının ortalama zaman dilimini göstermektedir; renk skalası, 1990’lardan (koyu mavi) 2020’lere (sarı) kadar bir zaman çizelgesini ifade etmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, yazarlar arasındaki atıf ilişkilerini

ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise atıf yoğunluğunu yansıtmaktadır. Erken dönem yazarları (1990'lar-2000'ler), GA'nın teorik temellerini ve ilk uygulamalarını geliştirirken; orta dönem yazarları (2000'ler-2010'lar), bu algoritmaları çok amaçlı optimizasyon ve endüstriyel uygulamalar gibi alanlara taşımıştır. Geç dönem yazarları (2010'lar-2020'ler) ise GA YZ, biyoinformatik ve veri analitiği gibi modern alanlarla entegre ederek yenilikçi yaklaşımlar sunmuştur. Özellikle Fogarty, Herrera ve Jose gibi yazarlar, farklı dönemlerde GA literatüründe merkezi roller oynamış ve bu alanın gelişimine önemli katkılar sağlamıştır.



Şekil 9. Yıllara göre yazar atıf analizi

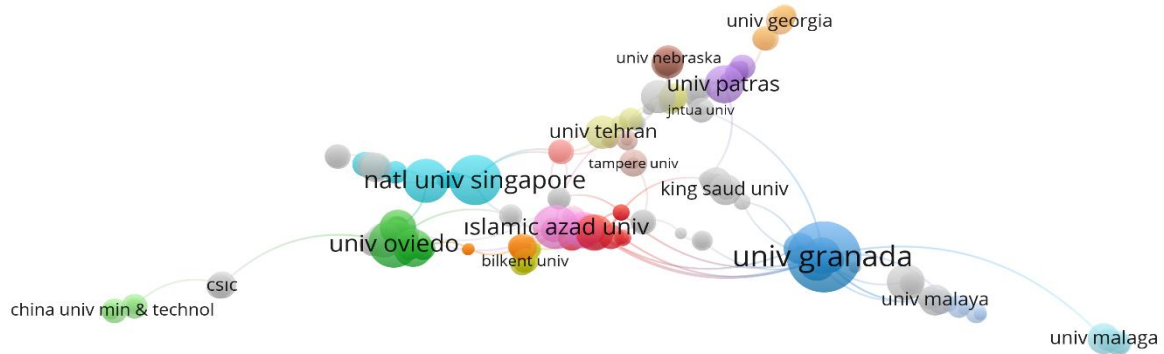
4.1.2.2. Kurumların atıf analizi

Yazarın bağlı olduğu kurumun atıf analizi haritası Şekil 10'da atıf ağırlıklı oluşturulmuştur. Kurumlar arası atıflara dair ağ haritası oluşturmak üzere bir kurum tarafından en az 1 yayın yayınlanması ve 1 atıf alınması kriteri kapsamında aralarında ilişki bulunan 1669 gözlem birimi üzerinden analiz yapılmıştır. Granada Üniversitesi 47 yayın, Singapur Ulusal Üniversitesi 22 yayın, Oviedo Üniversitesi 21 yayın ile temsil edilirken en fazla atıf alan yayınların adres kurumları Granada Üniversitesi 2065 atıf, Illinois Üniversitesi 881 atıf ve Vigo Üniversitesi 657 atıf olmuştur. Toplamda 31 küme, 367 bağlantı ve toplam bağlantı gücü 422 olarak tespit edilmiştir.

Şekil 10'da her bir düğüm bir kurumu temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü kurumların GA alanındaki yayın sayısına veya atıf sayısına göre belirlenmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, kurumlar arasındaki atıf ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise atıf yoğunluğunu yansıtmaktadır.

Mavi renkte temsil edilen küme, Granada Üniversitesi, Cordoba Üniversitesi ve Bristol Üniversitesi gibi kurumlar etrafında yoğunlaşmaktadır. Granada Üniversitesi, bu kümede en

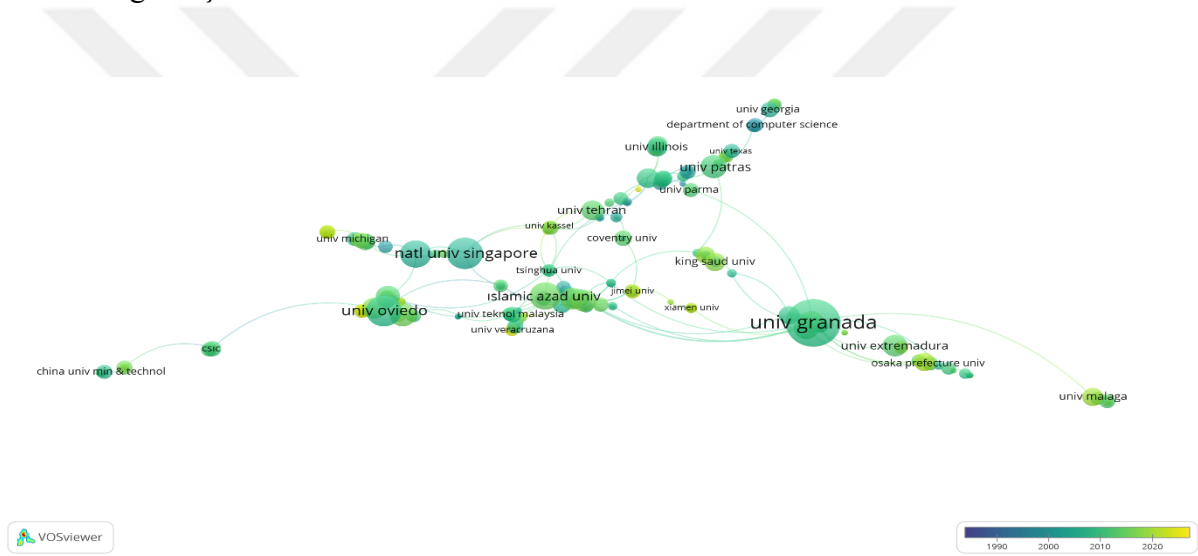
büyük düğüm boyutuna sahip olup, GA alanında önemli bir atıf merkezi olduğunu göstermektedir. Granada Üniversitesi'nin ulusal kurumlar arasındaki yoğun iş birlikleri görülmektedir. Yeşil renkteki küme, Oviedo Üniversitesi, Nottingham Üniversitesi gibi kurumları içermektedir. Bunun yanında Türkiye'den Kocaeli Üniversitesi kümede yer aldığı görülmektedir. Oviedo Üniversitesi, bu kümede dikkat çekici bir konuma sahip olup, Avrupa bölgesinde GA alanında önemli bir araştırma merkezi olduğunu göstermektedir. Eflatun kümede yer alan İslami Azad Üniversitesi'nin büyük bir düğüm halinde olması, İran'ın GA literatüründe aktif bir rol oynadığını ve Asya ülkeleriyle iş birliği yaptığını göstermektedir. Turkuaz küme, Singapur Ulusal Üniversitesi etrafında toplanmıştır. Hong Kong Politeknik Üniversitesi ile uzak doğuda alanda merkez olmuşlardır. Sarı renkteki küme, Bilkent Üniversitesi ve Hong Kong Bilim Teknoloji Üniversitesi gibi kurumları kapsamaktadır. Bilkent Üniversitesi'nin bu kümede yer alması, Türkiye'nin GA literatürüne katkıda bulunduğu ve özellikle ABD'deki kurumlarla iş birliği yaptığını göstermektedir.



Şekil 10. Kurumların atıf analizi

Şekil 11'de her bir düğüm bir kurumu temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü kurumların GA alanındaki yayın sayısına veya atıf sayısına göre belirlenmektedir. Düğümlerin renkleri, kurumların yayınlarının ortalama zaman dilimini göstermektedir; renk skalası, 1990'lardan (koyu mavi) 2020'lere (sarı) kadar bir zaman çizelgesini ifade etmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, kurumlar arasındaki atıf ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise atıf yoğunluğunu yansıtmaktadır. Erken dönem kurumları (Örneğin, Edinburgh Üniversitesi) ile orta dönem kurumları (Örneğin, Singapur Ulusal Üniversitesi) arasında güçlü atıf ilişkileri gözlemlenmektedir; bu, GA'nın teorik temellerinin 2000'li yıllarda daha geniş uygulama alanlarına taşındığını göstermektedir. Orta dönem kurumları ile geç dönem kurumları (örneğin, Granada Üniversitesi ve Kral Suud Üniversitesi) arasındaki bağlantılar ise GA'nın 2010'lardan

itibaren YZ, biyoinformatik ve veri analitiği gibi modern alanlara uyarlandığını ortaya koymaktadır. Özellikle Granada Üniversitesi'nin hem erken dönem (Edinburgh Üniversitesi) hem de geç dönem (Malaya Üniversitesi) kurumlarıyla olan atıf ilişkileri, GA'nın geçmişten günümüze uzanan birikimli bir gelişim sergilediğini ve yeni nesil araştırmaların bu birikimi modern teknolojilerle birleştirdiğini göstermektedir. Erken dönem kurumları (1990'lar-2000'ler), GA'nın teorik temellerini ve ilk uygulamalarını geliştirirken; orta dönem kurumları (2000'ler-2010'lar), bu algoritmaları biyoinformatik ve veri analitiği gibi alanlara taşımıştır. Geç dönem kurumları (2010'lar-2020'ler) ise GA YZ, makine öğrenimi ve modern optimizasyon problemleriyle entegre ederek yenilikçi yaklaşımlar sunmuştur. Özellikle Granada Üniversitesi, Singapur Ulusal Üniversitesi ve İslami Azad Üniversitesi gibi kurumlar, farklı dönemlerde GA literatüründe merkezi roller oynamış ve bu alanın gelişimine önemli katkılar sağlamıştır.



Şekil 11. Kurumların yıllara göre atıf analizi

4.1.2.3. Ülkelerin atıf analizi

Şekil 12'de yazarın bağlı olduğu ülkelerin/bölgelerin atıf analizi haritası atıf ağırlıklı sunulmuştur. Yayınların menşei ülkelere göre aldıkları atıflara dair ağ haritası oluşturmak üzere bir ülke tarafından en az 1 yayın yayınlanması ve 1 atıf alınması kriteri kapsamında aralarında ilişki bulunan 89 gözlem birimi üzerinden analiz yapılmıştır. 16 küme, 200 bağlantı ve 298 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir. En fazla atıf alan ülkeler ABD (5674 atıf), İspanya (3505 atıf) ve Çin (3077 atıf) olmuştur. Toplam bağlantı gücü açısından bu ülkeler ilk üçte yer almaktadır. Yayın sayısı olarak ise sıralama ABD (227 yayın), İspanya (200 yayın) ve Çin (321 yayın) şeklindedir.

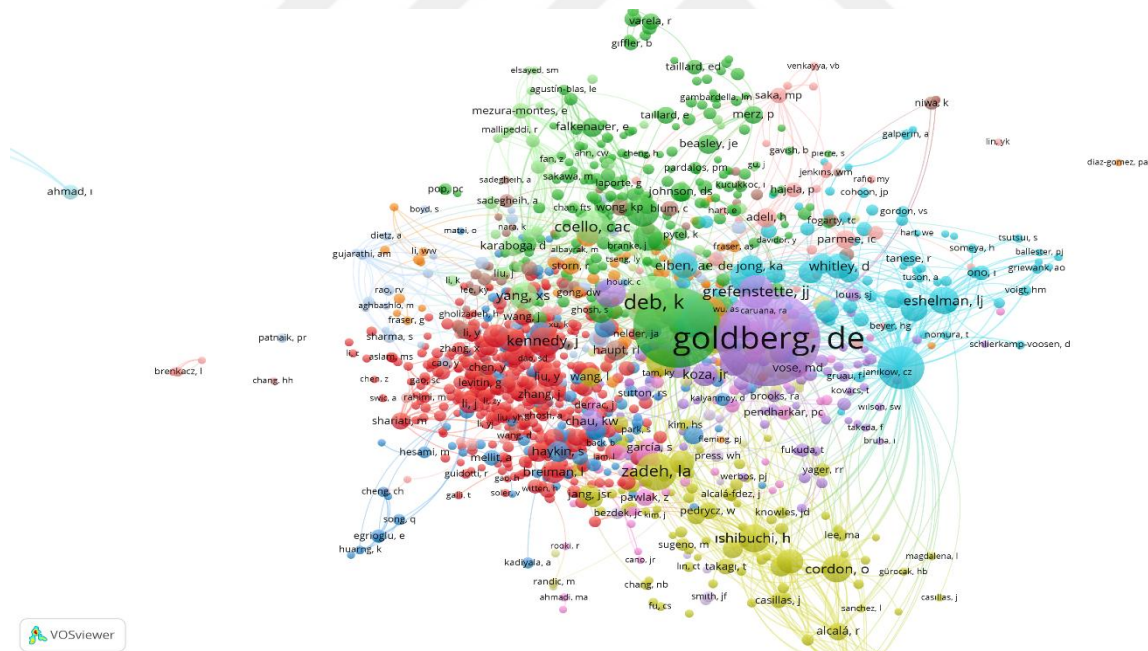
BD veya İspanya gibi ülkeler kadar büyük değildir; bu da sınırlı bir yayının hacmine sahip olduğunu göstermektedir. ABD, Çin, İspanya, Japonya ve Almanya ülkeleriyle y

The graph displays a complex network of connections between countries. The nodes are represented by green circles, with the size of the circle indicating the degree of the node. The edges are green lines, with the thickness of the line indicating the strength of the connection. The most prominent nodes are 'usa', 'peoples r china', 'england', and 'spain'. The graph shows a dense web of connections, particularly between the central nodes and the surrounding ones.



Şekil 13. Ülkelerin yıllara göre atıf analizi

olduğunu ve bu alanda aktif bir araştırma topluluğunun varlığını işaret etmektedir. Sarı renkteki küme, Ishibuchi ve Cordon gibi yazarlar etrafında yoğunlaşmaktadır. Hisao Ishibuchi, GA'nın çok amaçlı optimizasyon problemlerine uygulanması üzerine yaptığı çalışmalarla tanınmaktadır. Bu küme, GA'nın birden fazla hedefi aynı anda optimize etmeye yönelik kullanıldığı bir alt alanı temsil etmektedir. Yeşil renkteki küme, Holland, Deb gibi yazarlar etrafında şekillenmektedir. Bu küme, GA'nın makine öğrenimi ve veri analitiği ile entegre edildiği çalışmalarına odaklanmışlardır. Örneğin, GA'nın özellik seçimi, hiperparametre optimizasyonu veya derin öğrenme modellerinin eğitimi gibi alanlarda kullanılması, bu kümedeki yazarların odaklandığı konular arasında yer alabilir. Turkuaz renkteki küme, Herrera, Eshelman etrafında şekillenmektedir. Bu küme, GA'nın makine öğrenmesi ve YZ uygulamaları, mühendislik tasarımı ve kontrol sistemlerinde yapılan çalışmalarla bilinmektedirler. Lacivert renkteki küçük bir küme, Eğrioğlu ve Song gibi yazarlar etrafında yer almaktadır. Lacivert kümenin ağırlıklı olarak daha izole bir bölgesinde yer alması ve diğer kümelerle sınırlı bağlantıya sahip olması, bu alt alanın GA literatürü içinde daha niş bir konumda olduğunu göstermektedir.



Şekil 15. Yazarların ortak atıf analizi

4.1.2.5. Yazarların ortak yazarlık analizi

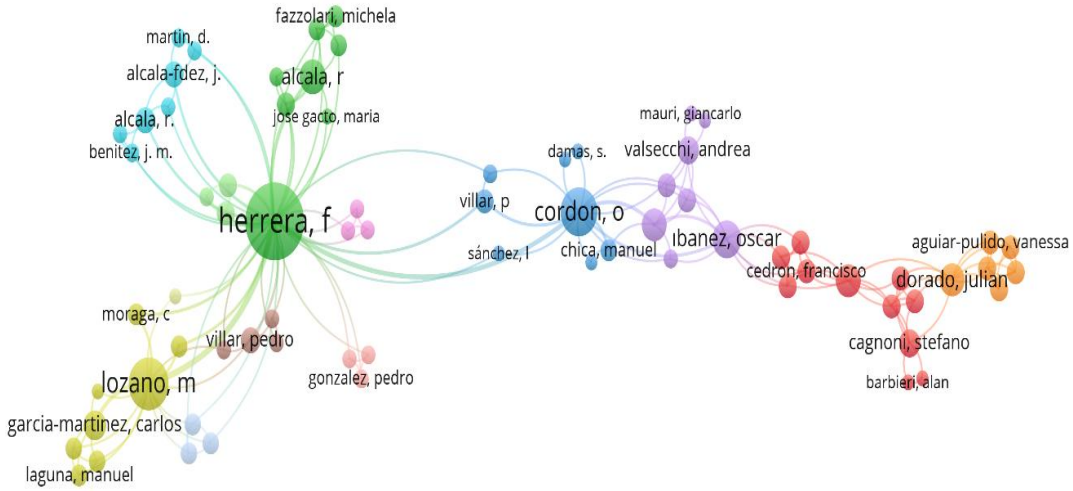
Şekil 16’da yazarların ortak yazarlık analizine göre, en fazla bağlantılı ve iş birliği yapan yazarları tespit etmek üzere en az 1 yayın ve en az 1 atıf kriteri belirlenerek ağ haritası

oluşturulmuştur. Aralarında en yüksek bağlantı bulunan isimler arasında yapılan analize göre 13 kümede birleşen 73 isim ve toplam 210 bağlantı görülmektedir.

Şekil 16’da Ağ yapısında her bir düğüm bir yazarı temsil ederken, düğümler arasındaki çizgiler yazarlar arasındaki ortak yayınları ifade etmektedir. Düğüm boyutu, yazarın toplam iş birliği sayısını göstermektedir. Çizgilerin kalınlığı ise yazarlar arasındaki iş birliği yoğunluğunu temsil etmektedir.

Şekilde dikkat çeken en merkezi yazar Herrera olup, çok sayıda farklı yazarla iş birliği içinde yer alarak ağın en önemli birleşim noktalarından biri olmuştur. Benzer şekilde Cordon ve Lozano gibi diğer yazarlar da yüksek düzeyde iş birliği yapan ve ağın diğer önemli merkezleri olarak öne çıkmaktadır.

Yazarlar arasında oluşan kümeler farklı renklerle belirtilmiştir ve bu kümeler, genellikle belirli bir çalışma grubu ya da araştırma konusuna odaklanmış alt toplulukları yansıtmaktadır. Örneğin, yeşil küme, Herrera çevresinde toplanan bir iş birliği grubunu; sarı küme, Lozano etrafındaki araştırmacıları; mavi ve mor kümeler ise Cordon ve onunla ilişkili yazarlardan oluşan iş birliklerini temsil etmektedir.



Şekil 16. Yazarların ortak yazarlık analizi

Şekil 17’de her bir düğüm bir yazarı temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü yazarların GA alanındaki yayın sayısına veya ortak yazarlık sayısına göre belirlenmektedir. Düğümlerin renkleri, yazarların yayınlarının ortalama zaman dilimini göstermektedir; renk skalası,

1990'lerden (koyu mavi) 2020'lere (sarı) kadar bir zaman çizelgesini ifade etmektedir. Düzgümler arasındaki çizgiler, yazarlar arasındaki ortak yazarlık ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise iş birliğinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Erken dönem yazarları (1990'lar-2000'ler), GA'nın teorik temellerini ve ilk uygulamalarını geliştirirken; orta dönem yazarları (2000'ler-2010'lar), bu algoritmaları biyoinformatik ve veri analitiği gibi alanlara taşımıştır. Geç dönem yazarları (2010'lar-2020'ler) ise GA YZ, makine öğrenimi ve modern optimizasyon problemleriyle entegre ederek yenilikçi yaklaşımlar sunmuştur. Özellikle Moraga, Herrera ve Alcalá gibi yazarlar, farklı dönemlerde GA literatüründe merkezi roller oynamış ve bu alanın gelişimine önemli katkılar sağlamıştır.

Şekil 17. Yıllara göre yazarların ortak yazarlık analizi

Şekil 18’de her bir düğüm bir kurumu temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü kurumların GA alanındaki yayın sayısına veya ortak yazarlık sayısına göre belirlenmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, kurumlar arasındaki ortak yazarlık ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise iş birliğinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Renkler, kurumların oluşturduğu kümeleri göstermektedir ve bu kümeler, GA alanında benzer iş birliği örüntülerine sahip veya sıkça ortak çalışma yapan kurum gruplarını temsil etmektedir. Gri küme, İspanya merkezli bir araştırma ağını göstermektedir. Pembe renkte gösterilen küme, Singapur merkezli bir araştırma ağının, Çin’deki teknoloji odaklı üniversitelerle güçlü bir iş birliği içinde olduğunu ortaya koymuştur. Turuncu renkle gösterilen küme, Kral Abdulaziz Üniversitesi merkezlidir. Kral

Abdulaziz Üniversitesi genetik algoritmalar alanında lider bir rol oynadığını, bu alanda daha fazla yayın ürettiğini veya daha fazla atıf aldığını göstermektedir. Açık mavi küme Hong Kong Politeknik Üniversitesi merkezli bir küme Asya ve Avrupa arasındaki iş birliklerini, kırmızı küme Avrupa ve Orta Doğu arasındaki bağları göstermektedir. Yeşil renkte gösterilen küme hem İran hem de ABD merkezli araştırma ağlarının genetik algoritmalar alanında kendi içlerinde güçlü bir yapıya sahip olduğunu, ancak bu iki ağ arasında belirgin bir etkileşimin bulunmadığını göstermektedir., turuncu küme Orta Doğu ve Afrika'daki araştırma ağlarını, pembe küme ise daha izole ve niş alanlara odaklanan kurumları temsil etmektedir. Özellikle Granada Üniversitesi, Singapur Ulusal Üniversitesi ve İslami Azad Üniversitesi gibi kurumlar, GA alanında önde gelen iş birliği merkezleri olarak öne çıkmaktadır. Bu kümelenme, GA'nın farklı coğrafi bölgelerde ve tematik alanlarda kurumlar tarafından aktif bir şekilde araştırıldığını ortaya koymaktadır.

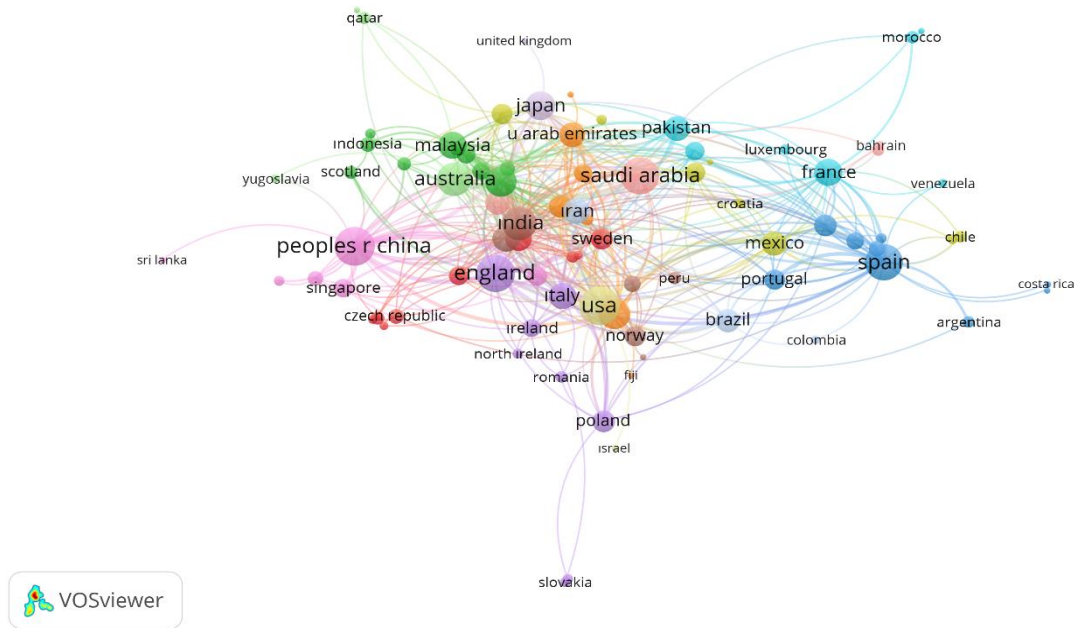


Şekil 18. Kurumların ortak yazarlık analizi

4.1.2.7. Ülkelerin ortak yazarlık analizi

Şekil 19'da her bir düğüm bir ülkeyi temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü ülkelerin GA alanındaki yayın sayısına veya ortak yazarlık sayısına göre belirlenmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, ülkeler arasındaki ortak yazarlık ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise iş birliğinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Renkler, ülkelerin oluşturduğu kümeleri göstermektedir ve bu kümeler, GA alanında benzer iş birliği örüntülerine sahip veya sıkça ortak çalışma yapan ülke gruplarını temsil etmektedir. Düğümlerin boyutları, ülkelerin ağ içindeki merkeziliğini veya etkileşim sıklığını yansıtabilir; örneğin, büyük düğümler (ABD, Çin, İspanya gibi) daha fazla bağlantıya sahipken, küçük düğümler (Malta, Kolombiya gibi) daha az

etkileşim göstermektedir. Renk kümeleri, ülkelerin coğrafi bölgelerine veya belirli bir sınıflandırmaya göre gruplanmıştır. Pembe renkle belirtilen kümede Çin merkezli olduğu görülmektedir. Çin merkezli kümenin Singapur, Danimarka, Yeni Zelanda ile ortak yazarlıkları bulunmaktadır. Mavi kümede Avrupa ülkelerini (Almanya, Fransa, İspanya) temsil etmektedir. Yeşil kümede Malezya, Avusturalya, Endonezya ve İskoçya ülkeleri bulunmaktadır. Yeşil kümede farklı kıtalardan ülkelerin ortak yazarlıkları bulunmaktadır. Turuncu renk ile belirtilen kümede Türkiye bulunmaktadır. Türkiye'nin diğer kümelerdeki ülkelerle de ortak yazarlık durumu bulunmaktadır. Ağ yapısında, ABD ve Çin gibi büyük düğümlerin çok sayıda bağlantıya sahip olduğu gözlemlenmektedir, bu da bu ülkelerin küresel ölçekte daha fazla etkileşimde bulunduğunu ve ağda merkezi bir rol oynadığını göstermektedir. Buna karşılık, daha küçük düğümler (Örneğin, Malta veya Lüksemburg) daha az bağlantıya sahiptir ve ağın periferisinde yer almaktadır. Ayrıca, bazı ülkeler (Örneğin, Türkiye ve Hindistan) hem bölgesel hem de küresel düzeyde önemli bağlantılara sahip olduğu görülmekte ve onların stratejik bir konuma sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 19. Ülkelerin ortak yazarlık analizi

4.1.2.8. Anahtar sözcük analizi

GA ile ilgili yayınlarda en sık kullanılan anahtar sözcüklere bakıldığında 875 tekrar ile *genetic algorithms*, 581 tekrar ile *genetic algorithm*, 256 tekrar ile *artificial intelligence*, 152 tekrar ile

optimization ve 71 tekrar ile *machine learning* ifadeleri başı çekmektedir. Toplam bağlantı gücü açısından en güçlü ifadeler *genetic algorithm*, *genetic algorithms* ve *artificial intelligence* olmuştur. En az 5 defa görülen ve aralarında ilişki bulunan 148 gözlem birimi ile yapılan analiz neticesinde toplam 13 küme, 1305 bağlantı ve 3649 toplam bağlantı gücü tespit edilmiştir.

Şekil 20’de yer alan ağ yapısı, literatürde sıklıkla birlikte kullanılan anahtar sözcüklerin tematik kümelerini ve bu kümeler arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır. Ağ yapısında en merkezi konumda yer alan anahtar sözcük *genetic algorithms* olup, çok sayıda farklı terimle yoğun bağlantı içindedir. Bu durum, GA’nın çok disiplinli yapısını ve geniş uygulama yelpazesini açıkça göstermektedir.

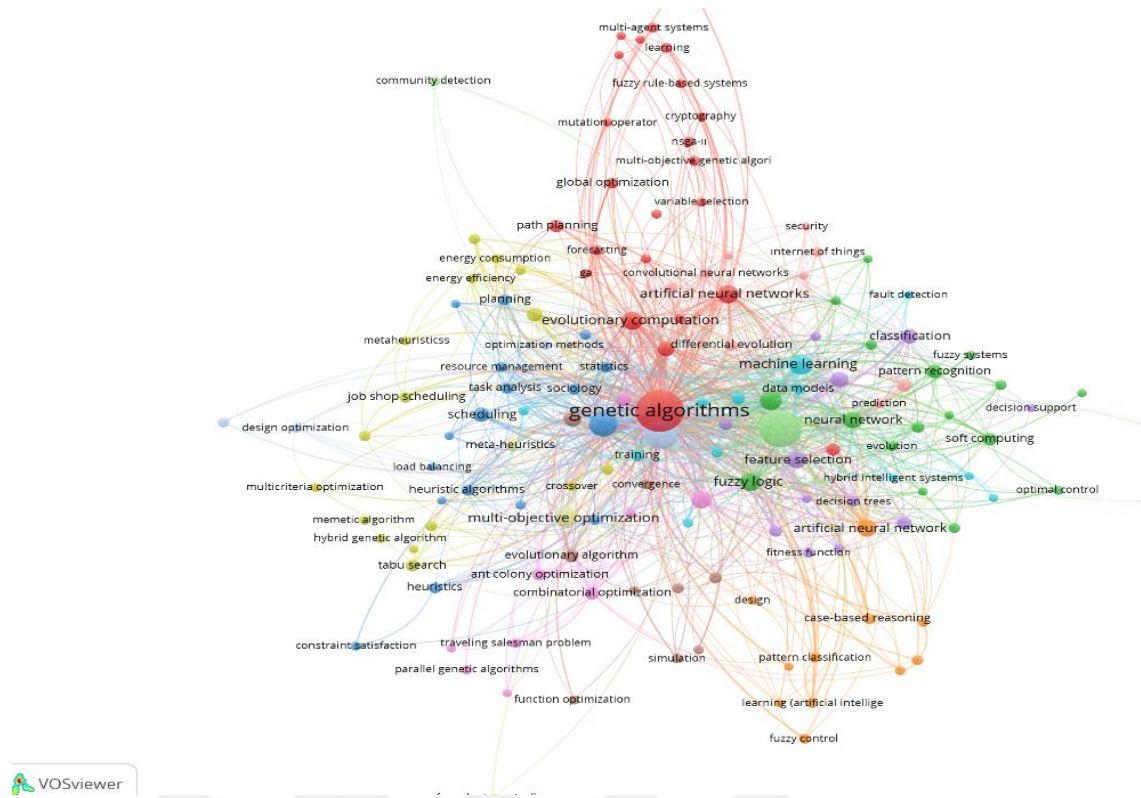
Turkuaz küme, *machine learning*, *artificial intelligence*, *feature extraction*, *predictive models* ve *training* gibi terimler öne çıkmaktadır. Bu yapı, GA’nın YZ ile olan entegrasyonunu ve evrimsel hesaplama paradigmalarıyla yakın ilişkisini yansıtmaktadır.

Yeşil küme, *genetic algorithm*, *fuzzy logic*, *neural network* ve *evulation* gibi terimlerin yer aldığı bu küme, GA’nın muhtemelen bir problemi çözmek için doğadan ilham alan yöntemlerin (genetik algoritmalar, evrim) ve YZ tekniklerinin (yapay sinir ağları, bulanık mantık) bir kombinasyonunu kullandığını gösteriyor.

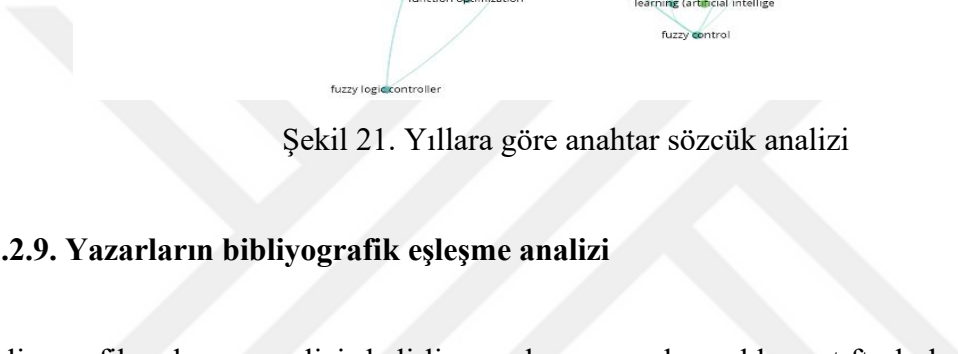
Kırmızı küme, *genetic algorithms*, *evolutionary algorithms*, *evolutionary computation* ve *forecasting* terimlerin yer aldığı bu küme, evrimsel hesaplama ve tahmin alanlarıyla ilgilidir. Evrimsel yöntemler, genellikle tahmin modellerini optimize etmek veya karmaşık sistemlerde daha iyi sonuçlar elde etmek için kullanılır.

Mavi küme, *optimization*, *scheduling*, *heuristic algorithms* ve *task analysis* terimlerin yer aldığı bu küme, operasyonel araştırma, bilgisayar bilimi ve endüstri mühendisliği gibi alanlarla ilgilidir. Bu terimler, genellikle karmaşık sistemlerde kaynakların verimli kullanımı, iş süreçlerinin planlanması ve problem çözme ile ilişkilidir.

Anahtar sözcük ağı genel olarak değerlendirildiğinde, GA’nın klasik mühendislik problemleri dışında, YZ, veri madenciliği, biyoinformatik ve karar destek sistemleri gibi çağdaş alanlarda da etkin bir biçimde kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 21’de her bir düğüm bir anahtar sözcüğü temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü anahtar sözcüklerin kullanım sıklığına veya literatürdeki yaygınlığına göre belirlenmektedir. Düğümlerin renkleri, anahtar sözcüklerin ortalama kullanım zaman dilimini göstermektedir; renk skalası, 2000’lerden (koyu mavi) 2020’lere (sarı) kadar bir zaman çizelgesini ifade etmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, anahtar sözcüklerin birlikte kullanım ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise bu ilişkinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Erken dönem anahtar sözcükleri (2000’ler-2010’lar), GA’nın teorik temellerini ve optimizasyon odaklı uygulamalarını (örneğin, çok amaçlı optimizasyon, planlama) yansıtırken; orta dönem anahtar sözcükleri (2010’lar), GA’nın YZ, biyoinformatik ve veri analitiği gibi alanlara taşındığını göstermektedir. Geç dönem anahtar sözcükleri (2010’lar-2020’ler) ise GA’nın modern teknolojilerle (örneğin, derin öğrenme, nesnelerin interneti) entegre edildiğini ve yenilikçi uygulamalara odaklanıldığını ortaya koymaktadır. Özellikle *genetic algorithms*, *artificial intelligence* ve *machine learning* gibi anahtar sözcükler, farklı dönemlerde GA literatüründe merkezi roller oynamış ve bu alanın gelişimine yön vermiştir.



Şekil 21. Yıllara göre anahtar sözcük analizi

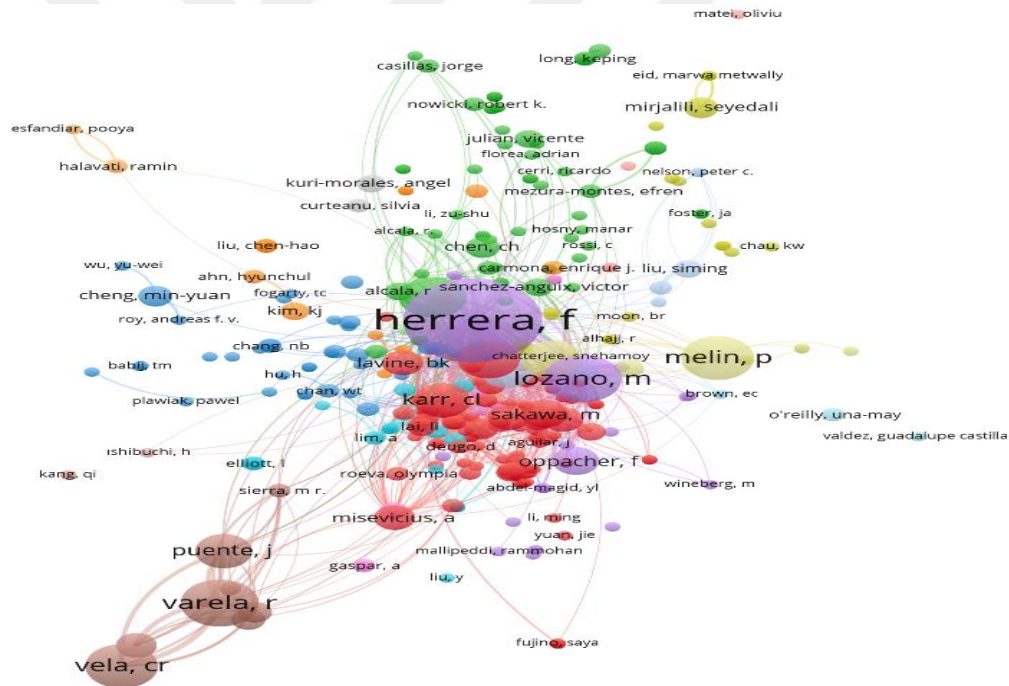
4.1.2.9. Yazarların bibliyografik eşleşme analizi

Bibliyografik eşleşme analizi, belirli yazarların aynı kaynaklara atıfta bulunma eğilimlerini inceleyerek literatürdeki yapısal benzerlikleri ve akademik iş birliği potansiyellerini ortaya koyan önemli bir bibliyometrik tekniktir. En az 2 yayın yayınlamış ve 2 atıf almış olmak kriteri ile seçilen ve aralarında bağlantı bulunan 391 birim ile yapılan analize göre 24 küme, 26286 bağlantı ve 131793 toplam bağlantı gücü elde edilmiştir. En fazla bibliyografik eşleşme olan yazarlar 1843 alıntı ile Herrera (15893 TBG), 775 alıntı ile Lozano (9557 TBG) ve 756 alıntı ile Goldberg (926 TBG) olmuştur.

Şekil 22’de düğüm boyutları, her bir yazarın atıf aldığı veya atıf yaptığı ortak kaynakların sayısını temsil etmektedir. Düğümler arası çizgiler, iki yazarın aynı çalışmalara atıf yapma derecelerini göstermektedir. Düğümler, benzer bibliyografik davranışlar sergileyen yazar gruplarını ifade eden kümelerle göre farklı renklerde gruplanmıştır. Herrera, Lozano, Varela, Melin, Karr ve Cordon gibi yazarlar, ağın merkezinde yer almakta olup, yüksek düzeyde bibliyografik eşleşmeye sahip oldukları görülmektedir. Bu yazarlar, GA alanında yoğun üretim gerçekleştirmiş ve alandaki temel çalışmalara sıklıkla atıf yapmışlardır.

Kırmızı küme, Karr, Coello, Sakawa gibi isimlerden oluşmakta olup özellikle GA'nın optimizasyon ve mühendislik uygulamaları üzerindeki çalışmaları ile öne çıkmaktadır. Yeşil küme, Cordon, Alcal, Chen ve Damas gibi yazarları içermektedir. Bu grup, GA'nın optimizasyon ve tahmin problemlerine odaklanan çalışmalarda etkindirler. Kahverengi küme, Varela, Vela, Sierra ve Puante gibi yazarları içermektedir. Bu grup, GA'nın iş çizelgeleme ve optimizasyon problemleri üzerine yaptıkları çalışmalarla öne çıkmaktadır. Mor küme, Herrera, Lozano ve Villar gibi yazarları içermektedir. Bu grup, YZ, evrimsel hesaplama, bulanık mantık ve optimizasyon alanlarında önemli çalışmalarıyla tanınmış araştırmacılarıdır.

Bibliyografik eşleşme ağı, literatürdeki yazarlar arasında belirli odak alanlarında tematik kümelenmelerin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu analiz, GA alanında çalışan yazarların hem doğrudan hem de dolaylı akademik ilişkilerini göstermekte ve bu alanın gelişimine yön veren önde gelen araştırmacıları tanımlamaktadır.



Şekil 22. Yazarların bibliyografik eşleşme analizi

4.1.2.10. Kurumların bibliyografik eşleşme analizi

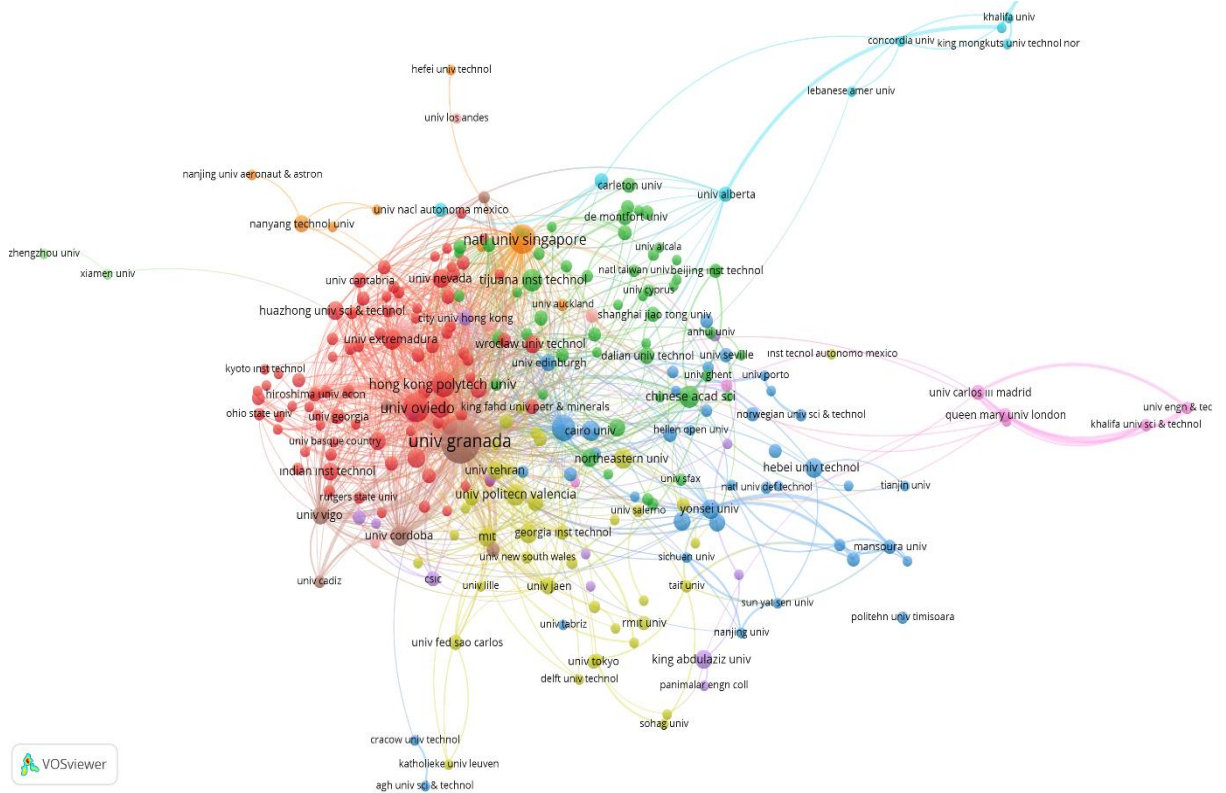
Kurumların bibliyografik eşleşme analizi, farklı üniversite ve araştırma kuruluşlarının benzer kaynaklara atıf yaparak bilimsel literatürde hangi derecede ortak araştırma eğilimleri gösterdiğini ortaya koyar. Kurumların bibliyografik eşleşme analizine göre, en az 3 yayın ve en

az 3 atıf kriteri belirlenerek ağ haritası oluşturulmuştur. Birbiriyle bağlantılı olduğu görülen 264 birim üzerinden yapılan analizde 11 küme, 21.247 bağlantı ve bağlantı gücü 121454 Olarak tespit edilmiştir. En fazla bibliyografik eşleşme olan kurumlar 2.065 alıntı ile Granada Üniversitesi (18753 TBG), 881 alıntı ile Illinois Üniversitesi (1975 TBG) ve 657 alıntı ile Vido Üniversitesi (3811 TBG) olmuştur.

Şekil 23'te bir düğüm bir kurumu temsil ederken, düğüm boyutu kurumun bibliyografik eşleşme yoğunluğunu göstermektedir. Kurumlar arası çizgiler ortak kaynaklara yapılan atıfları simgelerken, farklı renkler benzer atıf örüntülerine sahip kümeleri temsil etmektedir.

Kırmızı küme, ağın merkezinde yer alan ve en yoğun bibliyografik eşleşmelere sahip olan kurumlar arasında Hong Kong Politeknik Üniversitesi, Oviedo Üniversitesi, Hindistan Teknoloji Enstitüsü ve Madrid Üniversitesi gibi İspanyol ve Asya kökenli üniversiteler yer almaktadır. Yeşil küme, Çin Bilim Akademisi, Beijing Teknoloji Üniversitesi, Shanghai Jiao Tong Üniversitesi gibi Çin merkezli kurumları içermektedir. Mavi küme, İslami Azad Üniversitesi, Hebei Teknoloji Üniversitesi, Yonse Üniversitesi, Timisoara Politeknik Üniversitesi gibi farklı kıtalardan gelen kurumları bir araya getirmektedir. Turkuaz küme, Concordia Üniversitesi, Lebanese Amerikan Üniversitesi, Alberta Üniversitesi ve Khalifa Üniversitesi gibi kurumlar arasında belirgin bir bibliyografik eşleşme söz konusudur. Bu grup, özellikle Orta Doğu ve Kuzey Amerika'daki araştırma kurumlarının benzer kaynaklara yöneldiğini ortaya koymaktadır. Kahverengi küme, Granada Üniversitesi, Cordoba Üniversitesi, Vigo Üniversitesi ve Cadiz Üniversitesi arasındaki bibliyografik eşleşmeler görünmektedir.

Ağ yapısı, özellikle İspanya, Çin, Hindistan ve Amerika merkezli kurumların bu alanda öncü konumda olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, çalışmanın temel hedeflerinden biri olan GA'nın bilimsel yayınlardaki gelişimsel yapısını anlamaya katkı sağlamaktadır.



Şekil 23. Kurumların bibliyografik eşleşme analizi

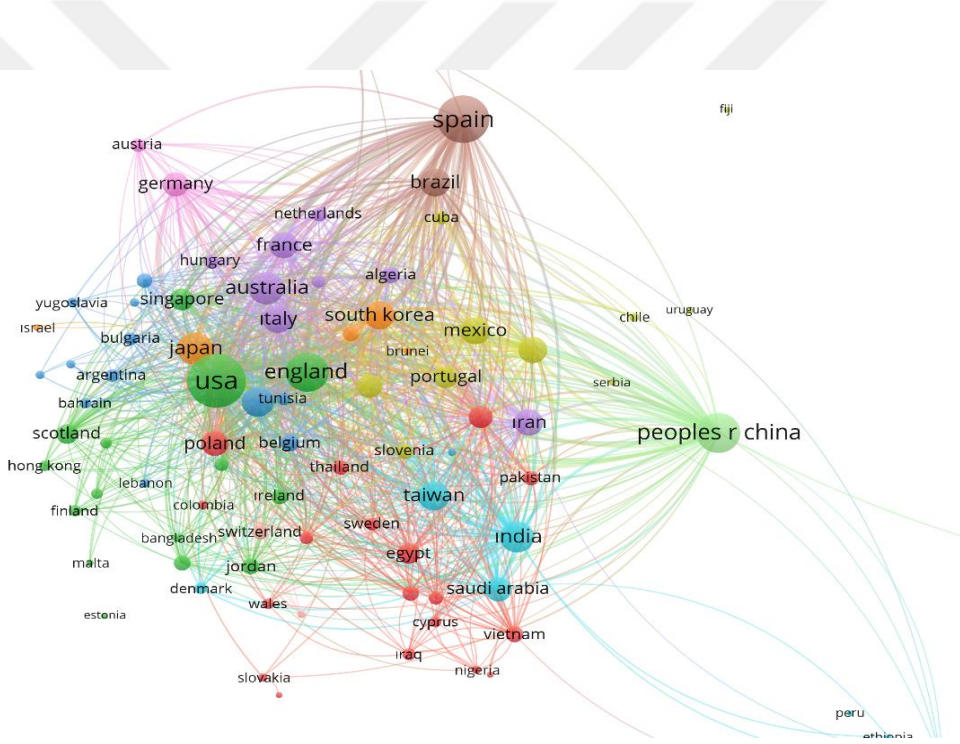
4.1.2.11. Ülkelerin bibliyografik eşleşme analizi

Ülkelerin bibliyografik eşleşme analizi, ülkelerin benzer kaynaklara atıf yaparak bilimsel literatürde hangi derecede ortak araştırma eğilimleri gösterdiğini ortaya koyar. Ülkelerin bibliyografik eşleşme analizine göre, en az 1 yayın ve en az 1 atıf kriteri belirlenerek ağ haritası oluşturulmuştur. Birbiriyle bağlantılı olduğu görülen 90 birim üzerinden yapılan analizde 11 küme, 21.247 bağlantı ve TBG 121.454 olarak tespit edilmiştir. En fazla bibliyografik eşleşme olan ülkeler 6.579 alıntı ve ile ABD (88.720 TBG), 3763 alıntı ile İspanya (66.956 TBG) ve 3077 alıntı ile Çin (45.320 TBG) olmuştur.

Bibliyografik eşleşme analizi, ülkelerin yayınlarının ortak atıf yaptığı kaynaklara göre benzerliklerini ölçmekte; bu bağlamda, iki ülkenin aynı kaynaklara atıf yapması, benzer araştırma alanlarında çalıştıklarını göstermektedir.

Şekil 24'te her bir düğüm bir ülkeyi temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü ülkelerin GA alanındaki yayın sayısına göre belirlenmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, ülkeler arasındaki bibliyografik eşleşme ilişkilerini ifade etmekte; çizgilerin kalınlığı ise bu ilişkinin

yoğunluğunu yansıtmaktadır. Renkler, ülkelerin oluşturduğu kümeleri göstermektedir ve bu kümeler, GA alanında tematik olarak benzer araştırma alanlarına sahip ülke gruplarını temsil etmektedir. Yeşil kümede ABD, Çin ve İngiltere ülkeleri arasındaki tematik benzerlikleri olduğu görülmektedir. Kırmızı kümede Polonya, Malezya, Romanya, Güney Kore ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi farklı bölgelerden ülkelerin bibliyografik eşleşmesi söz konusudur. Mavi ve mor kümede Türkiye, İtalya, Arjantin, İran, Avusturalya ve Fransa ülkeleri arasındaki bibliyografik eşleşmeyi göstermektedir. Sarı kümede Meksika, Kanada, Portekiz ve Yunanistan ülkeleri arasındaki bibliyografik eşleşme göstermektedir. Turuncu küme ise daha izole ve niş tematik alanları temsil etmektedir. Özellikle Çin, Hindistan, İspanya ve ABD gibi ülkeler, GA alanında tematik olarak önde gelen merkezler olarak öne çıkmaktadır. Bu kümelenme, GA'nın farklı coğrafi bölgelerde ve tematik alanlarda benzer araştırma eğilimleriyle ele alındığını ortaya koymaktadır.



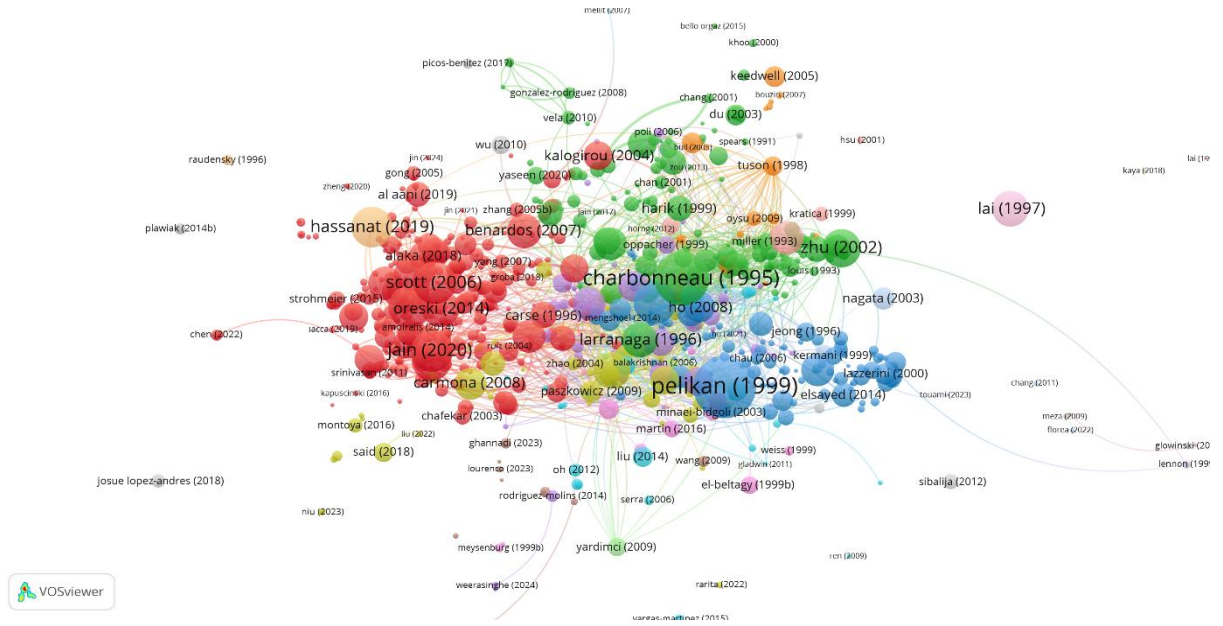
Şekil 24. Ülkelerin bibliyografik eşleşme analizi

4.1.2.12. Çalışmaların bibliyografik eşleşme analizi

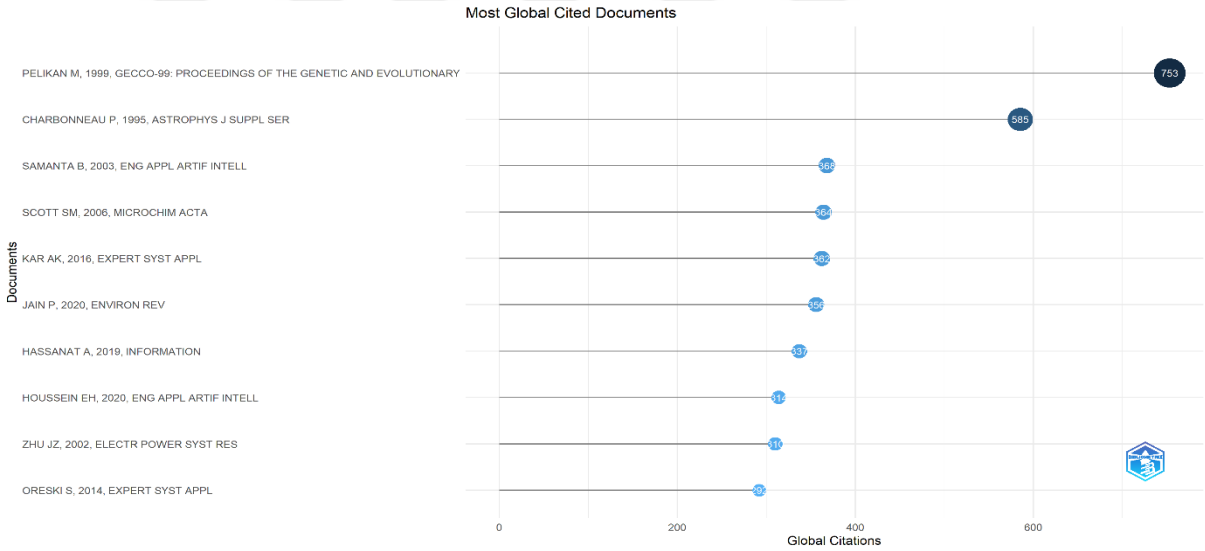
Şekil 25'te her bir düğüm bir çalışmayı temsil etmekte, düğümlerin büyüklüğü çalışmaların atıf sayısına veya bibliyografik eşleşme bağlantılarının yoğunluğuna göre belirlenmektedir. Düğümlerin renkleri, çalışmaların kümelenme yapısını göstermekte; aynı renkteki düğümler, benzer referanslara atıf yapan ve dolayısıyla tematik olarak benzer olan çalışmaları ifade

etmektedir. Düğümler arasındaki çizgiler, bibliyografik eşleşme ilişkilerini temsil etmekte; çizgilerin kalınlığı ise bu ilişkinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Kırmızı kümedeki Casillas (2009) ve Scott (2006) gibi çalışmalar, GA'nın 2000'li yıllardaki teorik ve erken uygulamalarını temsil etmektedir. Yeşil kümedeki Asadi (2012) gibi çalışmalar, GA'nın 2010'lu yıllarda mühendislik ve veri analitiği alanlarında yaygın bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Mavi kümedeki Reif (2012) ve sarı kümedeki Said (2018) gibi daha yeni çalışmalar, GA'nın YZ, biyoinformatik ve modern teknolojilerle entegrasyonunu yansıtmaktadır. Çalışmaların düğüm boyutları, atıf sayılarına veya bibliyografik eşleşme bağlantılarının yoğunluğuna göre değişmekte; örneğin, Charbonneau (1995) ve Pelikan (1999) gibi çalışmaların büyük düğüm boyutları, bu çalışmaların literatürde geniş bir etkiye sahip olduğunu ve birçok çalışma tarafından ortak referans olarak kullanıldığını göstermektedir.

Şekil 26'da çalışmaların atıf sayıları verilmiştir. En çok atıf alan dokümanların yayın yılları, GA literatürünün zaman içindeki gelişimini yansıtmaktadır. 753 atıf sayısı ile en çok atıf alan yayın Pelikan (1999) olmuştur. Pelikan (1999) ve Charbonneau (1995) gibi erken dönem çalışmaları, GA'nın 1990'lar ve 2000'lerin başında teorik ve bilimsel uygulamalara odaklandığını göstermektedir. Samanta (2003) ve Scott (2006) gibi çalışmalar, GA'nın 2000'li yıllarda mühendislik ve uygulamalı bilimlerde daha fazla yer bulduğunu ortaya koymaktadır. Daha yeni çalışmalar arasında Kar (2016), Li (2020) ve Houssein (2020) gibi dokümanlar, GA'nın son yıllarda YZ, çevresel bilimler ve modern mühendislik uygulamalarıyla entegre edildiğini göstermektedir. Özellikle Houssein'in 2020 tarihli çalışmasının kısa sürede 314 atıf alması, GA'nın YZ ile entegrasyonunun güncel bir araştırma trendi olduğunu ve bu alanda hızlı bir etki yarattığını yansıtmaktadır.



Şekil 25. Çalışmaların bibliyografik eşleşme analizi

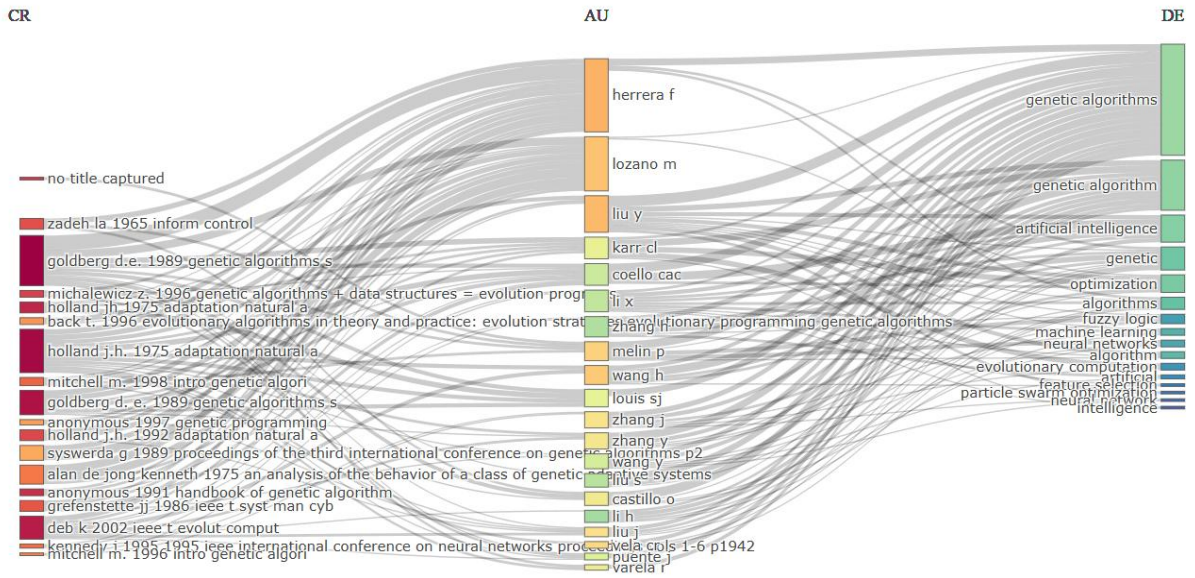


Şekil 26. Dünyada en çok atıf alan yayınlar

4.1.2.13. Kaynaklar, yazarlar ve anahtar sözcük arasındaki ilişki analizi

Şekil 27’de kaynaklar, yazarlar ve anahtar sözcükler arasındaki ilişkileri görselleştirmek amacıyla üç alanlı bir çizim olarak hazırlanmıştır. Çizimde, sol sütun GA alanındaki temel kaynakları (atıf yapılan referanslar), orta sütun bu alanda öne çıkan yazarları ve sağ sütun ise literatürde sık kullanılan anahtar sözcükleri temsil etmektedir. Her bir sütundaki öğeler arasındaki çizgiler, bu üç alan arasındaki ilişkileri göstermekte; çizgilerin kalınlığı ise ilişkinin yoğunluğunu yansıtmaktadır. Üç alanlı çizim, GA literatürünün temel kaynaklarının (Goldberg,

Holland, Mitchalewicz) teorik temeller üzerine odaklandığını, ancak zamanla bu temellerin daha geniş uygulama alanlarına (örneğin, YZ, makine öğrenimi, biyoinformatik) taşındığını göstermektedir. Herrera, Lozano ve Karr gibi yazarlar, bu klasik kaynakları temel alarak GA'nın optimizasyon ve evrimsel hesaplama alanlarında uygulanmasına öncülük etmiştir. Mirjalili ve Melin gibi yazarlar ise GA'nın modern teknolojilerle (örneğin, YZ, parçacık sürü optimizasyonu) entegrasyonuna odaklanmıştır. Anahtar sözcükler arasında *genetic algorithms*, *optimization* ve *artificial intelligence* gibi terimlerin merkezi bir rol oynaması, GA'nın hem teorik hem de uygulamalı alanlarda geniş bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 27. Kaynaklar (CR), yazarlar (AU) ve anahtar sözcükler (DE) arasındaki ilişkinin üç alan grafiği ile (Sankey Diagram) gösterimi

4.2. Konu Modelleme Bulguları

Bu çalışmada, GA alanında öne çıkan konuların belirlenmesi amacıyla LDA yöntemi kullanılmıştır.

4.2.1. Konu alanlarının belirlenmesi

Konu modelleme ile öne çıkan tematik alanlar belirlenmiştir. Tematik alanlar belirlenirken her konu için en iyi 10 anahtar kelime birlikte 10 konu ortaya çıkmıştır. Tablo 15'te LDA modelinin

oluşturduğu 10 konunun anahtar kelimelerine göre GA'nın araştırma alanlarındaki eğilimleri gösterilmiştir.

Tablo 15. LDA sonucunda terimler ve konu başlıkları

Konu	Konu Başlığı	LDA Terimleri
1	Yapay Zeka ve Sinir Ağları	System, network, artificial, intelligence, based, algorithm, learning, neural, application genetic
2	Ağ ve Sensör Tabanlı Sistemler	Network, service, sensor, data, model, traffic, resource, market, based, node
3	Kontrol Sistemleri ve Optimizasyon	System, control, power, algorithm, design, optimization, cost, genetic, controller, based
4	Genetik ve Biyoinformatik	genetic, data, clustering, cluster, sequence, expression, protein, structure, set, cell
5	Çok Amaçlı Optimizasyon ve NSGA-II	objective, multi, pareto, multi-objective, nsga, cutting, sorting, dominated, non, machining
6	Parametrik Tasarım ve Süreç Modelleme	model, parameter, method, process, design, using, analysis, artificial, genetic, optimization
7	Algoritma Geliştirme ve Problemler	algorithm, problem, genetic, optimization, solution, method, proposed, search, result, paper
8	Tahmin Modelleri ve Bulanık Mantık	model, network, neural, prediction, fuzzy, used, data, result, genetic, algorithm
9	Görüntü İşleme ve Sınıflandırma	feature, classification, method, data, image, algorithm, using, classifier, accuracy, based
10	Çok Etmenli Sistemler ve Kural Tabanlı Yaklaşımlar	genetic, algorithm, paper, agent, system, based, using, rule, approach, function

4.2.2. Konu alanları analizi

YZ ve sinir ağıları, insan beyninin yapısından ve işlevinden, özellikle biyolojik nöronların bilgiyi nasıl iletişim kurduğundan ve işlediğinden ilham alan yöntemleri içerir.

Ağ ve sensör tabanlı sistemler, çeşitli ortamları ve uygulamaları izlemek ve yönetmek için sensörleri, ağıları ve veri işlemeyi entegre eden hızla gelişen bir teknoloji alanıdır.

Kontrol sistemleri ve optimizasyon, dinamik sistemlerin düzenlenmesi ve iyileştirilmesine odaklanan çok yönlü bir mühendislik ve uygulamalı matematik alanıdır.

Genetik ve biyoinformatik, genetik verileri analiz etmek ve yorumlamak için temel hesaplama araçlarını ve metodolojilerini sağlayan alandır.

Çok amaçlı optimizasyon ve NSGA-II, mühendislik, ekonomi ve lojistik gibi çeşitli alanlarda ortak bir zorluk olan birden fazla çelişkili hedefi aynı anda optimize etme sürecini ifade eder. NSGA, çok amaçlı optimizasyon problemlerini etkili bir şekilde ele almak için tasarlanmış, yaygın olarak kullanılan bir evrimsel algoritmadır.

Parametrik tasarım ve süreç modelleme, tasarım esnekliğini, verimliliğini ve yeniliği artırmak için hesaplama araçlarından yararlanan mimarlık, mühendislik ve üretim alanlarında dönüştürücü bir yaklaşımı temsil eder.

Algoritma geliştirme ve problemler, hesaplama zorluklarını verimli bir şekilde ele almak için yöntemlerin oluşturulmasını ve iyileştirilmesini içerir.

Tahmin modelleri ve bulanık mantık, belirsizliği ele almak ve bilinçli kararlar vermek için sağlam çerçeveler sunar.

Görüntü işleme ve sınıflandırma, görüntülerin yorumlanması, sınıflandırılması ve analizine odaklanan dinamik ve gelişen bir araştırma alanıdır.

Çok etmenli sistemler ve kural tabanlı yaklaşımlar, karar vermeyi geliştirmek için birden fazla değişken ve veri kaynağının entegre edilmesini içerir. Karar vermeyi otomatikleştirmek, insan

uzmanlığını yakalamak ve sistematik olarak uygulamak için önceden tanımlanmış kuralları kullanır.

4.2.3. Konu alanları trend analizi

GA literatürde kullanımı zamanla çeşitlenmekte ve uygulama alanları genişlemektedir. Konu alanları zaman içinde değişim göstermekte ve farklı alanlar dönemsel olarak ön plana çıkmaktadır.

1989–2005 yılları arasında GA uygulamaları daha çok klasik mühendislik problemleri ve optimizasyon süreçleri ile sınırlı kalmıştır. Bu doğrultuda Algoritma geliştirme ve problemler, kontrol sistemleri ve optimizasyon, çok amaçlı optimizasyon ve NSGA-II konu başlıkları altında yoğunlaşmıştır. Bu başlıklar, GA temel yapısının tanımlandığı ilk uygulama örneklerinin geliştirildiği ve algoritmanın mühendislik tasarımı, üretim planlama, kontrol mekanizmaları gibi alanlarda kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

2005–2015 yılları arasında GA YZ teknikleri ve veri analizi yöntemleriyle birleştiği çalışmalar artmaya başlamıştır. Bu süreçte, Tahmin modelleri ve bulanık mantık, parametrik tasarım ve süreç modelleme, görüntü işleme sınıflandırma konuları ön plana çıkmaktadır. Bu konular, GA yalnızca optimizasyon aracı olarak değil, aynı zamanda veri sınıflandırma, öznitelik seçimi, süreç modelleme ve tasarım otomasyonu gibi alanlarda da kullanılmaya başladığını göstermektedir. Ayrıca, mimari tasarım, üretim mühendisliği ve görsel analiz gibi farklı disiplinlerde uygulamaların yaygınlaştığı bu dönem, GA'nın uygulama tabanlı yönünün gelişmeye başladığı bir evreyi temsil etmektedir.

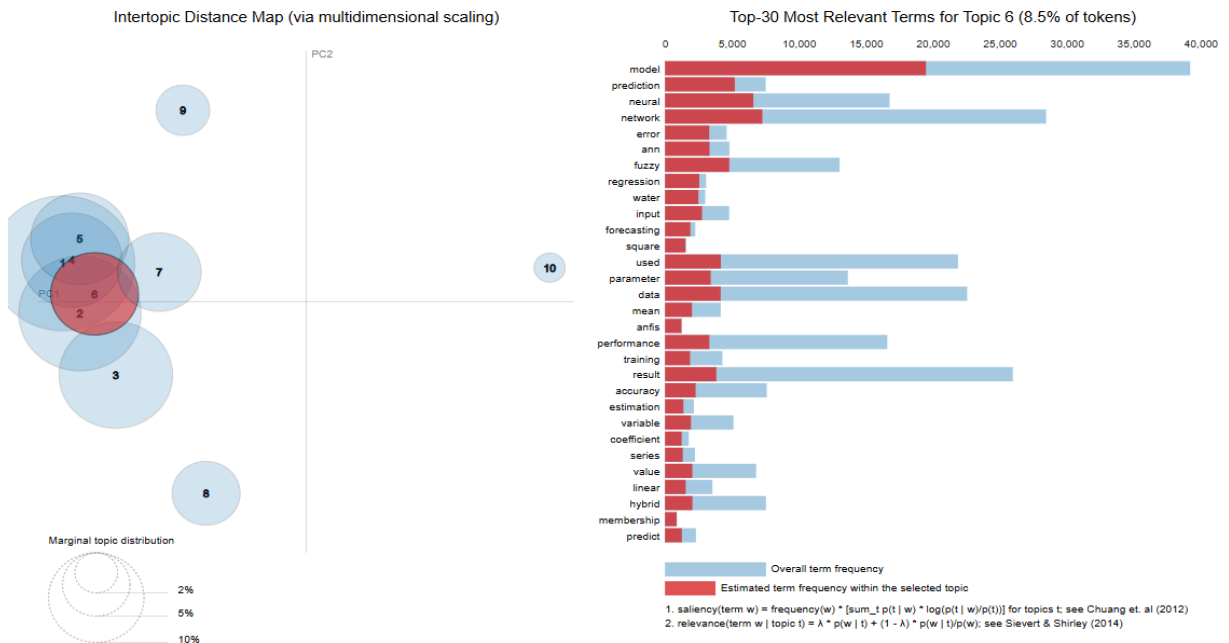
2015 ve sonrası teknolojik gelişmeler ve büyük veri uygulamalarıyla birlikte GA kullanım alanlarında, YZ ve sinir ağları, genetik ve biyoinformatik, çok etmenli sistemler ve kural tabanlı yaklaşımlar, ağ ve sensör tabanlı sistemler konu başlıkları öne çıkmıştır. Bu başlıklar altında yapılan çalışmalar GA'nın yapay sinir ağlarının eğitimi, verilerin analizi, çok etmenli karar sistemleri ve otonom sensör gibi karmaşık ve veri yoğun ortamda kullanılmaya başlandığını ortaya koymaktadır.

4.2.4. Konu alanlarının görselleştirilmesi

Konuların görselleştirilmesi için PyLDAvis aracı kullanılmıştır. PyLDAvis, LDA tarafından oluşturulan konu modellerinin sonuçlarını görselleştirmek için kullanılan bir araçtır (Gerlach vd., 2017).

Şekil 28’de PyLDAvis aracı ile sol tarafta konu dağılımında daire alanı, her bir konunun tüm külliyat üzerindeki önemini temsil eder, dairelerin merkezleri arasındaki mesafe konular arasındaki benzerliği gösterir. Benzer terimler barındıran konular birbiriyle daha fazla kesişeceği için haritada birbirine daha yakın konumlanırken, ortak terim bulundurmeyen konular daha uzakta yer alacaktır. Buna göre, "Konu 1- YZ ve Sinir Ağları ", "Konu 4- Genetik ve Biyoinformatik " ve "Konu 5- Çok Amaçlı Optimizasyon ve NSGA-II " en yakın konulardır. Bir başka yönden, "Konu 9- Görüntü İşleme ve Sınıflandırma" ve "Konu 10- Çok Etmenli Sistemler ve Kural Tabanlı Yaklaşımlar " en uzak konulardan biridir.

Şekil 28’de her konu için, sağ taraftaki histogram en alakalı ilk 30 terimi listelemiştir. Sağ tarafta yer alan mavi çubuğun uzunluğu, her bir terimin tüm yanıtlar genelinde ne kadar sık geçtiğini, kırmızı çubuğun uzunluğu ise bu terimin ilgili başlık içerisinde ne denli yoğun kullanıldığını göstermektedir. Sağ tarafta Konu 6 ele alınmıştır. "Konu6- Parametrik Tasarım ve Süreç Modelleme " için en alakalı terimler *model*, *neural* ve *network* terimleridir.



Şekil 28. Konular arası mesafe haritası (sol taraf); konu 6 için en alakalı 30 kelime (sağ taraf)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, 1989'dan 2025'e kadar GA alanında yapılan 2143 çalışmanın analizi yapılmıştır. Bu tezin amacı, GA yazınlarında bibliyometrik özellikleri, konuları ve gelişim aşamalarını belirlemektir. GA alanında çalışma yapacak olan araştırmacılar için yararlı bulgulara ulaşılmıştır.

GA alanında yayın sayıları 1999 yılında büyük bir artış göstererek dikkat çekmektedir. 1999 yılında GA en çok teorik bilgisayar bilimi, YZ ve otomasyon alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, GA'nın birçok mühendislik ve uygulamalı bilim alanına da yayıldığı anlaşılmaktadır. Bu çok alanlı kullanım, 1999'daki yayın patlamasının nedenlerinden biri olabilir. 1999 yılından sonra yayın sayısında azalma görülmüş olsa da 2002 yılında artmaya başlamış ve günümüzde de popülerliğini sürdürmektedir. Türkiye 1999 yılında 2 yayın ve toplamda 54 yayın olmak üzere alana katkı sağlamıştır.

GA alanında Pelikan'ın "BOA: The Bayesian optimization algorithm" yayını 753 atıf almıştır ve bu yayın alanın en fazla atıf alan çalışmasıdır. Ardından Charbonneau'nun "Genetic Algorithms In Astronomy And Astrophysics" yayını ile 585 atıf ile ikinci en fazla atıf alan yayın olmuştur. Türkiye'den Sabuncuoğlu'nun "Assembly Line Balancing Using Genetic algorithms" yayını 117 atıf almıştır.

GA alanında en fazla katkı sağlayan yazarlar ile yazarların bilimsel literatürdeki etkilerini ve araştırma alanındaki rollerini anlamada önemli bir etkidir. Herrera, 26 yayın, 1843 atıf ve 158 TBG skoruyla alanda açık ara en etkili yazar olarak öne çıkmaktadır. Bu, Herrera'nın hem yüksek üretkenlik hem de geniş bir bilimsel etkiyle lider konumda olduğunu göstermektedir. Herrera'nın çalışmaları, genellikle bilgisayar bilimi ve YZ kategorilerinde olmuştur. Bu çalışmaları alanında ilgi görmüş ve diğer araştırmacılar için önemli referans kaynağı olmuştur (Herrera vd., 2003). Lozano, 13 yayın, 775 atıf ve 135 TBG skoruyla ikinci sırada yer alarak alana güçlü bir katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Lozano'nun çalışmaları, özellikle GA, parçacık sürü optimizasyonu, farklı türlerdeki çaprazlama operatörleri ve çok amaçlı optimizasyon teknikleri üzerine odaklanmıştır (Lozano vd., 2016). Varela, 13 yayın ve 123 atıf ile 38 TBG skoruyla, Lozano ile aynı sayıda yayın üretmiş, ancak atıf sayılarında daha sınırlı bir etki yaratmıştır. Üretim planlama ve çizelgeleme alanlarında genetik algoritmaların uygulanması ve geliştirilmesi konularında önemli katkılar sağlamıştır. Özellikle, başlangıç

popölasyonunun sezgisel yöntemlerle oluşturulması ve genetik algoritmaların hibrit yaklaşımlarla zenginleştirilmesi gibi konular, Varela'nın araştırma alanlarının merkezinde yer almaktadır (Varela vd., 1999). Larranaga 3 yayınlı 331 atıf ve 34 TBG skoruyla, az sayıda yayınlı yüksek atıf olarak niteliksel açıdan güçlü bir performans sergilemiştir. Çalışmalarında sinir ağlarının yapısal öğrenimi ve genetik algoritmaların bu süreçteki rolü üzerine derinlemesine analizler sunmaktadır (Larranaga, 1996). TBG metrikleri incelendiğinde, Herrera ve Lozano'nun yüksek skorları, çalışmalarının hem nicelik hem de nitelik açısından alana derinlemesine katkı sağladığını yansıtmaktadır. Sánchez ve Larranaga gibi yazarların düşük yayın sayılarına rağmen yüksek atıf sayıları, onların çalışmalarının alandaki diğer araştırmacılar tarafından sıkça referans alındığını ve etkili olduğunu göstermektedir.

Türkiye'den alanda dikkat çeken isim Eğrioğlu 3 yayın ile alana katkıda bulunmuştur. Araştırmaları, bulanık zaman serileri tahmini, genetik algoritmalar ve yapay sinir ağları gibi alanlarda önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışmalar, özellikle finansal piyasaların tahmini ve YZ tabanlı modelleme konularında uygulama bulmaktadır (Eğrioğlu vd., 2023). Yazarlar arasında iş birliği, araştırma alanındaki sosyal ve akademik ağların yapısını ortaya koymağı sağlar. Yazarlar arası iş birlikleri, kimin kiminle çalıştığını ve bu ağların nasıl oluştuğunu gösterir. Örneğin, Herrera, Lozano ve Cordon gibi yazarlar geniş iş birliği ağlarına sahiptirler. Bu yazarların geniş iş birliği ağlarına sahip olmasının yüksek TBG ile doğrudan ilişkilidir. TBG bir yazarın bilimsel etkisini ve katkısını değerlendirmek için yayın sayıları, atıf sayıları ve diğer etki göstergelerini birleştiren karma bir ölçüttür. TBG, yalnızca yayın sayısına veya atıf sayısına odaklanmak yerine, yazarın genel bilimsel üretkenliğini ve çalışmalarının alandaki etkisini bütüncül bir şekilde ölçmeyi amaçlar.

GA alanında en etkili üretken olan ülkeler Çin, ABD ve İspanya olarak görölmektedir. Çin 321 yayınlı en üst sırada yer almaktadır. Türkiye 54 yayın 630 atıf ile alana katkı sağlamıştır. Türkiye'nin orta düzey performansı, alana katkı sağladığını gösterse de atıf sayıları ve TBG skoru açısından daha fazla gelişim potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye GA alanında önde gelen Çin, ABD, İspanya ve İngiltere ile iş birlikleri bulunmaktadır. Hindistan 97 yayın, 1523 atıf ve 20 TBG skoru, İran 61 yayın, 1285 atıf ve 20 TBG skoruyla alana katkıları dikkat çekmektedir. Hindistan, yüksek yayın sayısı ile geniş bir kapsama sahipken, İran daha az yayınlı yüksek atıf olarak niteliksel bir etki yaratmıştır. Bu bulgular, her iki ülkenin de bilimsel üretkenliklerini artırma potansiyeline sahip olduğunu ve özellikle İran'ın nitelik odaklı yaklaşımının gelecekte daha büyük etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Bu durum,

Hindistan ve İran'ın uluslararası iş birliklerini güçlendirerek alandaki etkilerini daha da artırabileceği yönünde önemli bir ipucu sunmaktadır. İspanya'nın alanda önde gelen ülkelerden gelmesini kurum olarak Granada Üniversitesi 47 yayınlı en yüksek yaparak desteklemektedir. Öte yandan Singapur Üniversitesi 22 yayınlı dikkat çekmektedir. Türkiye'den Bilkent Üniversitesi 118 atıf ve 1686 TBG ile öne çıkmaktadır.

GA alanında NSFC, 85 yayınlı en fazla destek sağlayan fon sağlayıcı olarak öne çıkmaktadır. Bu, NSFC'nin alanda yürütülen araştırmalara sağladığı finansal desteğin kapsamını ve Çin'in bilimsel üretkenlikteki lider konumunu yansıtmaktadır. İspanya Hükümeti, 42 yayınlı ikinci sırada yer alırken, EU 32 yayınlı üçüncü sırada bulunmaktadır. Bu üç fon sağlayıcı, toplam yayınların önemli bir kısmını destekleyerek alandaki araştırmaların ana finansörleri olarak dikkat çekmektedir. Brezilya merkezli CNPq ve CAPES, sırasıyla 19 ve 18 yayınlı önemli katkılar sunmuştur. Bu, Brezilya'nın bilimsel araştırmalara verdiği önemi ve bölgedeki araştırma kapasitesini göstermektedir.

GA alanında en fazla katkı sağlayan dergiler yayın sayıları, atıf sayıları ve TBG metrikleri üzerinden değerlendirildiğinde, Engineering Applications of Artificial Intelligence alanda en fazla etkiye sahip dergi olarak öne çıkmaktadır. Bu, derginin hem yüksek üretkenlik hem de geniş bir bilimsel etkiyle lider konumunda olduğunu göstermektedir. Dergi, bulanık mantık, sinir ağları ve genetik algoritmalar dahil olmak üzere mühendisliğe uygulanabilir çeşitli YZ araçlarını kapsar ve bunların farklı mühendislik dallarında kullanımlarını sergiler (Pham ve Pham, 1999). GECCO-99: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, 128 yayınlı, 2945 atıf ve 54 TBG skoruyla ikinci sırada yer alarak, özellikle genetik ve evrimsel hesaplama alanında önemli bir platform olduğunu kanıtlamaktadır. Expert Systems with Applications, 321 yayınlı en yüksek yayınlı sayısına sahip dergi olmasına rağmen, 3077 atıf ve 36 TBG skoruyla dördüncü sırada yer almıştır. Bu, derginin üretkenlik açısından önde olduğunu, ancak yayınlarının etkisinin diğer lider dergilere kıyasla daha sınırlı kaldığını göstermektedir. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 48 yayınlı, 1104 atıf ve 27 TBG skoruyla, daha az yayınlı yüksek atıf sayıları elde ederek niteliksel açıdan güçlü bir etki yaratmıştır. Benzer şekilde, Artificial Intelligence in Engineering (73 yayınlı, 864 atıf, 26 TBG) ve Applied Artificial Intelligence (70 yayınlı, 1174 atıf, 25 TBG), dengeli bir performans sergileyerek alana kayda değer katkılar sunmuştur.

GA alanında anahtar kelime analizi alanın konularını ve eğilimleri ortaya çıkarmaktadır. Analizde, *genetic algorithms*, 875 tekrar ve 4235 toplam bağlantı gücü ile en sık kullanılan anahtar kelime olarak öne çıkmaktadır. Bu, genetik algoritmaların alandaki araştırmaların temel bir odak noktası olduğunu ve diğer konularla güçlü bir bağlantı içinde olduğunu göstermektedir. *genetic algorithm* ise 581 tekrar ve 2811 bağlantı gücüyle ikinci sırada yer alarak, bu kavramın farklı varyasyonlarla sıkça ele alındığını ortaya koymaktadır. *Artificial intelligence* 256 tekrar ve 1389 bağlantı gücüyle, *optimization* 152 tekrar ve 946 bağlantı gücüyle, alandaki diğer önemli araştırma odaklarını temsil etmektedir. Bu anahtar kelimeler, YZ ve optimizasyon tekniklerinin genetik algoritmalarla sıkça bir arada kullanıldığını ve bu alanların birbirini destekleyen bir yapı sergilediğini göstermektedir. *Multi-objective optimization* 60 tekrar ve 247 bağlantı gücüyle, *fuzzy logic* 55 tekrar ve 313 bağlantı gücüyle, daha spesifik ancak etkili araştırma alanlarını temsil etmektedir. Bu anahtar kelimeler, alandaki problemlerin genellikle karmaşık ve çok boyutlu olduğunu, bu nedenle bulanık mantık ve çok amaçlı optimizasyon gibi yöntemlerin sıkça tercih edildiğini göstermektedir.

GA alanında konu modelleme analizi, 1989'dan 2025 yılına kadar alandaki konu başlıkları LDA terimleri ile belirlenmiştir. Analizde YZ ve sinir ağları konu başlığı ön plana çıkmaktadır. Bunun dışında, en fazla dikkat çeken temalar arasında çok amaçlı optimizasyon, yapay sinir ağları ile entegrasyon ve çözüm arama problemlerine yönelik genetik algoritma tabanlı yaklaşımlar yer almaktadır. Ayrıca genetik algoritmaların biyoinformatik ve sınıflandırma gibi alanlarda da sıkça kullanıldığı görülmüştür. GA'nın disiplinler arası kullanımının arttığını ve gelişen teknolojilerle birlikte yeni araştırma alanlarında da etkili olmaya başladığını göstermektedir. GA'nın zaman içerisinde farklılaşan ve çeşitlenen kullanım alanlarına sahip olduğu, ayrıca farklı disiplinlerle entegrasyonunun giderek arttığı dikkat çekmektedir. Başlangıçta daha çok mühendislik uygulamaları, kontrol sistemleri ve algoritma geliştirme gibi geleneksel teknik alanlarda kullanılan GA; günümüzde yapay zekâ, biyoinformatik, görüntü işleme ve çok etmenli sistemler gibi daha karmaşık ve çağdaş problemlerin çözümünde etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu gelişmeler doğrultusunda GA'nın; sağlık ve biyoinformatik alanında, yapay zekâ ile bütünleşik sistemlerde, Endüstri 4.0 kapsamında sensör sistemleri, üretim hattı yönetimi ve otonom karar alma süreçlerinde; mimari tasarım ve süreç mühendisliğinde parametrik tasarım ve yapı optimizasyonunda; enerji yönetimi, rota planlama ve kaynak tahsisi gibi çok amaçlı optimizasyon problemlerinde daha yaygın kullanılacağı öngörülmektedir.

Bu tezde bulgular WoS veri tabanı kullanılarak elde edilmiştir. Bibliyometrik analiz için VOSviewer yazılım, R Studio Biblioshiny paketi ve konu modelleme için LDA algoritması kullanılmıştır. Sonraki araştırmalarda, veri tabanı olarak yalnızca WoS değil, Scopus, Google Scholar gibi veri tabanları kullanılarak daha geniş bir bakış açısı elde edilebilir. Bu, daha geniş ve kapsamlı sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir. Bibliyometrik analiz için CiteSpace, Gephi, HistCite, PowerBI gibi araçların kullanılması ile çeşitli ve zengin bulguların elde edilmesine imkân tanıyabilir.



KAYNAKÇA

- Agarwal, A., Durairajanayagam, D., Tatagari, S., Esteves, S. C., Harlev, A., Henkel, R., Roychoudhury, S., Homa, S., Puchalt, N. G., Ramasamy, R., Majzoub, A., Dao Ly, K., Tvrda, E., Assidi, M., Kesari, K., Sharma, R., Banihani, S., Ko, E., Abu-Elmagd, M., ... Bashiri, A. (2016). Bibliometrics: tracking research impact by selecting the appropriate metrics. *Asian Journal of Andrology*, 18(2), 296–309. <https://doi.org/10.4103/1008-682X.171582>
- Aghaei Chadegani, A., Salehi, H., Md Yunus, M. M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., ve Ale Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18–26. <https://doi.org/10.5539/ASS.V9N5P18>
- Al Barra, A. F., Saputro, D. R. S., ve Widianingsih, P. (2024). Bibliometric Analysis of Spline Regression Model for Trend Mapping and Strategy Development Research Using Vosviewer. *Nucleus*, 5(02), 74–81. <https://doi.org/10.37010/NUC.V5I02.1760>
- Alam, T., Qamar, S., Dixit, A., ve Benaida, M. (2020). *Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications*. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS202006.0028.V1>
- Alghamdi, R., ve Alfalqi, K. (2015). A Survey of Topic Modeling in Text Mining. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 6(1). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2015.060121>
- Alryalat, S. A. S., Malkawi, L. W., ve Momani, S. M. (2019). Comparing Bibliometric Analysis Using PubMed, Scopus, and Web of Science Databases. *Journal of Visualized Experiments*, 2019(152). <https://doi.org/10.3791/58494>
- Araújo, C. A. Á. (2006). *Bibliometria: evolução histórica e questões atuais*. 12(1), 11–32.
- Aria, M., ve Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2017.08.007>
- Aydın, N. (2014). Bibliyometrik Analiz Nasıl Yapılır: Genel Bakış. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi Aydın*, 2024(10).
- Bellman, R. (1957). Functional Equations in the Theory of Dynamic Programming--VI, A Direct Convergence Proof. *The Annals of Mathematics*, 65(2), 215. <https://doi.org/10.2307/1969958>

- Bienert, I. R. C., de Oliveira, R. C., de Andrade, P. B., ve Caramori, C. A. (2015). Bibliometric indexes, databases and impact factors in cardiology. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, 30(2), 254–259. <https://doi.org/10.5935/1678-9741.20150019>
- Boyack, K. W., ve Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12), 2389–2404. <https://doi.org/10.1002/ASI.21419>
- Bradford, S. (1934). Sources of information on specific subjects 1934. *Engineering*, 85–86. <https://doi.org/10.1177/016555158501000407/ASSET/48428D1E-426A-43C4-A07F-20DC6586589C/ASSETS/016555158501000407.FP.PNG>
- Chang, E., ve Lippmann, R. (1990). Using Genetic Algorithms to Improve Pattern Classification Performance. *Neural Information Processing Systems*.
- Cheng, M. Y., Prayogo, D., Ju, Y. H., Wu, Y. W., ve Sutanto, S. (2016). Optimizing mixture properties of biodiesel production using genetic algorithm-based evolutionary support vector machine. *International Journal of Green Energy*, 13(15), 1599–1607. <https://doi.org/10.1080/15435075.2016.1206549>
- Chihaoui, M., Dhibi, N., ve Ferchichi, A. (2024). Optimization of convolutional neural network and visual geometry group-16 using genetic algorithms for pneumonia detection. *Frontiers in Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/FMED.2024.1498403>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., ve Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146–166. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2010.10.002>
- Dashti, M. A., Farjami, Y., Vedadi, A., ve Anisseh, M. (2007). Implementation of particle swarm optimization in construction of optimal risky portfolios. *IEEM 2007: 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 812–816. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2007.4419303>
- De La Iglesia, B., Philpott, M. S., Bagnall, A. J., ve Rayward-Smith, V. J. (2003). Data mining rules using multi-objective evolutionary algorithms. *2003 Congress on Evolutionary Computation, CEC 2003 - Proceedings*, 3, 1552–1559. <https://doi.org/10.1109/CEC.2003.1299857>
- Debortoli, S., Müller, O., Junglas, I., ve vom Brocke, J. (2016). Text Mining for Information Systems Researchers: An Annotated Topic Modeling Tutorial. *Communications of The Ais*, 39(1), 7. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03907>

- Ding, Y., Chowdhury, G. G., ve Foo, S. (2001). Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis. *Information Processing and Management*, 37(6), 817–842. [https://doi.org/10.1016/S0306-4573\(00\)00051-0](https://doi.org/10.1016/S0306-4573(00)00051-0)
- Egrioglu, E., Grosan, C., & Bas, E. (2023). A new genetic algorithm method based on statistical-based replacement for the training of multiplicative neuron model artificial neural networks. *Journal of Supercomputing*, 79(7), 7286–7304. <https://doi.org/10.1007/S11227-022-04935-0>
- Eiben, A. E., ve Smith, J. E. (2015). *Introduction to Evolutionary Computing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44874-8>
- Ekicioğlu, Z. (2011). *Paralel Mekanizmaların Çalışma Uzayı Analizinde Kullanılan Yapay Sinir Ağı Yapısının Genetik Algoritmalar ile Belirlenmesi*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ellegaard, O. (2018). The application of bibliometric analysis: disciplinary and user aspects. *Scientometrics*, 116(1), 181–202. <https://doi.org/10.1007/S11192-018-2765-Z>
- Esh ve Ghosh. (2025). AI in Libraries: Subject Mapping and Interpreting Bibliometric Laws with Contemporary Metrics. *Serials Librarian*, 85(5–6), 1–18. <https://doi.org/10.1080/0361526X.2024.2444288>
- Estivill-Castro, V., ve Murray, A. T. (1997). *Spatial Clustering for Data Mining with Genetic Algorithms*.
- Forrest, S. (1996). Genetic Algorithms. *ACM Computing Surveys*, 28(1).
- Gerlach, M., Peixoto, T. P., ve Altmann, E. G. (2017). A network approach to topic models. *Science Advances*, 4(7), 1–12. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aag1360>
- Glänzel, W., ve Schubert, A. (2004). Analysing Scientific Networks Through Co-Authorship. *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, 257–276. https://doi.org/10.1007/1-4020-2755-9_12
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Addison-Wesley.
- Goldberg, D. E., ve Holland, J. H. (1988). Genetic Algorithms and Machine Learning. *Machine Learning*, 3(2), 95–99. <https://doi.org/10.1023/A:1022602019183/METRICS>
- Gutierrez-Martinez, M. A., Rojo-Rodriguez, E. G., Cabrales-Ramirez, L. E., Estabridis, K., ve Garcia-Salazar, O. (2024). Genetic algorithm-based path planning of quadrotor UAVs on a 3D environment. *The Aeronautical Journal*, 1–37. <https://doi.org/10.1017/aer.2024.132>

- Gutiérrez-Salcedo, M., Martínez, M. Á., Moral-Munoz, J. A., Herrera-Viedma, E., ve Cobo, M. J. (2017a). Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, 48(5), 1275–1287. <https://doi.org/10.1007/S10489-017-1105-Y>
- Gutiérrez-Salcedo, M., Martínez, M. Á., Moral-Munoz, J. A., Herrera-Viedma, E., ve Cobo, M. J. (2017b). Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, 48(5), 1275–1287. <https://doi.org/10.1007/S10489-017-1105-Y>
- Hamblin, S. (2012). *On the practical usage of genetic algorithms in ecology and evolution*. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12000>
- Harinarayana, N. (2015). *Data sources and software tools for bibliometric studies*.
- Hassani, H., Beneki, C., Unger, S., Mazinani, M. T., ve Yeganegi, M. R. (2020). Text Mining in Big Data Analytics. *Big Data and Cognitive Computing*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.3390/BDCC4010001>
- Herrera, F., ve Lozano, M. (2000). Two-Loop Real-Coded Genetic Algorithms with Adaptive Control of Mutation Step Sizes. *Applied Intelligence*, 13(3), 187–204. <https://doi.org/10.1023/A:1026531008287/METRICS>
- Herrera, F., Lozano, M., ve Sánchez, A. M. (2003). A taxonomy for the crossover operator for real-coded genetic algorithms: An experimental study. *International Journal of Intelligent Systems*, 18(3), 309–338. <https://doi.org/10.1002/INT.10091>
- Holland, J. H. (1975). Adaptation in natural and artificial systems : an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. *Ann Arbor University of Michigan Press* 1975, viii, 183 p. https://books.google.com/books/about/Adaptation_in_Natural_and_Artificial_Sys.html?hl=trveid=YE5RAAAAMAAJ
- Holland, J.H. (1975) *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor. (2nd Edition, MIT Press, 1992.) - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). Retrieved March 3, 2025, from <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1351022>
- Hota, P. K., Subramanian, B., ve Narayanamurthy, G. (2019). Mapping the Intellectual Structure of Social Entrepreneurship Research: A Citation/Co-citation Analysis. *Journal of Business Ethics*, 166(1), 89–114. <https://doi.org/10.1007/S10551-019-04129-4>
- Hurtado, S. R. B., Carpes, C. E. P., Inomata, D. O., ve Varvakis, G. (2012). Aproximações entre Gestão do Conhecimento e Processos de Negócios: uma revisão de literatura a partir do mapeamento dos artigos mais citados na ISI Web of Science. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 7(3), 57. <https://doi.org/10.15675/GEPROS.V7I3.636>

- Hyndman, B., ve Pill, S. (2017). What's in a concept? A Leximancer text mining analysis of physical literacy across the international literature: *European Physical Education Review*, 24(3), 292–313. <https://doi.org/10.1177/1356336X17690312>
- Iglesias, A., ve Gálvez, A. (2023). Genetic Algorithm Applications for Challenging Real-World Problems: Some Recent Advances and Future Trends. *Springer Tracts in Nature-Inspired Computing*, 21–50. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3428-7_2
- Jarneving, B. (2005). A comparison of two bibliometric methods for mapping of the research front. *Scientometrics*, 65(2), 245–263. <https://doi.org/10.1007/S11192-005-0270-7>
- José de Oliveira, O., Francisco da Silva, F., Juliani, F., César Ferreira Motta Barbosa, L., ve Vieira Nunes, T. (2019). Bibliometric Method for Mapping the State-of-the-Art and Identifying Research Gaps and Trends in Literature: An Essential Instrument to Support the Development of Scientific Projects. In *Scientometrics Recent Advances*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85856>
- Kademani, B. S. . (2011). *Beyond librarianship : creativity, innovation, and discovery*. 206. https://www.researchgate.net/publication/277119876_Co-citation_Analysis_An_Overview
- Khan, M. W. (2024). A Comprehensive Survey of Genetic Programming Applications in Modern Biological Research. *Deleted Journal*. <https://doi.org/10.47852/BONVIEWMEDIN42023692>
- Khanna, A., Lamba, B. Y., Jain, S., Bolshev, V., Budnikov, D., Panchenko, V., ve Smirnov, A. (2023). Biodiesel Production from Jatropha: A Computational Approach by Means of Artificial Intelligence and Genetic Algorithm. *Sustainability*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/SU15129785>
- Kherwa, P., ve Bansal, P. (2018). Topic Modeling: A Comprehensive Review. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, 7(24), 159623. <https://doi.org/10.4108/EAI.13-7-2018.159623>
- Kokol, P., Blažun Vošner, H., ve Završnik, J. (2020). Application of bibliometrics in medicine: a historical bibliometrics analysis. *Health Information and Libraries Journal*, 38(2), 125–138. <https://doi.org/10.1111/HIR.12295>
- Koza, J. R., ve Jacks Hall, M. (1995). *SURVEY OF GENETIC ALGORITHMS AND GENETIC PROGRAMMING*. <http://www-cs-faculty.stanford.edu/~koza/>
- Larranaga, P. (1996). Structure learning of bayesian networks by genetic algorithms: A performance analysis of control parameters. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(9), 912–926. <https://doi.org/10.1109/34.537345>

- Le, K., Wei, T., ve Tagalogon, J. (2023). *Genetic Algorithm and Application*. <https://doi.org/10.14293/PR2199.000533.V1>
- Lestari, D., Sendari, S., ve Zaeni, I. A. E. (2023). Genetic algorithm for finding shortest path of mobile robot in various static environments. *Jurnal Infotel*, 15(3), 281–287. <https://doi.org/10.20895/INFOTEL.V15I3.961>
- Liepins, G. E., ve Hilliard, M. R. (1990). Genetic algorithms: foundations and applications. *Annals of Operations Research*, 21(1), 31–58. <https://doi.org/10.1007/BF02022092>
- Lotka, A. (1926). The frequency distribution of scientific productivity on JSTOR. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 317–323. <https://www.jstor.org/stable/24529203>
- Lozano, M., Laguna, M., Martí, R., Rodríguez, F. J., ve García-Martínez, C. (2016). A genetic algorithm for the minimum generating set problem. *Applied Soft Computing*, 48, 254–264. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2016.07.020>
- Md Isa, F., Nor Munirah Ariffin, W., Shahar Jusoh, M., Puspanantasari Putri, E., ve Perniagaan Pengkalan Jaya Jalan Alor Setar-Kangar, P. (2024). A Review of Genetic Algorithm: Operations and Applications. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology Journal Homepage*, 40, 1–34. <https://doi.org/10.37934/araset.40.1.134>
- Melanie, M. (1999). 0–262–63185–7 (PB) 1. *Genetics-Computer simulation*. 2. *Genetics-Mathematical models*.
- Mihalcea, R. (2008). The Text Mining Handbook: Advanced Approaches to Analyzing Unstructured Data Ronen Feldman and James Sanger (Bar-Ilan University and ABS Ventures) Cambridge, England: Cambridge University Press, 2007, xii+410 pp; hardbound, ISBN 0-521-83657-3, \$70.00 . *Computational Linguistics*, 34(1), 125–127. <https://doi.org/10.1162/COLI.2008.34.1.125>
- Moral-Munoz, J. A., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., ve Cobo, M. J. (2019). Science mapping analysis software tools: A review. *Springer Handbooks*, 159–185. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_7
- Moscato, P., Cotta, C., ve Mendes, A. (2004). *Memetic Algorithms*. 53–85. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39930-8_3
- Muñoz-Leiva, F., María, ·, Viedma-Del-Jesús, I., Sánchez-Fernández, J., Gabriel López-Herrera, A., Muñoz-Leiva, F., Viedma-Del-Jesús, M. I., Sánchez-Fernández, J., ve López-Herrera, A. G. (2012). An application of co-word analysis and bibliometric maps for detecting the most highlighting themes in the consumer behaviour research from a

- longitudinal perspective. *Quality ve Quantity*, 46(4), 1077–1095.
<https://doi.org/10.1007/S11135-011-9565-3>
- Natale, F., Fiore, G., ve Hofherr, J. (2012). Mapping the research on aquaculture. A bibliometric analysis of aquaculture literature. *Scientometrics*, 90(3), 983–999.
<https://doi.org/10.1007/S11192-011-0562-Z/METRICS>
- Paszkowicz, W. (2009). Genetic Algorithms, a Nature-Inspired Tool: Survey of Applications in Materials Science and Related Fields. *Materials and Manufacturing Processes*, 24(2), 174–197. <https://doi.org/10.1080/10426914.2012.746707>
- Pham, D. T., ve Pham, P. T. N. (1999). Artificial intelligence in engineering. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39(6), 937–949.
[https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(98\)00076-5](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(98)00076-5)
- Porter, B., ve Zadeh, N. N. (1996). Genetic rule induction in the design of computed-torque/fuzzy-logic controllers for robotic manipulators. *IEEE International Symposium on Intelligent Control - Proceedings*, 325–329. <https://doi.org/10.1109/ISIC.1996.556222>
- Pritchard, A. (1969). (PDF) Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25(4), 348–349.
https://www.researchgate.net/publication/236031787_Statistical_Bibliography_or_Bibliometrics
- Questão, E., ve Alegre, P. (2006). *Bibliometria: evolução histórica e questões atuais*. 12(1), 11–32.
- Reeta, ve Patel, S. K. (2012). *Genetic Algorithm: A Study of Parallel Genetic Algorithms*.
- Reeves, C. R. . (1995). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. 320.
- Retno, D., Saputro, S., Prasetyo, H., Wibowo, A., Khairina, F., Sidiq, K., Ngurah, G., Wibowo, A., Saputro, D. R. S., Prasetyo, H., Wibowo, A., Khairina, F., Sidiq, K., ve Wibowo, G. N. A. (2023). Bibliometric analysis of neural basis expansion analysis for interpretable time series (n-beats) for research trend mapping. *Barekeng*, 17(2), 1103–1112.
<https://doi.org/10.30598/BAREKENGVOL17ISS2PP1103-1112>
- Rustem, P. (2012). *6 Genetic Algorithms: An Overview with Applications in Evolvable Hardware*. www.intechopen.com
- Salinas-Ríos, K., ve García López, A. J. (2022). Bibliometrics, a useful tool within the field of research. *Journal of Basic and Applied Psychology Research*, 3(6), 9–16.
<https://doi.org/10.29057/JBAPR.V3I6.6829>

- Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3–4), 842–865. <https://doi.org/10.3989/redc.1990.v13.i3.842>
- Schulze-Kremer, S. (1993). Genetic algorithms for protein tertiary structure prediction. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 667 LNAI, 262–279. https://doi.org/10.1007/3-540-56602-3_141
- Shapiro, J. (2001). Genetic Algorithms in Machine Learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2049 LNAI, 146–168. https://doi.org/10.1007/3-540-44673-7_7
- Shi, L., Da, L., ve Fu, H. (2005). An Application of Genetic Algorithm in Engineering Optimization. *Current Trends in High Performance Computing and Its Applications*, 431–435. https://doi.org/10.1007/3-540-27912-1_57
- Sivanandam, S. N., ve Deepa, S. N. (2008). Introduction to genetic algorithms. *Introduction to Genetic Algorithms*, 1–442. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-73190-0/COVER>
- Suman, S. K., ve Giri, V. K. (2015). Genetic Algorithms: Basic Concepts and Real World Applications. *International Journal of Electrical*.
- Swerhun, M., Foley, J., Mossop, B., ve Mago, V. (n.d.). *A summary of the prevalence of Genetic Algorithms in Bioinformatics from 2015 onwards*.
- Syahla, R., Susanti, D., ve Napitupulu, H. (2024). Optimization of Investment Portfolio Mean-Variance Model Using Genetic Algorithm. *International Journal of Business, Economics, and Social Development*, 5(2), 227–234. <https://doi.org/10.46336/IJBESD.V5I2.654>
- Szabo, R., ve Ricman, R.-S. (2023). *machines A Genetic Algorithm-Controlled Solar Tracker Robot with Increased Precision Due to Evolution*. <https://doi.org/10.3390/machines11040430>
- Talpur, F., Korejo, I. A., Chandio, A. A., Ghulam, A., ve Talpur, M. S. H. (2024). ML-Based Detection of DDoS Attacks Using Evolutionary Algorithms Optimization. *Sensors*, 24(5). <https://doi.org/10.3390/S24051672>
- Taqi, M., Rusydiana, A. S., Kustiningsih, N., ve Firmansyah, I. (2021). Environmental accounting: a scientometric using biblioshiny. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 369–380. <https://doi.org/10.32479/IJEEP.10986>
- Thanuskodi, S. (2010). Bibliometric Analysis of the Journal Library Philosophy and Practice from. *Bibliometric Analysis of the Journal Library Philosophy*.

- Thompson, D. F., ve Walker, C. K. (2015). A Descriptive and Historical Review of Bibliometrics with Applications to Medical Sciences. *Pharmacotherapy*, 35(6), 551–559. <https://doi.org/10.1002/PHAR.1586>
- Tito-Corrioso, O., Borges-Trenard, M. A., Borges-Quintana, M., Rojas, O., ve Sosa-Gómez, G. (2021). Study of Parameters in the Genetic Algorithm for the Attack on Block Ciphers. *Symmetry*, 13(5), 806. <https://doi.org/10.3390/SYM13050806>
- Tsai, C.-W., ve Chiang, M.-C. (2023). Genetic algorithm. *Handbook of Metaheuristic Algorithms*, 111–138. <https://doi.org/10.1016/B978-0-44-319108-4.00020-4>
- Tutar, H., Nam, S., ve Çağıltay, C. G. (2023). Bibliometric Analysis and Visual Mapping of the Articles Published in the ILEF Journal from the Beginning to the Present. *Kastamonu İletişim Araştırmaları Dergisi*, 10, 87–105. <https://doi.org/10.56676/KIAD.1163603>
- Ülker, P., Ülker, M., ve Karamustafa, K. (2022). Bibliometric analysis of bibliometric studies in the field of tourism and hospitality. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, 6(2), 797–818. <https://doi.org/10.1108/JHTI-10-2021-0291>
- Valérie, D., ve Pierre, A. G. (2010). Bibliometric indicators: Quality measurements of scientific publication. *Radiology*, 255(2), 342–351. <https://doi.org/10.1148/RADIOL.09090626>
- van Eck, N. J., ve Waltman, L. (2014a). Visualizing Bibliometric Networks. *Measuring Scholarly Impact*, 285–320. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- van Eck, N. J., ve Waltman, L. (2014b). Visualizing Bibliometric Networks. *Measuring Scholarly Impact*, 285–320. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- van Eck, N. J., ve Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053–1070. <https://doi.org/10.1007/S11192-017-2300-7>
- Varela, N., Lezama, O. B. P., ve Borda, J. (2021). Use of Genetic Algorithm Applied to the Optimization of Investments in Financial Actions. 57–65. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8443-5_5
- Varela vd. (1999). Heuristic generation of the initial population in solving job shop problems by evolutionary strategies. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 1606, 690–699. <https://doi.org/10.1007/BFB0098227>
- Wallace, N., ve Feeney, M. (2018). *An Introduction to Text Mining: How Libraries Can Support Digital Scholars*. 7, 23–30. <http://dhresourcesforprojectbuilding.pbworks.com/w/page/69244469/Data%20>

- Xie, G. (2024). Utilization of Neural Network-Genetic Algorithm in Financial Risk Modeling. *2nd IEEE International Conference on Data Science and Network Security, ICDSNS 2024*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICDSNS62112.2024.10690891>
- Yan, L., ve Zhiping, W. (2023). Mapping the Literature on Academic Publishing: A Bibliometric Analysis on WOS. *SAGE Open*, 13(1). https://doi.org/10.1177/21582440231158562/SUPPL_FILE/SJ-DOCX-1-SGO-10.1177_21582440231158562.DOCX
- Yiğit, F., ve Lazarevska, A. M. (2025). Production planning optimization with fuzzy analytic hierarchy process and genetic algorithm. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 384–396. <https://doi.org/10.25092/BAUNFBED.1578402>
- Zhang, Y., Chen, M., ve Liu, L. (2015). A review on text mining. *Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences, ICSESS, 2015-November*, 681–685. <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2015.7339149>
- Zhao, W., Chen, J. J., Perkins, R., Liu, Z., Ge, W., Ding, Y., ve Zou, W. (2015). A heuristic approach to determine an appropriate number of topics in topic modeling. *BMC Bioinformatics*, 16(13), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-16-S13-S8/FULLTEXT.HTML>
- Zupic, I., ve Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>