

## STEM Kariyeri ve Tutumları Konusundaki Araştırmalarda Uluslararası İşbirliklerine Genel Bakış

lke B. Yeşilkaya<sup>1</sup>, İlker Yeşilkaya<sup>2</sup>, Salih epni<sup>1</sup>, Salih Tutun<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bursa Uludağ University, [ulkebalci@gmail.com](mailto:ulkebalci@gmail.com), ORCID: 0000-0001-8332-1050

<sup>2</sup> Metacognitive LLC, [ilker.yesilkaya@gmail.com](mailto:ilker.yesilkaya@gmail.com), ORCID: 0000-0002-9226-6177

<sup>3</sup> Prof.Dr., Bursa Uludağ University, [cepnisalih@yahoo.com](mailto:cepnisalih@yahoo.com), ORCID: 0000-0003-2343-8796

<sup>4</sup> Dr. Washington University in St. Louis, [salih.tutun@wustl.edu](mailto:salih.tutun@wustl.edu), ORCID: 0000-0001-6193-8332

\* Bu alışma ilk yazarın tez alışmasındandır

\*\* XV. World Conference On Education (WCES) Kongresinde bildiri olarak yayınlanmıştır.

### Z

STEM alanlarının öneminin artmasıyla birlikte her geçen gün STEM mesleklerine yönelik ihtiyaç da artmaktadır. Bu durum STEM alanlarına yönelik çalışmaların incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bu amaçla çalışmada, STEM meslekleri ve STEM' e yönelik tutum üzerine çalışan araştırmacılar arasında kurulan ortak yazarlık ilişkileri bir sosyal ağ oluşturarak incelenmiştir. 1983-2023 yılları arasında Web of Science Core Collection veri tabanında "STEM Career" (STEM Kariyeri), "STEM Jobs" (STEM İşleri), "STEM Occupation" (STEM Meslekleri), "STEM Vocation" (STEM Meslekleri) ile "STEM Attitude" (STEM Tutumları) kelimelerini barındıran sorgu sonucunda 6371 adet yayına ulaşılmıştır. Çalışmamızda, ortak yazarlık ağında yer alan 10989 yazar, 237 niversite ve 121 ülke arasında kurulan ilişkiler modellenmiştir. Ağdaki yazarlar arasındaki iş birlikleri sonucunda Louvain algoritması ile öne çıkan topluluklar bulunmuştur. Gephi yazılımı kullanılarak ağrıklık derece merkeziliği, yakınlık derece merkeziliği ve arasındalık derece merkeziliği gibi diğer ağ metrikleri hesaplanmış ve görselleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, sosyal ağdaki bilimsel iş birliklerinin karakteristik örüntülerini, alanda ne çıkan yazarları, niversiteleri ve ülkeleri ortaya çıkarılmıştır. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz grafik yoğunluğu değerlerinin yıllara göre dağılım sonuçları, STEM meslekleri ve kariyerleri alanında yapılan çalışmalarda yazarlar, niversiteler ve ülkeler bazında akademik iş birliği sayısının arttığını göstermiştir. lkeler arası iş birlikleri incelendiğinde ilk 10 sırada yer alan lkeler ABD, İngiltere, Avusturya ve Kanada iken sıralamada önde gelen niversitelerin University of Washington, Vanderbilt University, Purdue University ve University of Colorado olduğu görülmektedir. Bu durum ABD nin STEM alanında lider ülke konumunda olduğunu göstermektedir. Yazarlar arası iş birliklerinde 2010 yılı itibariyle artış görülmekle beraber ülkeler arası iş birliklerinde 2016 yılından itibaren dikkat çekici artış gözlemlenmiştir.

### MAKALE TÜRÜ

Araştırma

### MAKALE BİLGİLERİ

Gönderilme Tarihi:

02.05.2024

Kabul Edilme Tarihi:

04.06.2024

### ANAHTAR

KELİMELEER: STEM

Kariyeri, STEM

Tutumu, STEM

Meslekleri, Sosyal Ağ

Analizi.

## Overview of International Collaborations in Research on STEM Careers and Attitudes

### ABSTRACT

By the increasing importance of STEM fields, the need for STEM professions is increasing day by day. This situation makes it necessary to examine the studies on STEM fields. For this purpose, the study examined the co-authorship relationships between researchers working on STEM professions and attitudes towards STEM by creating a social network. In the Web of Science Core Collection database between 1983-2023, 6371

### ARTICLE TYPE

Research

### ARTICLE INFORMATION

Received:

publications were reached as a result of the query containing the words “STEM Career”, “STEM Jobs”, “STEM Occupation”, “STEM Vocation” and “STEM Attitude”. In our study, the relationships between 10989 authors, 237 universities and 121 countries in the co-authorship network were modeled. As a result of the collaborations between authors in the network, prominent communities were found with the Louvain algorithm. The findings of the analysis reveal the characteristic patterns of scientific collaborations in the social network, the prominent authors, universities and countries in the field. As a result of our study, when the collaborations between countries are analyzed, it is seen that the top 10 countries are the USA, the UK, Australia and Canada, while the leading universities in the ranking are University of Washington, Vanderbilt University, Purdue University and University of Colorado. Although there has been an increase in collaborations between authors since 2010, a remarkable increase has been observed in collaborations between countries since 2016.

02.05.2024

Accepted:

04.06.2024

**KEYWORDS:** STEM career, STEM Attitude, STEM Jobs, Social Network Analyses.

## Summary

### Introduction, Purpose and Significance

STEM, proposed as one of the activities to develop globally recognized 21st century skills (Agung et al., 2022, Pratiwi et al., 2024), plays a key role in building global competitiveness and prosperity (Chen et al., 2024). As the importance of STEM fields increases, the demand for employment in these fields increases (Fayer et al. 2017). As a result of the growing interest in this field (Clarke et al., 2019), activities and policies are being produced to provide effective STEM education at all levels to increase the quality and number of STEM graduates (Babarovic et al., 2019). However, despite increasing employment requirements, the labor supply to meet this demand has not yet been reached (Höffler et al., 2019; Makhoulouf & Mine, 2020). This situation reveals the need for research examining their attitudes towards STEM and the variables affecting their career choices (Huang et al., 2022; Göktepe Körpeoğlu & Göktepe Yıldız, 2022). And still, one of the main issues of research is predicting the new approaches and needs, trending research subjects and sequences among them (Kang et al., 2021; Plasman & Gottfried, 2022). For this reason, it is of great importance to examine studies in these areas. Such studies will contribute to the regulations to be made in order to respond to the future workforce demands of countries (Kennedy et al., 2016; Miller et al., 2018; Özcan & Koca, 2019). In this context, the research aims to create a social network to examine the co-authorship relationships established by researchers working on STEM career interests and attitudes, and to examine the distribution of collaboration by Author, Institution and Country over the years, the density of collaboration communities as of 2023, and the top 10 authors, institutes and countries in prominent communities.

### Methods

In the research, “Social Network Analysis” (SNA) approach was used to analyze collaborations. SNA is an analysis approach to understand social structures by using graph theory (Otte & Rousseau, 2002). The SNA approach assumes that when two researchers produce a joint publication, they are considered to have established a collaboration or co-authorship bond. It is assumed that this collaboration between the two authors also creates a collaboration between the institutions and countries in which they are located at the time of publishing the article.

The number of citations received by the co-publications is set as a power multiplier emphasizing the relationship. These networks were analyzed using “Gephi” software

Network metrics describe the centrality of the nodes that establish relationships in a social network according to their position in the network (Borgatti et al., 2013). Within the scope of the research, three network metrics were used: Weighted Degree Centrality, Betweenness Centrality and Closeness Centrality. With 1% degree of resolution, the communities were divided into communities

using the Louvian algorithm. In addition, the network densities of the communities and the collaboration densities of the entities were calculated. The collaboration density of an entity is given by the ratio of the collaboration that has occurred to the collaboration that may occur.

Please use Palatino Linotype as the font type, 10 points as the font size; single line spacing, zero spacing before and after paragraphs; justify the text, and do not use indentations throughout the article.

## Findings

By the year 2005, authors research tended to increase. There is an inverse correlation between the number of authors and the intensity of collaboration. There is an inverse correlation between the number of institutions and collaboration intensity. There are three periods in which the movement of institutions can be analyzed: 2002 and before, 2002-2007 and 2007-2022. After 2002, the steady increase observed until 2007 is a period of consolidation of interest despite the relatively small number of participating institutions. After 2007, there has been a steady increase.

In terms of countries, there was no relationship between the years 1992-1996 and 2002. In 2009, 12 countries are in operation. It reaches 61 countries in 2009-2022. There is no inverse correlation between the number of countries and the intensity of country cooperation. It can be observed that all of the featured universities are from universities operating in the United States.

It shows that the United States of America (USA) is far ahead of other countries in terms of cooperation performance both currently and over the years. Europe-based countries overtook the United States in terms of cooperation. in 2014. However, they did not show the same stability in the following years. Results

## Discussion and Conclusion

The reason for the decrease in the number of collaborations in the field while the number of collaborations increases is that while new researchers enter the field, collaboration networks do not develop at the same rate. This finding may lead us to conclude that new entrants to the field have not developed sufficient academic circles for collaborations that will produce large citation values. This study has shown that the field is developing at different speeds.

## Giriş

Uluslararası anlamda 21. yüzyıl becerilerini geliştirmeye yönelik çabalardan biri olarak önerilen STEM (Agung vd., 2022, Pratiwi vd., 2024), küresel rekabeti ve refahı geliştirmede kritik önem arz eder (Chen vd., 2024). STEM alanlarının öneminin artması sonucunda bu alanlardaki mesleklerde çalışan bireylere olan ihtiyaç da arttırmıştır (Fayer vd., 2017). Bunun bir sonucu olarak ülkelerin ekonomik büyümelerinin şartları arasında, STEM kariyerinin desteklenmesi de yer almıştır (İbrahim & Kamsani, 2022).

STEM kariyerlerine artan ilginin bir yansıması olarak, bilim insanları, topluluklar, üniversiteler ve devlet kurumları bilimsel kariyerler geliştirmeye ve öğrencileri STEM kariyerlerine dahil etmeye teşvik edilmektedir (Clarke vd., 2019). Son küresel eğitim reformunun ana hedeflerinden biri, STEM alanlarında nitelikli iş gücü geliştirmek ve bu alanlarda kariyer yapanların sayısını artırmak olmuştur (Dou vd., 2019; Karahan vd., 2021). STEM mezunlarının sayısını ve kalitesini artırmak için eğitimin her seviyesinde etkili STEM eğitimi verilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Babaroviç vd., 2019). Buna rağmen STEM alanlarında artan çalışma olanaklarına, çok sayıda eğitim reformuna ve önemli kaynaklara erişebilen öğrencilerin Yeterince temsil edilmeyen gruplar da dahil olmak üzere (Ketenci vd., 2020) bilime ve STEM kariyerine ilgileri azalmaktadır (Clarke vd., 2019; OECD, 2015a, 2019; Palmer vd., 2017; Salmela-Aro, 2020) son yıllarda STEM

alanlarına yüksek öğretimde öğrenci kayıt oranlarının düşük olması büyük bir zorluk olarak kabul edilmektedir (Kayan-Fadlemla vd., 2022; Sahin vd., 2020; Vooren vd., 2022; Sithole vd., 2017).

STEM ile ilgili alanlarda istihdam ihtiyacının sürekli ve hızlı bir şekilde artmasına rağmen, bu pozisyonları karşılayacak işgücü kapasitesine henüz ulaşamamıştır (Höfler vd., 2019; Makhoul & Mine, 2020). Öğrencilerin bilime ve STEM kariyerine ilgileri azalmaktadır (OECD, 2015a, 2019; Clarke vd., 2019) Bu durum, öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını etkileyen değişkenleri belirlemeye yönelik araştırmalara olan ihtiyacı ortaya koymaktadır (Huang vd., 2022; Göktepe Körpeoğlu & Göktepe Yıldız, 2022). STEM işgücü ihtiyacını karşılamak için öğrencilerin STEM disiplinlerine yönelik ilgi ve tutumları artırılmalı ve öğrenciler bu alanları seçmeye yönlendirilmelidir (Hiğde & Aktamış, 2020). Ölçümlemesi 5. Sınıf düzeyine kadar indirilen STEM Kariyerine ilginin (Yeşilkaya vd., 2023) ve STEM'e yönelik tutumların belirlenmesi, ülkelerin gelecekte ihtiyaç duyacağı işgücü potansiyelinin artırılması için gerekli düzenlemelerin yapılmasına katkı sağlayacaktır (Kennedy vd., 2016; Dou vd., 2021; Villanueva Baselga vd., 2022).

Öte yandan, bilimin önemli sorunlarından biri de yeni alanların ve ihtiyaçların, trend araştırma konularının ve bunlar arasındaki örüntülerin nasıl belirleneceği ve böylece keşiflerin nasıl tahmin edileceğidir (Kang vd., 2021; Plasman & Gottfried, 2022).

Bu ve benzeri problemlerin çözümü için "bütün, bütünü oluşturan parçaların toplamından ibaret değildir" düşüncesine dayanan bir yaklaşım olan sosyal ağ analizi, 1930'ların ortalarından bu yana sosyal ve davranışsal bilimlerdeki ağ araştırmalarında kullanılmaktadır (Wasserman & Robins, 2005: 1). Antropoloji, sosyal psikoloji, iletişim, ekonomi ve matematik gibi birçok alanda sıklıkla uygulanan bir yöntemdir (Freeman, 2004). Sosyal ağ analizinin ilişkilerin analizinde kullanılabileceğine dair birçok görüş vardır (Hanneman & Riddle, 2005). Sosyal ağ analizi, sosyal aktörleri birbirine bağlayan yapısal bağlar hakkındaki sezgileri haklı çıkarmaktadır (Freeman, 2004) Sosyal ağ analizi, bir topluluğun yapısını anlamak için o topluluğun aktörlerinin birbirleriyle olan ilişkilerindeki örüntülerin ortaya çıkarılmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Sosyal ağlar, bilimsel çalışmalarda yazarlar arasındaki önemli iletişim örüntülerini ortaya çıkardıkları için araştırmacıların özellikle ilgisini çekmektedir. Sosyal ağ analizinin (SAA) temel görevlerinden biri topluluk madenciliği ya da tespittir (Umadevi, 2014).

SAA, ağları yorumlamak için güçlü, tanımlayıcı ve istatistiksel ölçütler sağlarken (Wasserman ve Faust, 2009), ağ diyagramları birey veya topluluk davranışını etkileyen ilişkisel örüntülerin görselleştirilmesine olanak tanır (Newman, 2001). Ortak yazarlık ağları, uluslararası iş birliği modellerini keşfetmek için kullanılabilir (Melin & Persson, 2005). Bilimsel iş birliğinin en resmi etkilerinden biri olan ortak yazarlık, iki veya daha fazla yazarın bilim üretimine katkıda bulunduğu bir uygulamadır (Acedo vd., 2006). Bilgi transferine olanak tanıyan; becerilerin, yetkinliklerin ve kaynakların paylaşıldığı; birlikte çalışma, bulgu üretme ve raporlamaya imkân sağlayan bir etkileşim biçimidir (Turner & Baker, 2020). Bir makalede, yazarların birden fazla ülkeye bağlı olması durumunda uluslararası bir iş birliği olarak kabul edilir (Lu & Ma, 2017). Ortak yazar ağlarının analizi, ortak yazar ağındaki etkili yazarları sıralamak veya bir makale için en uygun hakemleri belirlemek veya gelecekteki araştırma işbirliğini tahmin etmek için kullanılırken (Savić vd., 2015), bu ağlardaki topluluk tespiti, akademik işbirliğinin karakteristik kalıplarını ortaya çıkarır ve yazar toplumunun kimlik organizasyonunu anlamaya yardımcı olur (Aung & Nyunt, 2020), literatür taramalarında zaman alan sentez sürecini etkili bir şekilde otomatikleştirirken, süreç içinde alandaki gelişmeleri ortaya çıkarır (Cowhitt, Butler & Wilson, 2020).

Bilimsel iş birliğinin en resmi etkilerinden biri olan ortak yazarlık, iki veya daha fazla yazarın bilim üretimine katkıda bulunduğu bir uygulamadır. Araştırma iş birliği, özünde, dağınık yetenekler ve bilgi birikimi ile araştırma teknikleri ve yeni fikirler arasında bir ilişki kurma ana sürecini ifade eder (Heinze & Kuhlmann, 2008). Yeni geliştirilen iletişim araçları sayesinde, yazarların farklı konumlardan birbirlerine erişimi artmış, bu da araştırma kurumları, bireyler ve uluslar arasındaki bilimsel iş birliklerinde gözle görülür bir dönüşüme yol açmıştır (Abbate vd., 2022)

STEM alanlarının önemi ve STEM mesleklerine yönelik ihtiyacın artmasıyla (Fayer vd, 2017; Unfried vd, 2015) STEM'e yönelik tutumların belirlenmesi ve bu alanlara yönelik çalışmaların

incelenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu gibi çalışmalar ülkelerin gelecekte ihtiyaç duyacağı işgücü potansiyeline cevap verilmesi ve işgücünün artırılması için gerekli düzenlemelerin yapılmasına katkı sağlayacaktır (Kennedy ve diğerleri, 2016; Miller ve diğerleri, 2018; Özcan ve Koca, 2019).

Bu bağlamda araştırma, STEM kariyer ilgileri, STEM meslekleri ve STEM tutumları üzerine çalışan araştırmacılar arasında kurulan ortak yazarlık ilişkilerini bir sosyal ağ oluşturarak incelemeyi amaçlamaktadır. Tüm bunların bir sonucu olarak, STEM tutumları ve kariyerleri üzerine yapılan araştırmalarda bilimsel iş birliklerine ilişkin çalışmamızın araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

1. Yazar, Kurum ve Ülke bazında yıllara göre iş birliğinin dağılımı nasıl gerçekleşmiştir?
2. 2023 yılı itibarıyla öne çıkan topluluklar bu yoğunluğun ne kadarını kapsamaktadır?
3. Öne çıkan topluluklarda iş birliği ağ metrikleri açısından kilit rol oynayan ilk 10 yazar kimdir?
4. Öne çıkan topluluklarda iş birliği ağ metrikleri açısından kilit rol oynayan ilk 10 üniversite hangileridir?
5. Öne çıkan iş birliği kümelerinde iş birliği ağ metrikleri açısından kilit rol oynayan 10 ülke hangileridir ve bu ülkelerin son 10 yıldaki gelişim değerleri nelerdir?

## Yöntem

### Materyal

Araştırma olarak WOS (Web of Science) Veri tabanı sorgu ekranı veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. 1992 ve 2022 yılları arasında ve “STEM Career” (STEM Kariyeri), “STEM Jobs” (STEM İşleri), “STEM Occupation” (STEM Meslekleri), “STEM Vocation” (STEM Meslekleri) ile “STEM Attitude” (STEM Tutumları) kelimelerini barındıran sorgu sonucunda 6371 adet Dergi Makalesi, Konferans yayını ve kitap özeti listelenmiştir. Listelenen bu 6371 adet bilimsel yayın bu çalışmanın veri setini oluşturmaktadır.

### İş Birliği Ağının Oluşturulması

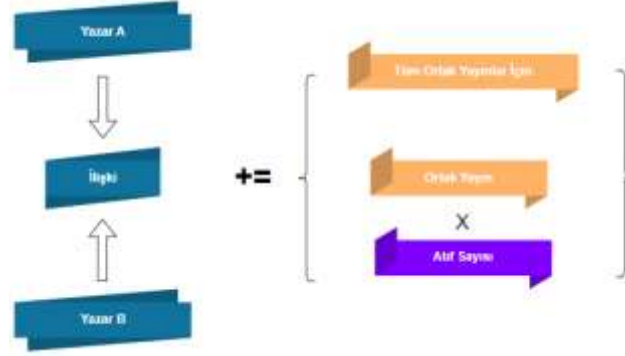
Araştırmada uluslararası iş birliklerinin incelenmesi için “Sosyal Ağ Analizi” (SAA) yaklaşımı kullanılmıştır. SAA, çizge teorisinin kullanılması ile sosyal yapıların araştırılmasına ve anlaşılmasına yönelik bir analiz yaklaşımıdır (Otte ve Rousseau, 2002). SAA'nın önemli bir alt dalı olan bilimsel ortak yazarlık ağları, araştırmacılar ve onların ortak çıktılarında meydana gelmektedir (Oliveira ve diğerleri, 2017). SAA yaklaşımı iki araştırmacının bir ortak yayın ürettiklerinde aralarında bir iş birliği kurdukları veya ortak yazarlık bağına sahip oldukları kabul edilir. Bu bağlar ortak yazarlık ağlarının ham maddeleridir ve bir sosyal ağda yazar düğümler ile aralarındaki ortaklık ise çizgiler ile gösterilir (Moody, 2004).

Bu bağlamda STEM meslekleri alanında herhangi iki yazar arasında ortak bir makale olması durumunu bilimsel bir iş birliği işareti olarak kabul edilmiştir. İki yazar arasındaki bu iş birliğinin (ortak makalenin), makaleyi yayınladıkları sırada buldukları kurumlar ile bu kurumların bulunduğu ülkeler arasında da bir iş birliği oluşturduğu var sayılmıştır. Bu iş birliklerinin toplamı, kurumların ve ülkelerin sosyal ağ yapılarını oluşturacaktır.

Araştırmada sosyal ağın oluşturulmasında şekil 1 de gösterilen, işlem yolunu esas almış ve yazarların arasındaki iş birliklerinin değeri hesaplanmıştır. Bu işlem yoluna göre ortak yayınların aldığı atıf sayısını, ilişkiyi vurgulayan bir güç çarpanı olarak belirlenmiştir. Bu kurallara göre, Yazarlar, Üniversiteler ve Ülkeler arasındaki iş birliğini gösteren Sosyal Ağlar modellenmiştir. Bu ağlarda her bir düğüm ilgili ağa ait aktörü (Yazar, Üniversite ya da Ülke), bu düğümler arasındaki çizgiler (Kenar) ise bu aktörler arasındaki etkileşimi (İş birliğini) göstermektedir.

## Şekil 1.

### İş Birliği Ağlarının Oluşturulması İşlem Yolu



Şekil 1 kapsamındaki işlem yoluna göre oluşturulan bu ağlar “Gephi” yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve bulgular bu doğrultuda elde edilmiştir. Gephi, ağlar ve analizler geliştirmek için kullanılan açık kaynaklı bir yazılımdır (Bastian vd., 2009) veri görselleştirme dünyasında önemli bir pozisyonda olan ağ merkezli grafiklerin oluşturulmasında kullanım kolaylığı sağlamaktadır. (Ken Cherven, 2013). Bununla birlikte Gephi, jenerik bir yazılım olarak farklı disiplinlerdeki ağları analiz etme kabiliyetine sahiptir, bu özelliği sayesinde bünyesinde pek çok analiz ve görsel düzenleme aracını barındırmaktadır (Heymann ve Grand, 2013). Kapsamlı filtreleme seçenekleri ve ağırlıklandırılmış derece, arasındalık, öz vektör, yakınsaklık gibi pek çok ağ metriğini hızlı şekilde analiz etmenin yanında “Louvain” algoritmasına dayalı topluluk tespiti yapabilmesi bakımından bu araştırmada analiz aracı olarak tercih edilmiştir.

## Ağ Metrikleri

Ağ metrikleri, sosyal ağda ilişkileri kuran düğümlerin ağın içerisindeki konumlarına göre merkeziliklerini betimleyen nicel göstergelerdir (Borgatti vd., 2013). Örneğin bir yazar 8 adet ilişki kurmuş ise en basit ağ metriği kabul edilen derece merkeziliği değeri 8 dir. Sosyal ağlarda ilişki sayısı arttıkça ağ karmaşıklaşmaya başlar ve sosyal ağın yapısı karmaşıklaştıkça, ağ metrikleri önem kazanır. Örnek olarak bir düğüm az ilişki kurmuş olabilir ancak kurduğu ilişkilerin tamamı yüksek değerlere sahip düğümler olabilir böyle bir durumda bu düğüm öz vektör derecesi ile incelenmek istenecektir (Marques ve Manzanares , 2022). Bir networkte yüksek merkezilik değeri ilgili düğüm için yüksek seviyeli görünürlük anlamını taşımaktadır (Newman, 2006).

Bu bağlamda araştırma kapsamında kullanılan üç metriktten biri olan, ağırlıklı derece merkezilik değeri ilgili aktörün sosyal ağ analizi (SAA) içerisindeki görünürlüğünü betimlemek için kullanılmıştır. Bu metrik yazarın toplam kurduğu ilişkiyi ilişkinin gücü ile hesapladığı için yazarın atıf alma gücünü doğrudan yansıtmaktadır ve düğümler arasındaki ilişkilerin gücünü incelemek için kullanılan ağırlıklı derece merkeziliğini kullanarak yazarlar, kurumlar ve ülkeler sıralanmıştır (Opshl vd., 2010). Farklı iş birliği gruplarının ortasında yer alan arabulucu yazarları belirlemek için arasındalık merkeziliğini kullanılmıştır. Diğer bir metrik olan arasındalık merkezilik değeri sosyal ağ analizinde temel bir metriktir ve bir grafikteki düğümlerin önemini ve kesişim açısından aralarındaki en kısa yolları gösterir (Riondato & Kornaropoulos, 2014). İki düğüm arasındaki en kısa yol üzerinde bulunan üçüncü bir düğüm, o iki düğümün arasındaki bağlantıyı sağlayan olduğu için bir ağ içerisindeki arabuluculuğunu, gelecek çalışmalarda organizasyon gücünü ve yeni ilişki ya da diğer bir deyişle yeni araştırmalar yapma gücünü göstermektedir.

Bu iş birliği topluluğunda, diğer yazarlara en yakın yazarı işbirlikçi bir şekilde belirlemek istenilmiştir. Bunun için üçüncü metrik olan yakınlık merkezilik değeri kullanılmıştır. Yakınlık merkeziliği, sosyal ağ analizinde bir düğümün grafikteki diğer tüm düğümlere ne kadar yakın olduğunu ölçen önemli bir metriktir (Okamoto vd., 2008).

## Toplulukların Belirlenmesi

Bir sosyal toplulukta, aktörler kurdukları etkileşimler ile açık veya kapalı gruplara dahil olurlar. Araştırma kapsamında yazarlar arası iş birliği incelendiği için, aktörlerin bu etkileşimleri sonucunda kurulan bu topluluklara iş birliği toplulukları denmektedir. Bu toplulukların tespit edilmesi, araştırmacıya örneklem üzerinde üstel bir bakış açısı sağlamaktadır. Araştırma kapsamında toplulukların edinilmesi için Louvain algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma sosyal ağlardaki toplulukları bulmak ve ayırtmak için kullanılan basit, analitik bir yöntemdir (Blondel, vd., 2008). Louvain algoritması ile toplulukların tespitinde topluluk yoğunluğuna farklı bakışına izin veren çözünürlük seviyeleri bulunmaktadır. Çözünürlük seviyesi değiştirilerek farklı modülerlikte topluluklar elde edilebilir (Newman, 2006). Bu çalışmada, bu araştırmanın bazını oluşturan 15. World Conference On Education (WCES) kongresindeki bulgulara daha derinlikli bir bakış açısında sahip olabilmek için çözünürlük değeri 10 derecesinden 1 çözünürlük derecesine indirilmiş ve iş birliği ağında modülerite maksimizasyonuna gidilmiştir.

## Ağ Yoğunluğu

Yüksek çözünürlüklü toplulukların edinilmesi yanında, iş birliği ağlarının yoğunluk parametrelerini elde edilmiş ve yıllara göre değerlendirilmiştir. Bir başka metrik olan Grafik Yoğunluğu, gerçekleşen ilişkilerin sayısının olası tüm ilişkilerin sayısına bölerek gerçekleşen yoğunluğu yani bir ağdaki düğümlerin bütünlüğünü verir (Zervas vd., 2014). Araştırma sonunda elde ettiğimiz bulgular, tablolar, histogramlar ve ağ diyagramlarını gösteren şekiller olarak ifade edilmiştir.

## Bulgular

### Yazar, Kurum ve Ülke Bazında Yıllara Göre İş Birliği Yoğunluğundaki Değişimler

Uluslararası arası iş birliklerinde, yazarların, kurumların ve ülkelerin iş birliğinin gösteren metrikler tablo 1 kapsamında belirtilmiştir. Tablo 1'deki verilere göre yıl bazındaki yazar kurum ve ülke sayıları, bu aktörlere ait toplam iş birliği ve bu aktörlerin iş birliklerindeki yoğunluk değerleri, başka bir deyişle gerçekleşen iş birliğinin olabilecek iş birliklerine oranı gösterilmektedir. Devamındaki şekillerde belirtilen histogramlarda ise aktörlerin yoğunlukları ve aktör sayıları arasındaki değişimler karşılaştırmalı olarak incelenebilir. Histogramlara ait detaylı açıklamalar tablo 1'in devamında açıklanmaktadır.

**Tablo 1.**

#### *İş Birliği Ağları Yoğunluk Metrikleri*

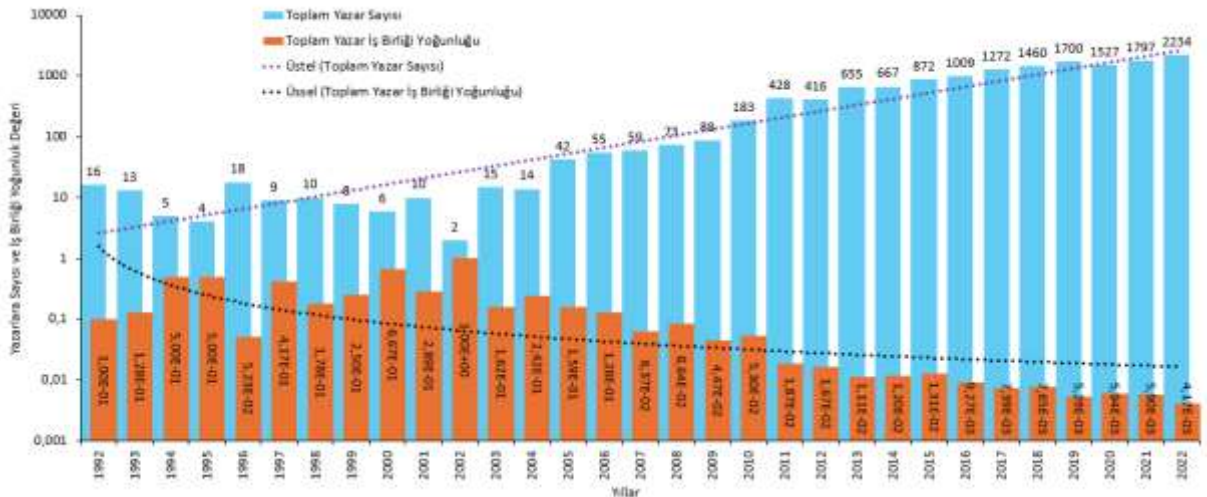
Yıl	Yazar lar Topla m İş Birliği	Yazar Sayısı	Yazar İş Birliği Yoğunlu ğu	Kurum Toplam İş Birliği	Kurum Sayısı	Kurum İş Birliği Yoğunluğ u	Ülkeler Toplam İş Birliği	Ülk e Sayı sı	Ülke İş Birliği Yoğunluğu
2022	10400	2234	4,2E-03	8498	694	3,53E-02	1200	61	6,56E-01
2021	9528	1797	5,9E-03	6747	533	4,76E-02	726	46	7,01E-01
2020	6922	1527	5,9E-03	4452	444	4,53E-02	519	52	3,91E-01
2019	7640	1700	5,3E-03	7040	419	8,04E-02	383	44	4,05E-01
2018	8148	1460	7,7E-03	7259	412	8,57E-02	386	39	5,21E-01
2017	5971	1272	7,4E-03	4456	349	7,34E-02	261	31	5,61E-01
2016	4713	1009	9,3E-03	5028	305	1,08E-01	224	34	3,99E-01
2015	4974	872	1,3E-02	3074	288	7,44E-02	120	24	4,35E-01

2014	2669	667	1,2E-02	3188	219	1,34E-01	132	20	6,95E-01
2013	2383	655	1,1E-02	2660	243	9,05E-02	90	17	6,62E-01
2012	1444	416	1,7E-02	1981	148	1,82E-01	20	10	4,44E-01
2011	1710	428	1,9E-02	1651	163	1,25E-01	71	13	9,10E-01
2010	882	183	5,3E-02	758	83	2,23E-01	5	4	8,33E-01
2009	171	88	4,5E-02	68	40	8,72E-02	33	12	5,00E-01
2008	227	73	8,6E-02	133	37	2,00E-01	6	5	6,00E-01
2007	109	59	6,4E-02	31	18	2,03E-01	1	2	1,00E+00
2006	190	55	1,3E-01	206	33	3,90E-01	1	2	1,00E+00
2005	137	42	1,6E-01	57	31	1,23E-01	1	3	3,33E-01
2004	22	14	2,4E-01	10	10	2,22E-01	1	2	1,00E+00
2003	17	15	1,6E-01	6	5	6,00E-01	2	6	1,33E-01
2002	1	2	1,0E+00	1	2	1,00E+00	1	1	0,00E+00
2001	13	10	2,9E-01	31	17	2,28E-01	1	2	1,00E+00
2000	10	6	6,7E-01	1	2	1,00E+00	1	2	1,00E+00
1999	7	8	2,5E-01	6	6	4,00E-01	1	2	1,00E+00
1998	8	10	1,8E-01	49	18	3,20E-01	1	2	1,00E+00
1997	15	9	4,2E-01	3	3	1,00E+00	1	2	1,00E+00
1996	8	18	5,2E-02	2	4	3,33E-01	0	2	0,00E+00
1995	3	4	5,0E-01	1	2	1,00E+00	0	1	0,00E+00
1994	5	5	5,0E-01	1	3	3,33E-01	0	2	0,00E+00
1993	10	13	1,3E-01	1	5	1,00E-01	0	2	0,00E+00
1992	12	16	1,0E-01	1	4	1,67E-01	1	3	3,33E-01

Bu bağlamda, şekil 2 ile gösterilen histogram, her yıl bu alanlarda çalışan yazar sayısını, kurdukları iş birlikleri ile karşılaştırmaktadır. İlgili histograma göre 2005 yılı ile yazarların bu alana ait araştırma iştahları artış eğilimine girmiştir. Bu durum iş birliği yoğunluğu için geçerli değil gibi gözükse de veriler detaylı incelendiğinde, yazar sayıları ile iş birliği yoğunluğu arasındaki ters korelasyonun son derece normal hatta olması gereken bir durum olduğu söylenebilir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir. Yıl bazında araştırmacı sayısı arttıkça, potansiyel olası iş birliği sayısı da artmaktadır. Oysa alandaki tüm araştırmacılar birbirlerini tanımamakta ve kurulabilecek potansiyel ilişkilerin her birinin aktif olması gerçek hayatta mümkün olmamaktadır. Buna mukabil ilgi yıllardaki ilişki sayıları incelendiğinde yazar sayılarının artmasına paralel kurulmuş ilişki sayısında artmaktadır. 2005 yılı için 42 yazar, 137 ilişki, 2006 yılı ise 55 yazar 190 ilişki kurmuştur. 2022 yılında 2234 yazar 10400 ilişki kurmuştur. Bununla birlikte, yoğunluğun görece durağan olduğu 1992-2002 dönemlerinde araştırmacı sayılarının da görece durağan olduğu gözlemlenmektedir.

## Şekil 2.

Yazarlar Arası İş Birliklerinin Yoğunluğu ve Yazar Sayıları



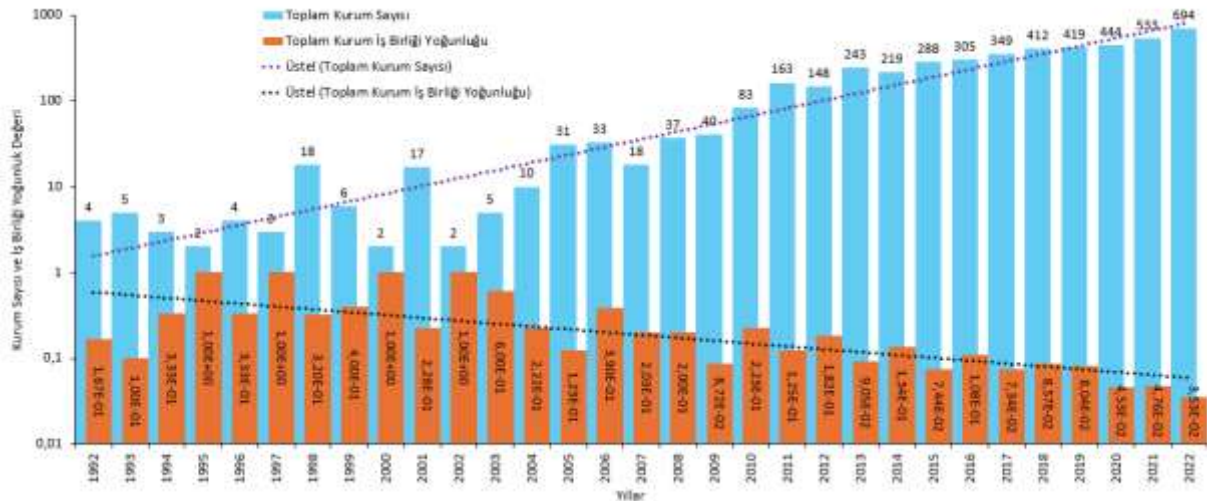


Kurumlar arasındaki iş birliği yoğunluklarının, kurum sayıları ile karşılaştırmasını gösteren Şekil 3 ile belirtilmiş histogram incelendiğinde ise, kurum sayısı ile iş birliği yoğunluklarının arasındaki ters korelasyonun devam ettiği söylenebilir. Ancak yoğunluk azalmasındaki şiddet yazarlar iş birliklerinin yaklaşık onda biri kadardır. Bu durumun kurumların kapsayıcı yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bir kurum araştırma alanına o kurum bünyesinde bulunan araştırmacılar ile dahil olmakta, dolayısı ile araştırmacının ilişki kurma potansiyelini miras almaktadır. Ayrıca bir kurum içerisinde bu alanda birden fazla araştırmacı farklı araştırmacılar ile iş birliği içine girmek isteyebilmektedir. Bu doğrultuda bir araştırmacının diğer bir yazar ile ilişki kurma olasılığından bir kurumun diğer bir kurum ile iş birliği kurma potansiyeli daha yüksektir.

Kurumların iş birliği yoğunluğundaki bu kapsayıcılığın yanında onların alandaki hareketlerini inceleyebileceği 2002 ve öncesi dönem, 2002-2007 ve 2007-2022 yıllarını kapsayan üç dönem gözlemlenmektedir. Buna göre ilk dönemde 1998 ve 2001 yıllarında bir sıçrama yapılmışsa bile, genel olarak kurumlar alan içinde pek faaliyet göstermektedir. 2002 yılından sonra 2007 yılına kadar gözlemlenen istikrarlı artış, katılımcı kurumun görece az olmasına rağmen ilginin pekiştiği dönem olduğu düşünülmektedir. 2007 yılından sonra ise istikrarlı bir şekilde artış gösteren bir kurum ilgisinden bahsedilebilmektedir.

### Şekil 3.

*Kurumlar Arası İş Birliklerinin Yoğunluğu ve Kurum Sayıları*

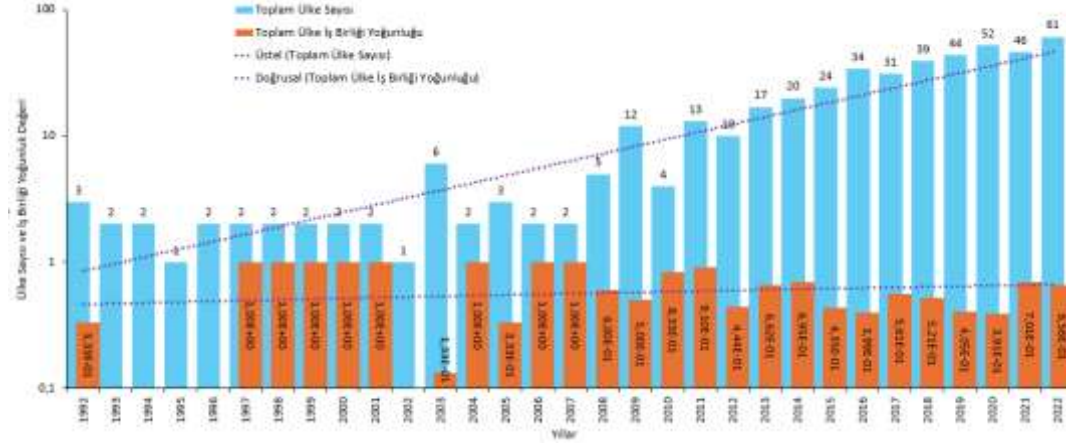


Şekil 4 ile gösterilen iş birliklerine ülkeler boyutunda bakış incelendiğinde ise, durumun yazarlar ve kurumlar ağlarından daha farklı bir durumda olduğu görülmektedir. Öncelikler yazar ve kurumlar bakımından iş birliğinin olmadığı yıl gözlemlenirse dahi, ülkeler boyutunda iş birliğinin olmadığı yıllar gözlemlenmektedir. Özellikle erken dönem kabul edilebilecek 1993-1996 yılları arasında ülkeler sahip oldukları kurumlar ve bu kurumlardaki araştırmacılar vasıtası ile hiçbir ilişki kuramamışlardır. Buna mukabil 2002 yılı da aynı şekilde sıfır ilişki olacak şekildedir. Ülkeler alandaki hareketi gösteren dönemler ise 1992-2010 ve 2010-2022 olarak gözlemlenmektedir. Her ne kadar 2009 yılı 12 ülke faaliyet içinde bulunsun da genel itibarı ile alandaki ülke sayısı 6 ülke ile 2003 yılı istisna olacak şekilde 3 ülkeyi geçmemektedir. Ancak 2009 yılından sonra 12 ülke ile başlayan artış eğilimi 2022 yılında 61 ülkeye ulaşmaktadır. Ülke sayılarındaki artış ile ülke iş birliklerinin yoğunluklarındaki düşüşün ters korelasyona sahip olmadığı söylenebilir. Öyle ki ülke sayısı arttıkça iş birliği yoğunlaşmasında dalgalanmalar gözlemlense de büyük çerçevede ikisinin de artış eğiliminde olduğu söylenebilmektedir. Bunun sebebi aktörün ülke gibi en üst kapsayıcı role sahip olmasıdır. Ülkeler sahip oldukları araştırma kurumları ve bunların bünyesindeki araştırmacıların iş birliği olanaklarını miras almaktadır. Bunun yanında buldukları ekonomik iş birliği alanlarındaki araştırma fonları ve diğer destek mekanizmaları ile 3. Ülkeler ile iş birliği içine girme hareketleri desteklenmektedir.

Araştırma alanına bir ülke girdiği zaman büyük olasılıkla alandaki diğer ülkelerin yoğunluğu ile iş birliği faaliyetine girmektedir.

#### Şekil 4.

Ülkeler Arası İş Birliklerinin Yoğunluğu ve Ülke Sayıları



#### 2023 yılı itibariyle öne çıkan topluluklar bu yoğunluğun ne kadarını kapsamaktadır?

Çözünürlük derecesi 1 olacak bir modülarite maksimizasyonu ile elde edilen topluluklar tablo 2. Kapsamında belirtilmiştir. Buna göre toplam yoğunluğu tüm grafiğin %10,38'ini kapsayan fazla olan 20 Topluluk belirlenmiştir. Bu topluluklara ait üye yazarların sayısını ve topluluk yoğunluğuna ait değerler Tablo 2'de gösterilmiştir. Ayrıca şekil 6, toplulukları görselleştirmektedir. Şekil 6'da görselleştirilmiş toplulukların renk kod ilişkisi ise şekil 5 ile belirtilmiştir. Tablo 2 kapsamındaki verilerde, topluluğun yoğunluğu veya yazar sayısı incelendiğinde en büyük yoğunluklu topluluğun 367 kodlu topluluk olduğu gözlemlenmektedir. %1,77 yoğunluktaki bu toplulukta en yüksek Ağırlıklı derece merkezilik değeri 2646 en düşük ise 1 dir. Ortalama, ortanca ve standart sapma (SS) başlıklı kolanlarla beraber küme içindeki dağılım incelenebilir ve toplulukların heterojenliği hakkında görüş elde edilebilir. Bu bağlamda 416,19 standart sapma değerine sahip 1087 kodlu kümede dağılımın yüksek heterojenliğinden bahsetmek mümkündür. Bu topluluk içinde en yüksek derecenin 1694 olduğu düşünüldüğünde, bu durum küme içerisinde birkaç yüksek dereceli yazarın ilişkileri domine ettiği ve düşük dereceli yazarların kümede ilişkilere dahil olduğu görülmektedir. Kümelere ait detaylı incelemeler ve buradaki iş birliklerinin yıl bazında dağılımları ile bu ilişkilerin gelecek potansiyelleri hakkında görüş elde edilebilir.

Tablo 2.

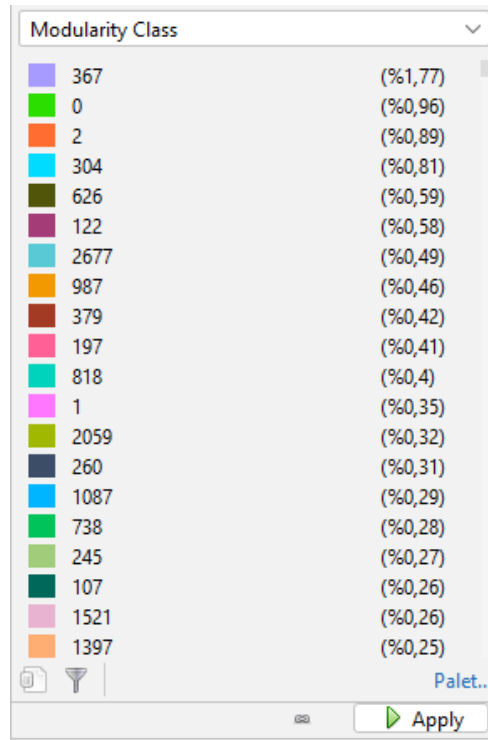
Yazarlar Arası İş Birlikleri Ağına Ait Topluluk Metrikleri

Topluluk Numarası	Yoğunluk Yüzdesi	Yazar Sayısı	Ağırlıklı Derece Merkeziliğine Ait Değerler				
			Ortalama	Ortanca	SS	Mak.	Min.
367	1,77	195	77,97	15	268,34	2646	1
0	0,96	105	90,79	32	162,29	1041	1
2	0,89	47	160,94	42,5	297,77	1632	2
304	0,81	89	149,48	33	360,97	2777	2
626	0,59	65	83,69	22,5	221,35	1695	2
122	0,58	64	46,18	24	50,95	224	1
2677	0,49	54	128,96	32	250,63	1150	1
987	0,46	51	36,23	21	44,261	205	3

379	0,42	46	70,52	12,5	152,20	838	2
197	0,41	45	50,75	9	81,66	368	4
818	0,4	44	62,590	17	130,53	537	2
1	0,35	38	176,76	79,5	295,77	1492	1
2059	0,32	35	40,4	5	80,94	329	3
260	0,31	34	36,94	15,5	59,66	309	1
1087	0,29	32	206,87	22	416,91	1694	1
738	0,28	31	53,61	16	104,53	538	2
245	0,27	30	87,13	39	93,07	280	2
107	0,26	29	88,13	49	95,06	385	11
1521	0,26	29	12,27	6	15,99	85	1
1397	0,26	27	13,55	9	13,06	65	1

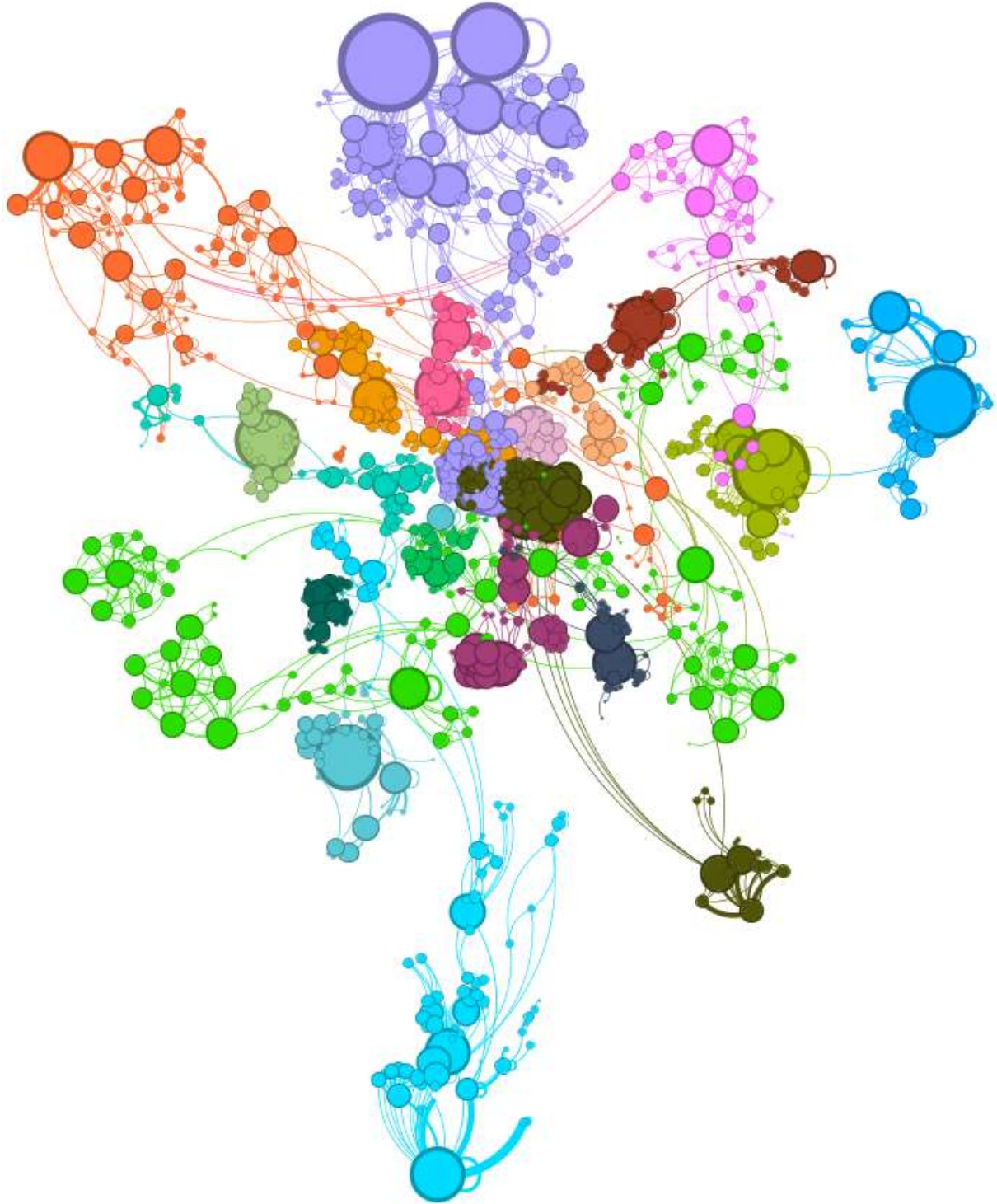
### Şekil 5.

Tablo 1 ile belirtilen toplulukların renk ve kod numarası ilişkisini gösteren resim



şekil 6.

Yazarlar Arası İş Birlikleri Ağına Ait Topluluklar



### Öne çıkan topluluklarda iş birliği ağ metrikleri açısından kilit rol oynayan ilk 10 yazar kimdir?

Tablo 3, tüm modüller arasında ağırlıklı derece, arasındalık ve yakınsaklık merkeziliği açısından öne çıkan ilk 10 yazarı göstermektedir.

**Tablo 3.**

*İş Birliği Bakımından Öne Çıkan Yazarlar İçinden İlk 10 Yazara Ait Metrikler*

Yazar İsmi	Topluluk Kodu	Ağırlıklan. Derece Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Yakınsaklık Merkeziliği
Zahra Hazari	367 (%1,77)	2646	168,916667	0,34
Linda J. Sax	0 (%0,96)	1041	2852,25	0,11
Nilanjana Dasgupta	2 (%0,89)	1632	1476	0,14
Wang Ming-Te	304 (%0,81)	2777	2338	0,34
Louise Archer	626 (%0,59)	1695	20,66	0,28
Alana Unfried	122 (%0,58)	224	38,33	0,34
Mica Estrada	2677 (%0,49)	1150	174	0,38
Richard Lamb	987 (%0,46)	263	565	0,44
Catherine Riegle-Crumb	379 (%0,42)	838	409	0,41

### Öne çıkan topluluklarda derece merkeziliği, arasındalık ve yakınlık merkeziliği açısından kilit rol oynayan ilk 10 üniversite hangileridir?

Tablo 4, arasında ağırlıklı derece, arasındalık ve yakınsaklık merkeziliği açısından öne çıkan ilk 10 üniversiteyi göstermektedir. Bu üniversitelere ve onlara yakın diğer üniversitelerin arsındaki iş birliği gösteren ağ diyagramı şekil 7 de gösterilmiştir. Buna göre öne çıkan üniversitelerin tamamı Amerika Birleşik Devletleri'ne faaliyet gösterene üniversitelerden olduğu gözlemlenmektedir. Bu üniversitelerden University of Washington, Vanderbilt ve Purdue başat olarak öne çıkmaktadır.

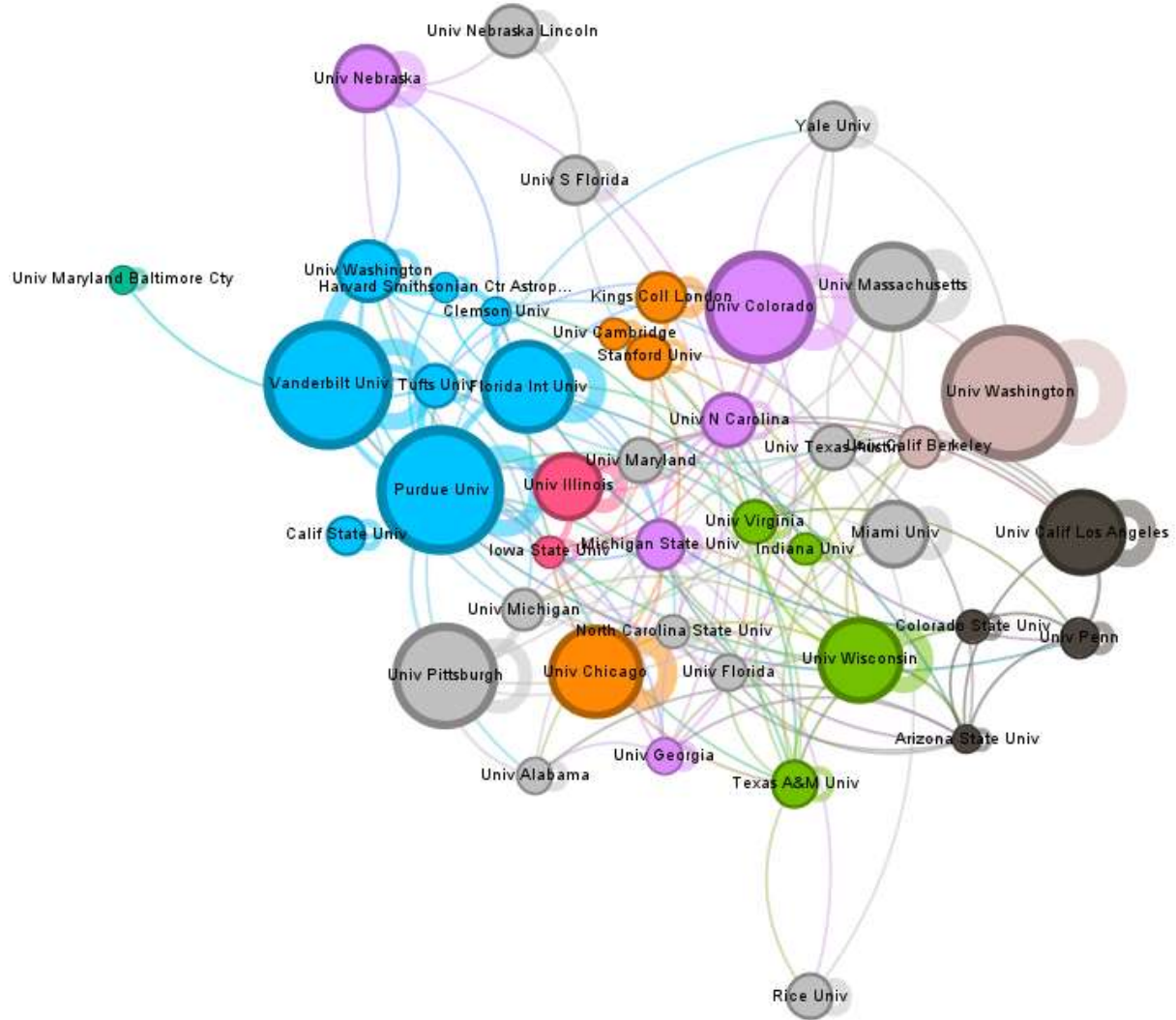
**Tablo 4.**

*İş Birliği Bakımından Öne Çıkan Yazarlar İçinden İlk 10 Üniversiteye Ait Metrikler*

Yazar İsmi	Ağırlık. Derece Merkeziliği	Arasındalık Merkeziliği	Yakınsaklık Merkeziliği
University of Washington	7986	2,02	0,40
Vanderbilt University	7519	42	0,48
Purdue University	6978	287,73	0,59
University of Colorado	6491	55,77	0,47
University of West Scotland	5700	0	0
University of Pittsburg	5596	18,66	0,45
University of Chicago	5339	0,69	0,39
University of Massachusetts	5257	7,41	0,44
Florida Int. University	5156	57,05	0,50
University of California Los Angeles	5006	16,83	0,44

Şekil 7.

Yazarlar Arası İş Birlikleri Ağına Ait Topluluklar

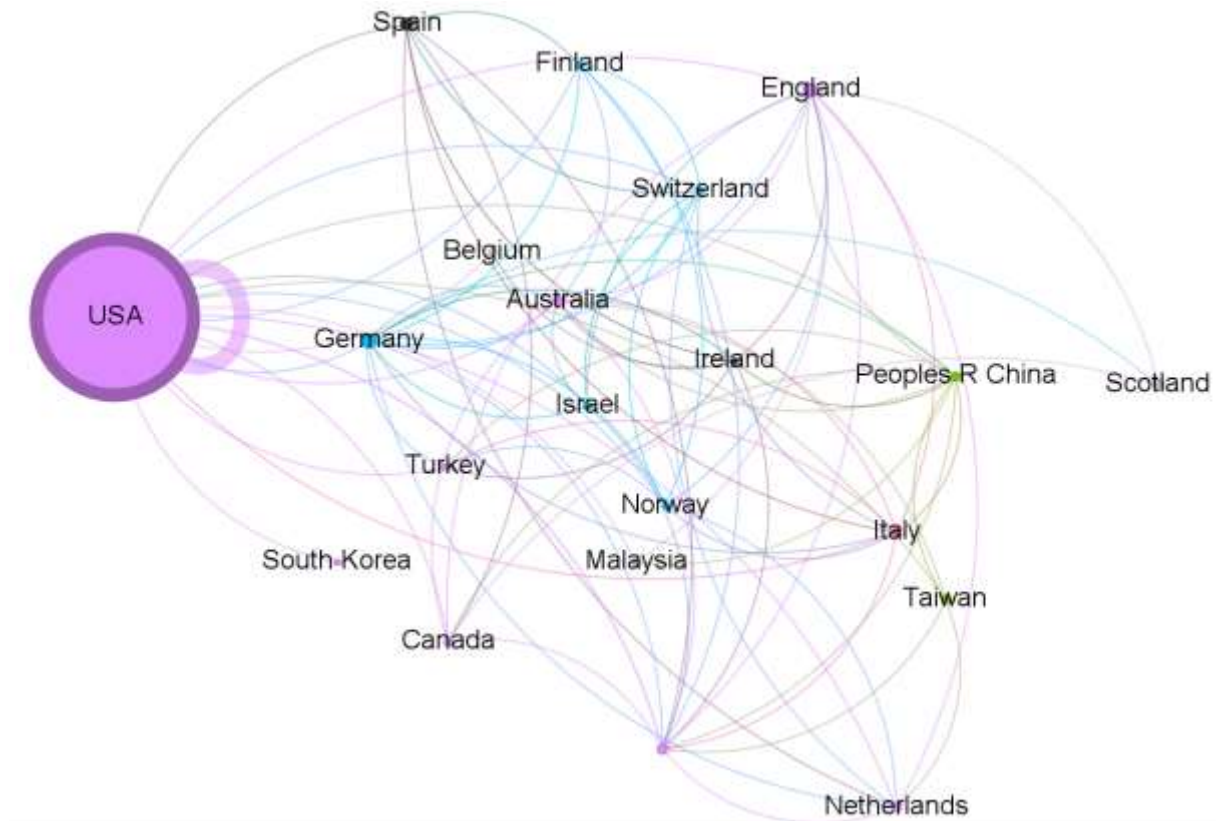


**Öne çıkan iş birliği kümelerinde iş birliği ağ metrikleri açısından kilit rol oynayan 10 ülke hangileridir ve bu ülkelerin son 10 yıldaki gelişim değerleri nelerdir?**

Tablo 5 kapsamında öne çıkan ilk 10 ülkenin yıllara göre oluşturdukları iş birliği verilmektedir. Şekil 8 ile bu ülkelerin yakınındaki ülkeler ile kurdukları ilişki diyagramı gösterilmiştir. Tablo 5 kapsamındaki veriler Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) gereke mevcut gerek yıllara göre iş birliği performansında diğer devletlerden uzak ara önde olduğunu göstermektedir. ADM kısaltması kolonundaki Ağırlıklandırılmış derece merkeziliği bize ülkenin şu anki alan otoritesini gösterirken, devamındaki yıllara ait değerler bu otoritenin 2012 yılından itibaren ilişki yoğunlukları bakımından nasıl geliştiğini göstermektedir. Burada dikkat edilebilecek yılın 2014 yılı olduğu söylenebilir. Bu yıl Avrupa merkezli ülkelerin iş birliği bakımından ABD'yi geride bıraktığını gözlemlenmektedir. Ancak aynı istikrarı devam eden yıllarda gösterememişlerdir.

**Tablo 5.***Ülkeler Arası İş Birliği Ağları Yoğunluk Metrikleri*

Ülke	ADM	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ABD	29738	719	1913	1051	2118	2846	3484	3727	3123	2842	5515	449
İngiltere	8038	363	528	1927	557	248	130	323	186	1175	1805	148
Avustralya	7716	0	176	95	22	164	711	1155	335	1064	1108	287
Kanada	7250	8	971	0	579	968	208	27	82	452	3460	68
Almanya	6142	96	400	0	536	269	2633	183	201	370	183	204
Fransa	5786	0	0	4920	0	36	454	42	47	0	1	10
İsviçre	5163	2	96	4077	161	262	0	0	224	188	24	17
İskoçya	4585	0	0	0	0	4239	0	0	9	8	304	17
Hollanda	3842	0	48	1630	0	258	13	924	50	166	37	36
İtalya	3569	212	0	30	8	2383	0	96	30	36	178	98

**Şekil 8.***Yazarlar Arası İş Birlikleri Ağına Ait Topluluklar***Tartışma**

Araştırmalar, araştırma iş birliğinin ortak yazarlara daha fazla araştırma üretkenliği (Katz & Martin, 1997, Lee & Bozeman, 2005) ve araştırma etkisi (Gazni & Didegah, 2011, Morel vd., 2009) getirebileceğini göstermiştir. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz grafik yoğunluğu değerlerinin yıllara göre dağılım sonuçları, STEM meslekleri ve kariyerleri alanında yapılan çalışmalarda yazarlar, üniversiteler ve ülkeler bazında akademik iş birliği sayısının arttığını göstermiştir. Analizler sonucunda iş birliği yoğunluğunda önceki yıllara göre bir düşüş gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, bir yandan alana yeni araştırmacıların girmesi, araştırmacı sayısı ve iş birliği olasılığının artmasına neden olurken, diğer yandan iş birliği ağlarının aynı hızda gelişmemesi nedeniyle düşük bir yoğunluk ortaya çıkarmasıdır. Bu bulgu bize alana yeni giren araştırmacıların, büyük atıf değerleri üretecek iş

birlikleri kurmak için yeterli akademik çevrelerinin olmadığı ya da henüz gelişmediği yargısına götürebilir. Bu çalışmada, 1992 yılında başlayan STEM kariyeri çalışmasından 2022 yılına kadar farklı dönemlerde alanın farklı ivmelerle geliştiği gözlemlenmektedir. Özellikle 2002 yılından sonra ivmelenen hareket büyümüştür ve 2022 yılı sonunda yıllık 10.000 iş birliğini aşmıştır. Ancak bu ivmelenmenin öncüsü olan kurum ve ülkelere baktığımızda ABD'nin başı çektiği görülmektedir. Ülkeler bazında iş birliklerinde ABD, İngiltere, Avusturalya ve Kanada ilk sıralarda yer almaktadır. Literatürde benzer bulgulara rastlanmaktadır. Özkaya, (2019) "Bibliometric analysis of the publications made in STEM education area" isimli çalışmasında önde gelen ülkeleri ABD, İngiltere, Avusturalya ve Kanada olmak üzere tespit etmiştir. Zhan ve diğerleri, (2022) yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında ABD'nin merkezde olduğu bir iş birliği ağının giderek küresel bir kapsama doğru genişlediğini belirtmişlerdir.

Benzer şekilde kurulan iş birlikleri üniversiteler bakımından incelendiğinde University of Washington, Vanderbilt University, Purdue University ve University of Colorado önde gelen üniversiteler arasında yer almakta ayrıca ilk 15 teki üniversitelerin tamamının Amerikan üniversiteleri olduğu görülmektedir. Literatürde en çok yayın yapan üniversite Purdue üniversitesi ve ABD'nin en çok yayın yapılan ülke konumunda olduğu, Purdue Univ. Univ. Wisconsin Texas Aandm Univ. Vanderbilt Univ ilk sıralarda yer aldığı tas ve bolat, 2022, ABD'nin üstünlüğünün açık ara önde olduğu ve en etkili 15 kurumun tamamı ABD'de yer aldığı, Purdue Üniversitesi, Wisconsin Üniversitesi ve Texas A&M Üniversitesi ve Colorado üniversitesinin listenin başında yer aldığı (Doménechve diğerleri, 2020) belirtilmektedir.

STEM alanında kurulan iş birlikleri yıllara göre incelendiğinde ise yazarlar arası iş birliklerinde 2010 yılı itibariyle artış görülmekle beraber ülkeler arası iş birliklerinin 2016 yılında maksimum seviyeye ulaştığı dikkat çekmektedir. Literatürde benzer bulgulara rastlanmıştır. 2010 yılından sonra STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmalarda artış gözlemlendiği özellikle 2016 yılı en fazla yayın yapılan yıl olduğu belirtilmiştir (Tas ve Bolat,2022). Benzer bir çalışmada 2015 yılından itibaren günümüze kadarki süreçte hem yayın hem de atıf sayısında hızla artış olduğu 2015-2016'daki önemli değişikliklere katkıda bulunan önemli bir faktör olarak çok sayıda ülkenin STEM eğitiminin gelişimini teşvik etmek için ilgili ulusal politikalar yayınlaması gösterilmiştir (Zang ve diğerleri, 2022).

STEM meslekleri alanında akademik iş birliğinin öncüsü olan ülkelerin diğer faaliyetlerinin de sistematik olarak incelenmesi ve birbirleriyle karşılaştırılmasının bu çalışmanın devamında tamamlayıcı etkisi olacağı düşünülmektedir. İş birliği, bilim insanlarının bilgi, uzmanlık ve tekniklerini paylaşımlarına olanak sağlamakta, araştırma sürecini hızlandırmakta ve görünürlüğü artırmaktadır (Katz & Martin, 1997; Sonnenwald, 2007). Akademik iş birliği ağının organizasyonu kapsamında oluşan topluluklar incelendiğinde, öne çıkan toplulukların ağın %10'undan fazlasına hâkim olduğu ve en başarılı yazar ve yayınları içerdiği görülüyor. Bu bulgular ışığında, akademik iş birliğinin kaliteli bilimsel çıktılarının üretilmesinde ve araştırmaların sürdürülmesinde avantajlar sağladığı açıktır. Ancak öne çıkan topluluklar arasında iş birliği topluluklarının kendi içlerindeki iş birliklerine kıyasla zayıf kaldığı ya da gerçekleşmediği görülmüştür. Özellikle 221 numaralı topluluğun kapalı bir ağ olduğu ve çok yazarlı başarılı bir yayında sağlanan iş birliğinin topluluğu ve dolayısıyla yazarları öne çıkardığı gözlemlenmiştir. Aynı alanda çalışan bu iş birliği kümeleri arasındaki iş birliklerinin derinlemesine incelenmesi bu araştırmanın devamı olarak gerçekleştirilebilir ve bu iş birliklerinin oluşması için stratejiler geliştirilmesi alanın ilerlemesine büyük katkılar sağlayacaktır. Topluluklar arasında öne çıkan yazarlar incelendiğinde, 612 numaralı topluluktaki yazarların en yüksek ağırlıklı merkezilik derecesine ve arasındalık merkeziliğine sahip olduğu görülmektedir. Bu yazarlar, çalışmaları ve iş birliklerinin yanı sıra birçok farklı yazar grubu arasında ortaklıklar kurma potansiyelleri nedeniyle de oldukça değerlidir. Geniş komitelere erişebilen ve yüksek kaliteli ürünler ve iş birlikleri üreten yazarların yakınlık merkeziliğinin, kapalı gruplarda kaliteli ürünler üreten yazarlardan daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, iş birliği ağındaki bir toplulukta aktif olan bir yazarın yerel etkinliğinin küresel etkinliğinden bağımsız olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, STEM meslekleri alanındaki araştırmalar ve iş birlikleri artış eğiliminde olsa da iş birliği grupları kendi içlerinde iş birliği yapmanın yanı sıra diğer topluluklarla da iş birliği



yapma eğiliminde olmalıdır. Akademik çalışmalarında iş birliği faaliyetlerini artıran üniversitelerin ve ülkelerin faaliyetleri incelenerek alana kullanıcı geri bildirimini sağlanabilir ve daha verimli küresel iş birlikleri kurulabilir. Küresel iş birliklerinin kurulmasında, mevcut ağ içerisindeki toplulukların temsilci üyeleri seçilerek ve çalışma alanları derinlemesine incelenerek yeni araştırmalar yapılabilir ve gelişen bu araştırma alanı her iki toplumun refahı için daha faydalı olabilir. Çeşitli akademik çıktılar üretilmesi sağlanabilir. İşbirliğinin bilimin ilerlemesi için önemi ve faydası varsayımı altında, bilimsel iş birliği politika yapımcılar tarafından teşvik edilmekte ve iş birliği süreci birçok akademik çalışmaya konu olmaktadır (Bordons vd., 2015).

## Sonuç ve Öneriler

Çalışmada oluşturulan sosyal ağ, güçlü ilişkisel veriler kullanılarak oluşturulduğundan, ortak yazarlık ağındaki başlıca topluluklar ortaya çıkarılmıştır. Disiplinler arası bir çalışma alanı olan sosyal ağ analizi ile bu toplulukların yapısı incelenmiş ve topluluklarda etki sahibi olan yazarlar belirlenmiştir. Ülkeler için STEM alanlarındaki iş gücü potansiyelinin artırılması ve STEM mesleklerinin tercih edilmesini sağlayacak çalışmaların yapılandırılması hem ulusal hem de uluslararası rekabet için gerekli olduğu göz önüne alındığında, çalışmanın, STEM kariyerleri, STEM meslekleri ve STEM tutum alanları ile ilgili literatür taraması ve bibliyometrik analiz yapan araştırmacılara, bu alanlarda öne çıkan yazarları, üniversiteleri ve ülkeleri ortaya koyması açısından öngörü sağlayacağı ve yurt dışı perspektifinden bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

## Kaynakça

- Abbate, S., Centobelli, P., Cerchione, R., Nadeem, S.P., Riccio, E. (2023) Sustainability trends and gaps in the textile, apparel and fashion industries. *environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02887-2>.<https://doi.org/10.1007/s10668-022-02887-2>.
- Acedo, F. J., Barroso, C., Casanueva, C., & Galán, J. L. (2006). Co-authorship in management and organizational studies: An empirical and network analysis. *Journal of management studies*, 43(5), 957-983.
- Aung, T. T., & Nyunt, T. T. S. (2020). Modularity based ABC algorithm for detecting communities in complex networks. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 10(2).
- Agung, I. D. G., Suardana, I. N., & Rapi, N. K. (2022). E-modul IPA dengan model STEM-PjBL berorientasi pendidikan karakter untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(1), 120-133.
- Babarović, T., Dević, I., & Burušić, J. (2019). Fitting the STEM interests of middle school children into the RIASEC structural space. *International Journal for Educational and Vocational Guidance*, 19, 111-128.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009, March). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. In *Proceedings of the international AAAI conference on web and social media* (Vol. 3, No. 1, pp. 361-362).
- Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, 2008(10), P10008.
- Bordons, M., Aparicio, J., González-Albo, B., & Díaz-Faes, A. A. (2015). The relationship between the research performance of scientists and their position in co-authorship networks in three fields. *Journal of informetrics*, 9(1), 135-144.
- Chen, Y., So, W. W. M., Zhu, J., & Chiu, S. W. K. (2024). STEM learning opportunities and career aspirations: the interactive effect of students' self-concept and perceptions of STEM professionals. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 1.
- Cherven, K. (2013). *Network graph analysis and visualization with Gephi* (Vol. 24). Birmingham: Packt Publishing.

- Clarke, M. A., Sharma, N. M., & Schiller, A. M. (2019). An outreach program with hands-on, physiology-based exercises generates questions about STEM career expectations. *Advances in physiology education*, 43(2), 175-179.
- Cowhitt, T., Butler, T., & Wilson, E. (2020). Using social network analysis to complete literature reviews: a new systematic approach for independent researchers to detect and interpret prominent research programs within large collections of relevant literature. *International Journal of Social Research Methodology*, 23(5), 483-496.
- Dou, R., & Cian, H. (2022). Constructing STEM identity: An expanded structural model for STEM identity research. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(3), 458-490.
- Fayer, S., Lacey, A., & Watson, A. (2017). STEM occupations: Past, present, and future. *Spotlight on Statistics*, 1, 1-35.
- Freeman, L. (2004). The development of social network analysis. *A study in the sociology of science*, 1(687), 159-167.
- Gazni, A., & Didegah, F. (2016). The relationship between authors' bibliographic coupling and citation exchange: analyzing disciplinary differences. *Scientometrics*, 107, 609-626.
- Gil-Doménech, D., Berbegal-Mirabent, J., & Merigó, J. M. (2020). STEM education: A bibliometric overview. In *Modelling and Simulation in Management Sciences: Proceedings of the International Conference on Modelling and Simulation in Management Sciences (MS-18)* (pp. 193-205). Springer International Publishing.
- Göktepe Körpeoğlu, S., & Göktepe Yıldız, S. (2022). Comparative analysis of algorithms with data mining methods for examining attitudes towards STEM fields. *Education and Information Technologies*, 1-36.
- Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2005). Introduction to social network methods.
- Heinze, T., & Kuhlmann, S. (2008). Across institutional boundaries?: Research collaboration in German public sector nanoscience. *Research policy*, 37(5), 888-899.
- Heymann, S., & Le Grand, B. (2013, July). Visual analysis of complex networks for business intelligence with gephi. In *2013 17th International Conference on Information Visualisation* (pp. 307-312). IEEE.
- Hiğde, E., & Aktamış, H. (2022). The effects of STEM activities on students' STEM career interests, motivation, science process skills, science achievement and views. *Thinking Skills and Creativity*, 43, 101000.
- Höffler, T. N., Köhler, C., & Parchmann, I. (2019). Scientists of the future: An analysis of talented students' interests. *International Journal of STEM Education*, 6, 1-8.
- Huang, B., Jong, M. S. Y., King, R. B., Chai, C. S., & Jiang, M. Y. C. (2022). Promoting secondary Students' twenty-first century skills and STEM career interests through a crossover program of STEM and community service education. *Frontiers in Psychology*, 13, 903252.
- Ibrahim, Y., & Kamsani, S. R. (2022). Is exploring students' career interests still a necessity? An overview of the STEM world of work. *International Journal Of Special Education*, 37(3s).
- Ji, P., Jin, J., Ke, Z. T., & Li, W. (2022). Co-citation and Co-authorship Networks of Statisticians. *Journal of Business & Economic Statistics*, 40(2), 469-485.
- Kang, J., Salonen, A., Tolppanen, S., Scheersoi, A., Hense, J., Rannikmäe, M., ... & Keinonen, T. (2021). Effect of embedded careers education in science lessons on students' interest, awareness, and aspirations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-21.
- Katz, J. S. and Martin, B. R. (1997). 'What is research collaboration?'. *Research Policy*, 26, 1-18.
- Karahan, E., Kara, A. & Akçay, A.O. Designing and implementing a STEM career maturity program for prospective counselors. *IJ STEM Ed* 8, 23 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00281-4>
- Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: Trends, gaps and barriers. *International Journal of STEM Education*, 9, 1-24.

- Kennedy, J., Quinn, F., & Taylor, N. (2016). The school science attitude survey: a new instrument for measuring attitudes towards school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 39(4), 422-445.
- Ketenci, T., Leroux, A., & Renken, M. (2020). Beyond student factors: A study of the impact on STEM career attainment. *Journal for STEM Education Research*, 3(3), 368-386.
- Lee, S. and Bozeman, B. (2005), "The impact of research collaboration on scientific productivity", *Social studies of Science*, Vol. 35 No. 5, pp. 673-702.
- Lu, X., & Ma, C. (2017). Mapping research collaboration network of international methane hydrate research. *Procedia computer science*, 122, 820-825.
- Makhlouf, J., & Mine, T. (2020). Analysis of click-stream data to predict STEM careers from student usage of an intelligent tutoring system. *Journal of Educational Data Mining*, 12(2), 1-18.
- Marques, L., & Manzanares, M. D. (2022). Towards social network metrics for supply network circularity. *International Journal of Operations & Production Management*, 43(4), 595-618.
- Melin, G., & Persson, O. (1996). Studying research collaboration using co-authorships. *Scientometrics*, 36(3), 363-377.
- Miller, K., Sonnert, G., & Sadler, P. (2018). The influence of students' participation in STEM competitions on their interest in STEM careers. *International Journal of Science Education, Part B*, 8(2), 95-114.
- Morel, C. M., Serruya, S. J., Penna, G. O., & Guimarães, R. (2009). Co-authorship network analysis: a powerful tool for strategic planning of research, development and capacity building programs on neglected diseases. *PLoS neglected tropical diseases*, 3(8), e501.
- M Savić, M Ivanović, M Radovanović, Z Ognjanović, A Pejović, TJ Krüger, " Exploratory analysis of communities in coauthorship networks: a case study", *International Conference on ICT Innovations*, Springer, 2015, pp. 55-64
- Newman, M. E. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 98(2), 404-409.
- Newman, M. E. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 103(23), 8577-8582.
- OECD (2015). The ABS of gender Equality in Education: Aptitude, behavior, confidence, PISA. OECD Publishing <https://doi.org/10.1787/9789264229945-en>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *Education at a Glance 2019: OECD indicators*. OECD Publishing.
- Okamoto, K., hen, W., & Li, X. Y. (2008). Ranking of closeness centrality for large-scale social networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 5059, 186-195.
- Opsahl, T., Agneessens, F., & Skvoretz, J. (2010). Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social networks*, 32(3), 245-251.
- Özcan, H., & Koca, E. (2019). STEM'e yönelik tutum ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(2), 387-401.
- Palmer, T. A., Burke, P. F., & Aubusson, P. (2017). Why school students choose and reject science: A study of the factors that students consider when selecting subjects. *International Journal of Science Education*, 39(6), 645-662.
- Plasman, J. S., Gottfried, M., Freeman, J., & Dougherty, S. (2022). Promoting persistence: Can computer science career and technical education courses support educational advancement for students with learning disabilities?. *Policy Futures in Education*, 14782103211049913.
- Pratiwi, N., Putri, F. A., & Ali, M. (2024). The effect of stem approach in problem-based learning for increasing students' problem-solving ability in the topic of environmental pollution. *KnE Social Sciences*, 1063-1073.
- Riondato, M., & Kornaropoulos, E. M. (2014, February). Fast approximation of betweenness centrality through sampling. *In Proceedings of the 7th ACM international conference on Web search and data mining* (pp. 413-422).

- Sahin, A., Waxman, H. C., Demirci, E., & Rangel, V. S. (2020). An investigation of harmony public school students' college enrollment and STEM major selection rates and perceptions of factors in STEM major selection. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(7), 1249-1269.
- Salmela-Aro, K. (2020). The role of motivation and academic wellbeing–The transition from secondary to further education in STEM in Finland. *European Review*, 28(S1), S121-S134.
- Sithole, A., Chiyaka, E. T., McCarthy, P., Mupinga, D. M., Bucklein, B. K., & Kibirige, J. (2017). Student attraction, persistence and retention in STEM programs: Successes and continuing challenges. *Higher Education Studies*, 7(1), 46-59.
- Sonnenwald, D. H. (2007). Scientific collaboration. *Annu. Rev. Inf. Sci. Technol.*, 41(1), 643-681.
- Tas, N., & Bolat, Y. İ. (2022). An examination of the studies on stem in education: a bibliometric zapping analysis. *International Journal of Technology in Education and Science*, 6(3), 477-494.
- Turner, J. R., & Baker, R. (2020). Collaborative research: Techniques for conducting collaborative research from the science of team science (SciTS). *Advances in Developing Human Resources*, 22(1), 72-86.
- Umadevi, V. (2014, February). Community mining in co-authorship network. In *International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014)* (pp. 1-5). IEEE.
- Unfried, A., Faber, M., Stanhope, D. S., & Wiebe, E. (2015). The development and validation of a measure of student attitudes toward science, technology, engineering, and math (S-STEM). *Journal of Psychoeducational Assessment*, 33(7), 622-639.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). Social network analysis: Methods and applications.
- Wasserman, S., & Robins, G. (2005). An introduction to random graphs, dependence graphs, and p\*. *Models and methods in social network analysis*, 27, 148-161.
- Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton R. A. (2000). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51-59.
- Villanueva Baselga, S., Marimon Garrido, O., & González Burón, H. (2022). Drama-based activities for STEM education: encouraging scientific aspirations and debunking stereotypes in secondary school students in Spain and the UK. *Research in Science Education*, 52(1), 173-190.
- Vooren, M., Haelermans, C., Groot, W., & van den Brink, H. M. (2022). Comparing success of female students to their male counterparts in the STEM fields: an empirical analysis from enrollment until graduation using longitudinal register data. *International Journal of STEM Education*, 9, 1-17.
- Yeşilkaya, Ü. B., Yeşilkaya, İ., Çepni, S. & Tutun, S. (2023). How did academic collaboration occur in research on STEM attitudes and careers? *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. 10(1), 40-48. <https://doi.org/10.18844/prosoc.v10i1.8841>
- Yeşilkaya, Ü. B., Yeşilkaya, İ., Çepni, S. & Tutun, S. (2023). At what age does vocational tendency begin? *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. 10(1), 62-71. <https://doi.org/10.18844/prosoc.v10i1.8843>
- Zervas, P., Tsitmidelli, A., Sampson, D. G., & Chen, N. S. (2014). Studying research collaboration via co-authorship analysis in the field of TEL: the case of Educational Technology & Society Journal. In *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 376-377). IEEE.
- Zhan, Z., Shen, W., Xu, Z., Niu, S., & You, G. (2022). A bibliometric analysis of the global landscape on STEM education (2004-2021): towards global distribution, subject integration, and research trends. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 16(2), 171-203.