



Bibliometric Analysis of the Publications Made in STEM Education Area

Ali ÖZKAYA*^a

Article Info

DOI: 10.14686/buefad.450825

Article History:

Received 05.08.2018
Accepted 02.04.2019
Published 30.06.2019

Keywords:

STEM education,
Bibliometrics
Social network analysis

Article Type:

Research article

Abstract

This study involves bibliometric analysis of the scientific researches published in STEM education subject area. For this purpose, 2,313 studies about STEM education, published between 1992 and 2017 were analyzed bibliometrically and the trend of the last 26 years was revealed. Web of Science Core Collection database was scanned for "STEM Education" keyword and bibliometric data belonging to the studies were obtained. The studies were analyzed under the following sub-headings: number of publications per year, types of publications, language of publications, citation analysis, country collaborations, common citation networks and concept-topic tendencies. It is aimed to identify main authors who have conducted researches in the subject area and the works that they have done, as well as to determine the interaction between them. In addition, a word analysis was also conducted within the study in order to determine the concepts used in the researches published in STEM education area and covered in the data set. As a result of the analysis, collaborations and relationship patterns were visualized in the form of cognitive maps. In addition, the layout of the country collaborations, journals, authors, publications and concepts that form the sources of the citations in the network was evaluated.

STEM Eğitimi Alanında Yapılan Yayınların Bibliyometrik Analizi

Makale Bilgisi

DOI: 10.14686/buefad.450825

Makale Geçmişi:

Geliş 05.08.2018
Kabul 02.04.2019
Yayın 30.06.2019

Anahtar Kelimeler:

STEM eğitimi,
Bibliyometri,
Sosyal ağ analizi

Makale Türü:

Araştırma makalesi

Öz

Çalışmada STEM eğitimi konu alanında yayımlanan bilimsel araştırmaların bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, STEM Eğitimi hakkında 1992-2017 yılları arasında yayımlanan 2313 çalışma bibliyometrik açıdan incelenmiş, son 26 yıldaki eğilim ortaya konmuştur. Web of Science Core Collection veri tabanında "STEM Eğitimi" konu başlığında tarama gerçekleştirilmiş ve çalışmalara ait bibliyometrik verilere ulaşılmıştır. Çalışmalar; yıllara göre yayın sayıları, yayın türleri, yayın dilleri, atıf analizleri, ülke işbirliklikleri, ortak atıf ağları ile kavram-konu yönelimleri alt başlıklarında incelenmiştir. Veri setinde yer alan çalışmaların ortak atıfta bulunduğu yazarlar ve eserler de çalışma kapsamında incelenmiştir. Böylece, STEM eğitimi konu alanında araştırmalar yapan önemli yazarların ve meydana getirdikleri eserlerin belirlenmesi ve aralarındaki etkileşimlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada, STEM eğitimi alanında yayımlanan ve veri setinde yer alan araştırmalarda kullanılan kavramların belirlenmesi için kelime analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda işbirliklikler ve ilişki örüntüleri bilişsel haritalar şeklinde görselleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca ülke işbirliklikleri, atıf kaynağı dergiler, yazarlar, yayınlar ile kavramların ağdaki konumları değerlendirilmiştir.

*Corresponding Author: ozkaya42@gmail.com

Introduction

The rapid change occurred in science and technology is defining a new type of individual, who produces the knowledge, who can use it effectively in daily life, who can solve problems, who thinks critically and who is enterprising, along with the changing needs of the individual and the community (Ministry of National Education [MNE], 2018).

Making students experience science and engineering practices in school became important for the countries to enhance their research and technologic development capacity, socioeconomic growth and competitive advantage. The purpose of engineering and technology-oriented applications in education is helping students to make the connections between engineering and science, to understand the interactions between disciplines and to develop a worldview by practicing their learning. Nowadays, educators of many countries emphasize the importance of providing science, technology, engineering and mathematics disciplines together (Bagiati & Evangelou, 2015; Furner & Kumar, 2007; Guzey, Thank, Wang, Roehrig, & Moore, 2014; Stinson, Harkness, Meyer, & Stallworth, 2009; Yıldırım & Selvi, 2017).

In the new secondary school curriculum published by the Ministry of National Education in 2018, science and engineering applications are implicitly covered in many units. This program aims to equip students with engineering and design skills. This objective includes the integration of science with mathematics, technology and engineering, and the provision of an interdisciplinary perspective to problems. In this manner, students may achieve the ability of making invention and innovation; they may form products by using the knowledge and skills that they have acquired; and develop strategies about how to add value to these products.

With the depletion of the resources in the world, the technological innovation race between countries has gained pace. The countries are reviewing their education policies in order to be ahead in this race. Provision of four basic disciplines in a systematic way is called as Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education, which is an abbreviation formed by combining the initials of the words "Science, Technology, Engineering and Mathematics" (Yıldırım, 2014). Although the history of the STEM concept dates back to the beginning of the 1980s, the basis of its emergence is the gradual decrease in the interest of US students in science, mathematics and engineering (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Ostler, 2012). During 1990s, in the United States, National Science Teachers Association - NSTA, National Council of Teachers of Mathematics - NCTM, researchers, employers, faculties and students have constantly stated that there is a need for innovation in science, mathematics, engineering and technology teaching (AAAS, 1989, 1993). This program, known as SMET (Science Mathematics, Engineering, Technology), has been named as STEM by the National Science Foundation (NSF) in 2001 and it came to today (Sanders, 2008). With this program, it has been aimed that the students gain experience of inquiry-based teaching learning in schools. The program is also a step towards a program that gives students technical knowledge and skills, prepares students for real life, and prioritizes the needs and skills of modern business life. In the European Union's report published in 2007, it was emphasized that science and technology education alarmed throughout Europe, especially the interest of young people in science, technology and mathematics fields was constantly decreasing and the need for an effective action plan was emphasized (European Commission, 2007). STEM education approach provides students with an interdisciplinary point of view from an early age and puts emphasis on technology and engineering by providing information to be put into practice in a concrete manner (Aydeniz, Çakmakçı, Cavas, Özdemir, Akgündüz, Corlu, & Öner, 2015). Interest in STEM education is increasing day by day. Research on this subject is also increasing (Bybee, 2010; English, 2016; Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014; Kuenzi, 2008; Sanders, 2008; Sgoutas-Emch, Baird, Myers, Camacho, & Lord, 2016; Zeidler, 2016). Increasing interest in the subject and increasing the number of scientific studies carried out in this context reveal the necessity to summarize the subjects studied and the results. Today, as a result of rapid production and dissemination of information, literature records that have become a heap on a certain subject can be summarized with bibliometric methods.

Bibliometrics is the application of statistics and mathematical methods to the books and similar communication environments (Pritchard, 1969). Bibliometric analysis can be defined as the statistical analysis of scientific research. In bibliometric research, various findings are obtained by analyzing the works according to their specific characteristics (author names, keywords, methods used, citations, etc.) (Al & Coştur, 2007). In this way, the

performance of authors, institutions and countries can be evaluated. The structure and dynamics of the investigated areas can be statistically visualized by data mapping. Thus, bibliometric studies allow the identification of trends in the field by quantifying the literature in a given area (Kasemodel, Makishi, Souza, & Silva, 2016; Koseoglu 2016). The citation analysis performed in bibliometric studies also allow the evaluation of the qualifications of scientific publications. With these characteristics, bibliometric analysis is distinguished from the meta-analysis which aims to reveal the existence of an effect, to evaluate the inconsistency in scientific papers and to investigate its cause, and to investigate the heterogeneity between studies. However, bibliometric analysis shows similarities with content analysis which aims to combine similar data in the framework of determined concepts and themes and interpret them in a way that readers can understand (Yıldırım & Şimşek, 2016).

Social network analysis is used in bibliometric studies to examine scientific cooperation and co-citation relations (Güzeller & Çeliker, 2017). Social network analysis is an important tool for identifying information networks that are effective in the development of research area. Thanks to the social network analysis, it is possible to visualize the networks of collaboration between authors and institutions and co-citation networks, so that important actors in the research area can be identified. (Karagöz & Yüncü, 2013).

The most important data sources of bibliometric researches are international scientific citation indexes, particularly Science Citation Index (SCI), Social Science Citation Index (SSCI) and Art & Humanities Citation Index (A&HCI). These indexes can be accessed through Web of Science Core Collection database. Web of Science (WoS) makes a significant contribution to bibliometric studies as a database that contains bibliometric data about the scientific publications scanned in these indexes (Güzeller & Çeliker, 2017).

The purpose of this study is to conduct bibliometric analysis of the scientific researches published in STEM education subject area to find out general layout of the scientific knowledge and scientific communication structure of the field using an objective method, driven from the data. Thus, the development of research in the field of STEM education can be determined. Another aim of this study is to contribute to creating a road map by giving light to those who will work in this field in the future.

The review of bibliometric studies in the literature revealed that there are many domestic and international studies evaluating the articles published in the journals, graduate theses, and papers presented at congresses and symposia (Beşel & Yardımcıoğlu, 2017; Bornmann & Mutz, 2015; Fahimnia, Sarkis, & Davarzani, 2015; Heradio, de la Torre, Galan, Cabrerizo, Herrera-Viedma, & Dormido, 2016; Khan, Ullah, Riaz, Bhulani, Manning, Tridandapani, & Khosa, 2017; Kutluca, Birgin, & Gündüz, 2018; Mao, Liu, Du, Zuo, & Wang, 2015; Marshakova-Shaikovich, 2005; Martinez-Pulgarin, Acevedo-Mendoza, Cardona-Ospina, Rodríguez-Morales, & Paniz-Mondolfi, 2016; Santos, Costa, & Grilo, 2017; Yılmaz, 2017). On the other hand, there is no STEM education-related bibliometric study in the domestic literature whereas it is very rare in international literature.

Assefa & Rorissa (2013) aimed to identify major knowledge areas that characterize STEM education by analyzing the title of the papers, keywords and abstracts of the papers in Web of Science and ERIC databases. In addition, researchers analyzed the studies that they have scanned through common word analysis method. For this purpose, a total of 7,265 books, papers, articles and theses containing STEM and STEM education words, which have been published between 1901 (the start of the engineering education) and 2010, have been scanned in the Web of Science and ERIC databases and the following questions were addressed: a) What are the main knowledge areas covered in STEM and STEM education? b) How to benefit from these visualizations and maps while developing a curriculum? c) What information can educational programmers get from these visual maps? The authors also addressed the questions of how STEM education will be shaped in the future, what are the basic knowledge areas and relationships in STEM and STEM education, resource management and how these results can be utilized for professional development activities.

In 2016, Yu, Chang and Yu have examined 385 works that include “STEM Education” keyword among the journals scanned between 1992 and 2013 in SSCI (Social Science Citation Index). As a result, they observed that there is a rapid increase in STEM education-related studies since 2008. Looking at the contributions of the country showed that most of the studies have been conducted in USA (52%), England (9%), Netherland (4%), and Australia (4%). The analysis of the STEM education-related resources showed that Educational Researches (51%),

Psychology (32%), Engineering (23%), and Medical Science Researches (12%) were the subject areas that have been mostly reviewed. Regarding the keywords used for STEM, researchers found that the words STEM (4.16%), Science Education (4.16%), STEM education (3.64%), Higher Education (2.86%), and Education (2.60%) have been used the most.

Method

In this context, Web of Science Core Collection database was scanned for “STEM Education” keyword to reach research data. As a result of the scan performed in Web of Science, a total of 5,505 scientific researches were accessed. By limiting the data with the researches performed in educational science area, 2,532 scientific researches, published between 1992 and 2018 were found. Considering that the number of studies and citations are subject to change for the year 2018, it was decided to perform the study within the scope of the scientific researches published between 1992 and 2017. Accordingly, the study was conducted using 2,313 scientific publications.

In the study, detailed information of 2,313 publication (year of publication, type of publication, publication language, title, author name, author country, number of citations, abstract, keywords and bibliography) was used. In the study, first Web of Science database was scanned to find out the number, type, publication language and frequency of citation of the scientific researches published in STEM education subject area according to years. The time periods, when the STEM education-related publications are intensified were identified regarding the frequency distribution of the studies according to years. In addition, the works with the highest number of citations were also identified.

The joint works of the authors who have scientific publications in STEM education subject area have been examined and the dominant countries of the field were determined regarding the countries of the authors. While performing the analysis, if a publication contained two or more authors from the same country, the country was counted for once. Moreover, the journals, in which significant works referred by the researches in the data set have been published, were also identified,

The authors and the works that the studies in the data set cited were also examined in the scope of the study. In this way it was aimed to determine the important authors who have conducted researches in STEM education subject area and the works that they have produced, as well as identifying the interactions among them. Common citation analysis allows to understand prominent research topics in a particular field in terms of paradigm shifts, relationship among the dynamics of the intellectual structure and periodic changes (Nerur, Rasheed, & Natarajan, 2008). In this regard, the outcomes of common citation analysis of the publications enable us to determine topic clusters in STEM education area. While determining the topics mostly investigated in the area, the works cited by the studies are clustered according to the similarity of the topics, so the titles of the clusters present the general layout in terms of the topics examined in the area. In addition, a word analysis was also conducted in the study in order to determine the concepts used in the researches published in STEM education area and covered in the data set.

Social network analysis was used to determine the countries of the authors who lead the researches, as well as the concepts that are frequently used in STEM education area; to identify the authors, works and the journals in which these works have been published; and to visualize the relationships associated to them. Social network analysis, is a mapping analysis aiming to reveal and visualize mathematical relationships-based patterns by using meta data of the scientific studies (Boyack & Klavans, 2010; Klavans & Boyack, 2011). Social network analysis was performed through Citespace II software, which is a Java application used to visualize and analyze the trends and changes occurring in a scientific area or topic (Chen, Ibekwe-Sanjuan, & Hou, 2010).

As a result of the analysis, collaboration and relationship patterns were visualized in the form of cognitive maps; network density, modularity and mean silhouette values, which have a statistical importance for the structure and performance of the network, were calculated for each network. Among these statistical values, network density shows the coverage of the social network and it is a measure showing how much of the possible relations are actually established (Gençer, 2017). In other words, network density shows how much of the potential connections are used in a network (Al & Doğan, 2012). Modularity value measures the strength of division of a network into

modules. Modularity values vary between 0 and 1. Values close to 1 indicate closer relationships and connections within the clusters. A low modularity value indicates a network that cannot be reduced to modules with clear boundaries, whereas high modularity value means a well-structured network (Chen et al., 2010). On the other hand, mean silhouette value varies between -1 and 1 and values close to 1 means that the actors in the network are consistent, similar and a strong clustering (Güzeller & Çeliker, 2018; Li, Ma, & Qu, 2017; Simovici, 2007).

In the study, the collaboration between countries, the journals that form the source of citations, authors, publications and the locations of the concepts in the map were evaluated according to their betweenness centrality. Each node in the network shows a country, whereas each link indicates the relations between countries. As the number of connections increases, the connections between the nodes become thicker (Ukşul, 2016). The metric of betweenness centrality is defined for each node in a network. Betweenness centrality measures the centrality of a node on a path that connects the other nodes in the network (Chen et al., 2010). In other words, it measures the extent to which it has connections with other nodes that are not interconnected; higher value indicates that it acts as a bridge connecting the other nodes (Ni, Sugimoto, & Robbin, 2017). In addition, citation burst of the countries of the researches' authors and the concepts frequently used in the researches included in the data set were determined according to the citations that they have got. Citation bursts were also identified for the authors, works and important journals in which these works have been published, cited by the researches included in the data set. Citation burst reveals whether a certain frequency function had statistically significant fluctuations in a short time interval over the whole time period (Chen et al., 2010). The determination of the authors and works of intense interest of researches have a particular importance for understanding periodic changes (Yalçın & Yayla 2016: 298). Regarding the topic orientation of the papers, Term Frequency-Inverse Document Frequency (TFIDF) and Log Likelihood Ratio (LLR) algorithms were used (Güzeller & Çeliker, 2017) and recent topics studied on STEM education field were identified.

Findings

In this study, the publications were analyzed according to the number of publications per year, type of publications, language of publication, citation analyzes, country collaborations, co-citation networks and concept-subject orientations and the following findings were reached. In addition, a word analysis was performed in the study, cooperative and relationship patterns were visualized as cognitive maps.

Number of Publications According to Years

The review of the 2,313 studies published between 1992-2017 in STEM education subject area showed that the highest number of researches were published between 2013-2017 (n=1,671). According to the findings in Table 1, although there has been a total of 155 publications in 16 years from 1992 to 2007 in the field STEM education, it can be said that the academic interest in this field has dramatically increased since 2008. The publication rate of the 10 years, in the period of 2008-2017, constitutes 93.3% of the total publications.

Table 1. Distribution of Publications by Years

Years	Frequency (n)	Percentage (%)
1992-1997	41	1.8
1998-2002	26	1.1
2003-2007	88	3.8
2008-2012	487	21.1
2013-2017	1,671	72.2
TOTAL	2,313	100

Types of Publication

As can be seen from Table 2, the publications were published in 7 different ways according to their types (Article, Paper, Editorial Material, Criticism, Book Review, Correction and Book Section). Since some of the studies were evaluated by Web of Science within the scope of more than one publication type, the ratios were calculated based on the number of 2,333 publications. From 1992 to 2017, mostly article type (1,297 pcs) and paper type (956 pcs) publications were published, which were followed by Editorial Materials (36 pcs), Critics (32 pcs) Book Reviews (9 pcs), Corrections (2 pcs) and Book Section (1 pcs) types.

Table 2. Distribution of Publications According to Type

Type of Publication	Frequency (n)	Percentage (%)
Article	1,297	55.6
Paper	956	41.0
Editorial Material	36	1.5
Critics	32	1.4
Book Review	9	0.4
Correction	2	0.1
Book Section	1	0.0
TOTAL	2,333	100

Language of publication

As can be seen from Table 3, the studies have been published in 11 different languages, but predominately in English (n=2,251). The reason of encountering such a result is that scientific communication is performed in English around the world. English was followed by Spanish (25 publications), Portuguese (17 publications), Turkish (5 publications), Russian (4 publications), German (3 publications) and other languages (Chinese (2), Croatian, French, Bulgarian, Czech, Italian and Slovak).

Table 3. Distribution of Publications According to Languages

Language	Frequency (n)	Percentage (%)
English	2,251	97.3
Spanish	25	1.1
Portuguese	17	0.7
Turkish	5	0.2
Russian	4	0.2
German	3	0.1
Other	8	0.3
TOTAL	2,313	100

Citation Analysis

A total of 62,005 resources were cited by 2,313 studies published in STEM education subject area. The total number of citations made to these 2,313 studies was found to be 11,359, where 883 of them were the citations of the authors to their own works. Maximum citation was received in 2017, with 2,509 citations. Among 2,313 publications, average number of citations per study is 4.91, whereas yearly average citation is 420.70. H-index of the publications was calculated to be 46. Accordingly, it can be said that there are 46 publications with at least 46 citations in STEM education subject area.

Table 4. Number of Citations Received according to Years

Years	Number of Received citation	Percentage (%)
1992-1997	99	0.9
1998-2002	230	2.0
2003-2007	472	4.2
2008-2012	1,829	16.1
2013-2017	8,729	76.8
TOTAL	11,359	100

According to the findings in Table 4, the number of citations was 99 between 1992 -1997, whereas it was between 230 between 1998 - 2002, 472 between 2003-2007, 1,829 between 2008-2012, and 8,729 between 2013-2018; a continuous increase in the number of citations according to years has been detected. It can be said that the citations made to the publications in the field of STEM education have increased significantly since 2013 and constitute 76.8% of the total citations.

Table 5. Number of Citations per Publication

Number of Citations	Number of Publication	Percentage (%)
More than 100	15	0.6
81-100	8	0.3
61-80	12	0.5
41-60	19	0.8
21-40	71	3.1
11-20	122	5.3
1-10	744	32.2
0	1,322	57.2
TOTAL	2,313	100

Regarding the number of citations received by the publications shown in Table 5, it was found that the most cited study among the 2313 works was the article titled “Women and Science Careers: Leaky Pipeline or Gender Filter?” conducted by Jacob Clark Blickenstaff in 2005, with 282 citations. There are 15 publications getting over 100 citations, 8 publications getting 81-100 citations, 12 publications getting 61-80 citations, 19 publications getting 41-60 citations, 71 publications getting 21-40 citations, 122 publications getting 11-20 citations, whereas 744 publications got 1-10 citations, which constitutes the biggest proportion as 32.2%. In addition, it was seen that 57.2% of the publications had never been cited.

Country Collaborations

Social network analysis was performed to determine the collaborations of the researchers according to their countries. The names of the countries were scaled according to the degree of collectivism and showed in Figure 1.

1992-1994 1995-1997 1998-2000 2001-2003 2004-2006 2007-2009 2010-2012 2013-2015 2016-2017



Figure 1. Country Collaborations

As a result of the analysis, a network consisting of 50 nodes and 105 connections, divided into 8 clusters has been obtained as shown in Figure 1. Network density was calculated as 0.0857. While analyzing country collaborations, a country was counted for once for the publications containing two or more authors from the same country. Each node of the network represents a country, where each connection represents the relationship between countries. The colors of the network indicate the years when the collaborations have been realized according to the time-scale showed at the top. The thickness and size of the circle around the node represent the centrality of the node (Ukşul, 2016). The modularity value of the network was found to be $Q = 0.42$, whereas mean silhouette value is 0.45.

Table 6. Country Collaborations and Degree of Centrality

Countries	Frequency	Year	Cluster#	Countries	Centrality	Year	Cluster#
ABD	1,464	1993	0	ABD	1.03	1993	0
England	112	1999	2	England	0.31	1999	2
Australia	81	2007	4	Australia	0.22	2007	4
Canada	59	2009	2	Netherland	0.17	2005	1
Spain	59	2008	1	Ireland	0.16	2014	4
Turkey	51	2009	4	Spain	0.14	2008	2
Germany	31	2013	3	Canada	0.11	2009	1
Israel	30	2001	3	Greece	0.08	2014	2
Brazil	27	2014	0	Belgium	0.08	2016	3
China	27	2011	0	Germany	0.07	2013	3

According to the findings in Table 6, US seems to be the country making the highest collaboration with other countries ($n=1,464$). At the same time, US is the country with the highest centrality. Accordingly, it can be said that US plays a key role in establishing and continuing the scientific relationships among countries. In addition, it can be said that England is guiding the studies that will be made in STEM education subject area. According to the results of citation burst analysis, England's citation burst value was found to be 6.97 for the years 1999-2005.

Journal's Common Citation Network

Common citation network analysis of the journals aims to determine the journals, where the significant scientific works that were cited by other studies have been published in STEM education area.

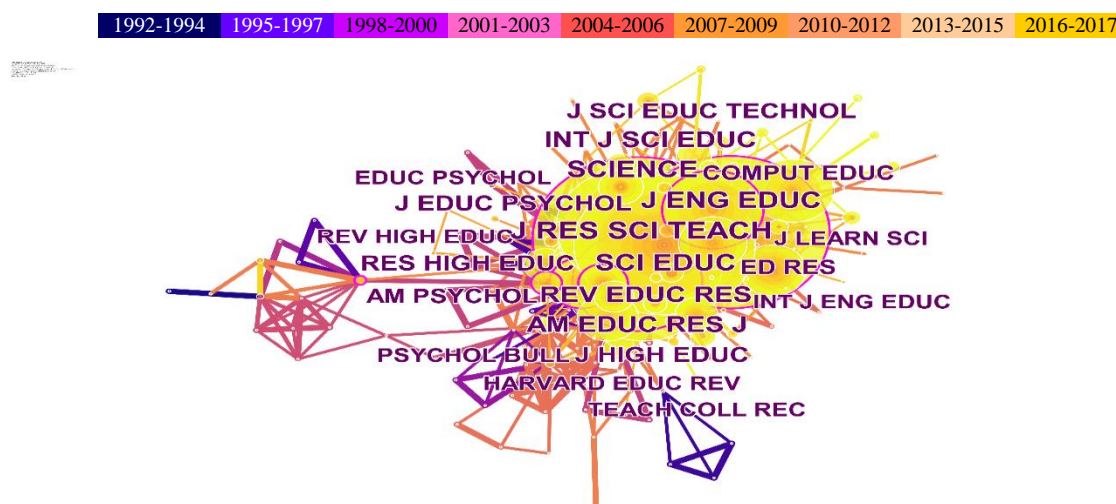


Figure 2. Journal's Common Citation Network

The network shown in Figure 2 consists of 213 nodes (journals that are source of the citations), 970 connections and 26 clusters. Network density is 0.04. Modularity value is $Q= 0.42$, whereas mean silhouette value is 0.27.

Table 7. Journals Receiving Common Citations and Degree of Centrality

Journals	Frequency	Year	Cluster#	Journals	Centrality	Year	Cluster#
Journal of Research in Science Teaching	444	1995	1	Journal of Research in Science Teaching	0.18	1995	1
Journal of Engineering Education	403	2008	4	Academic medicine	0.17	1995	5
Science Education	374	1993	1	<u>American Psychologist</u>	0.17	1996	0
Science	316	2004	1	Journal of Personality and Social Psychology	0.16	2004	0
<u>International Journal of Science Education</u>	286	1993	1	Higher Education	0.13	2006	2

As can be seen in Table 7, the journal that has been cited the most by the studies published in STEM education research area is “Journal of Research in Science Teaching” (n=444). The other journals mostly cited in STEM education area are respectively Journal of Engineering Education (n=403), Science Education (n=374), Science (n=316) and International Journal of Science Education (n=286). Journal of Research in Science Teaching is also the journal with the most central position (0.18). In terms of centrality it is followed by Academic Medicine (0.17), American Psychologist (0.17), Journal of Personality and Social Psychology (0.16) and Higher Education (0.13) journals.

Table 8. Citation Burst Values of the Publications according to Years

Publications	Burst	Start	End	1992-2017
--------------	-------	-------	-----	-----------

The Journal of Educational Research	13.99	2013	2015	
How People Learn: Brain, Mind, Experience and School: Expanded Edition	12.88	2008	2012	
Talking About Leaving: Why Undergraduates Leave the Sciences	12.58	2008	2012	
Academic Medicine	10.99	1996	2011	
Engineering in K-12 Education Understanding the Status and Improving the Prospects	10.78	2011	2014	

As a result of the citation burst analysis, it was found that citation burst occurred in 44 publications and the publications with the highest citation burst values are shown in Table 8. “The Journal of Educational Research” is the publication with the highest citation burst value (13.99). In addition, the same journal is the publications in which the resources cited by the most recent researches are published. Therefore, it can be said that the researchers who are involved in STEM education in recent years tend to work on the topics covered in this journal.

Author’s Common Citation Network

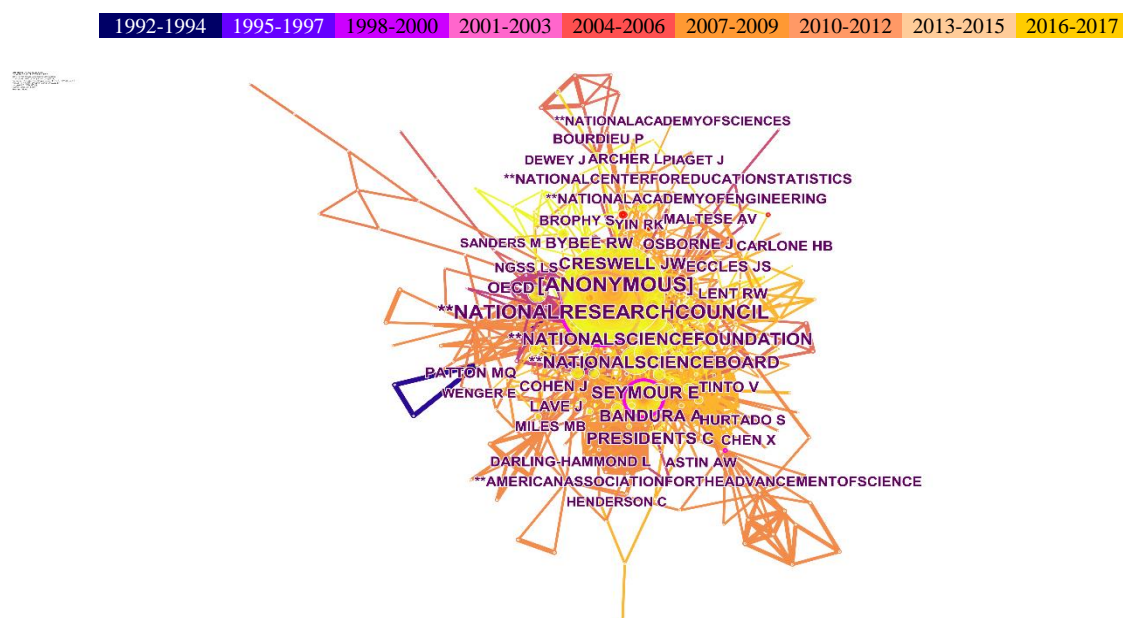


Figure 3. Author’s Common Citation Network






Author's common citation network shown in Figure 3 consists of 349 nodes (authors that are source of citation), 1,219 connections and 50 clusters. Its density is 0.0201, modularity value is $Q=0.5694$ and mean silhouette value is 0.2725.

Table 9. Author's Common Citation Analysis and Degree of Centrality

Authors	Number of Citation	Year	Cluster #	Authors	Centrality	Year	Cluster #
National Research Council	270	2004	0	National Research Council	0.37	2004	0
<u>Elaine Seymour</u>	146	2005	3	<u>Elaine Seymour</u>	0.22	2005	3
National Science Foundation	135	2009	1	Adelman, Clifford	0.12	2010	7
National Science Board	127	2008	1	<u>Heidi B. Carlone</u>	0.10	2013	5
Albert Bandura	110	2004	1	<u>Robert W. Lent</u>	0.09	2008	0
Presidents C	105	2012	1	<u>John D. Bransford</u>	0.09	2005	1
J. W. Creswell	101	2010	0	National Science Foundation	0.08	2009	1
Bybee, Rodger W.	81	2012	10	<u>Jérôme Lavé</u>	0.08	1995	3
OECD	78	2009	2	National Science Board	0.07	2008	1
Vince Tinto	68	2010	1	Robert K. Yin	0.07	2006	0

As can be seen in Table 9, the author that was mostly cited by 2,313 studies published in the area and that occupies the most central position at the map is the institution called National Research Council ($n=270$). This institution is followed by Elaine Seymour with 146 citations, National Science Foundation with 135 citations, National Science Board with 127 citations, Albert Bandura with 110 citations, Presidents C. with 105 citations, and J. W. Creswell with 101 citations. As in the number of citations, National Research Council (0.37) occupies the most central position. Other authors positioned at the center are respectively Elaine Seymour (0.22), Clifford Adelman (0.12), Carlone B. Heidi (0.10) and Lent W. Robert.

Table 10. Citation Burst Values of the Authors that were Cited by the Studies

Authors	Burst	Start	End	1992-2017
National Academy of Foreign Engineering	12.69	2011	2014	
<u>Linda Katehi</u>	9.77	2011	2014	
<u>John D. Bransford</u>	9.24	2005	2013	
National Science Foundation	8.96	2007	2011	
<u>Louise Archer</u>	8.04	2015	2017	

Regarding citation burst values of the authors shown in Table 10, the highest value belongs to National Academy of Foreign Engineering (12.69). It can be said that the works of the author lead and flash the works

realized in STEM education area. This institution is followed by Linda Kaheti, John D. Bransford, National Science Foundation and Louise Archer respectively. It should be mentioned that the works of the researcher called Louise Archer are also the topic of interest in the area.

Publication’s Common Citation Network

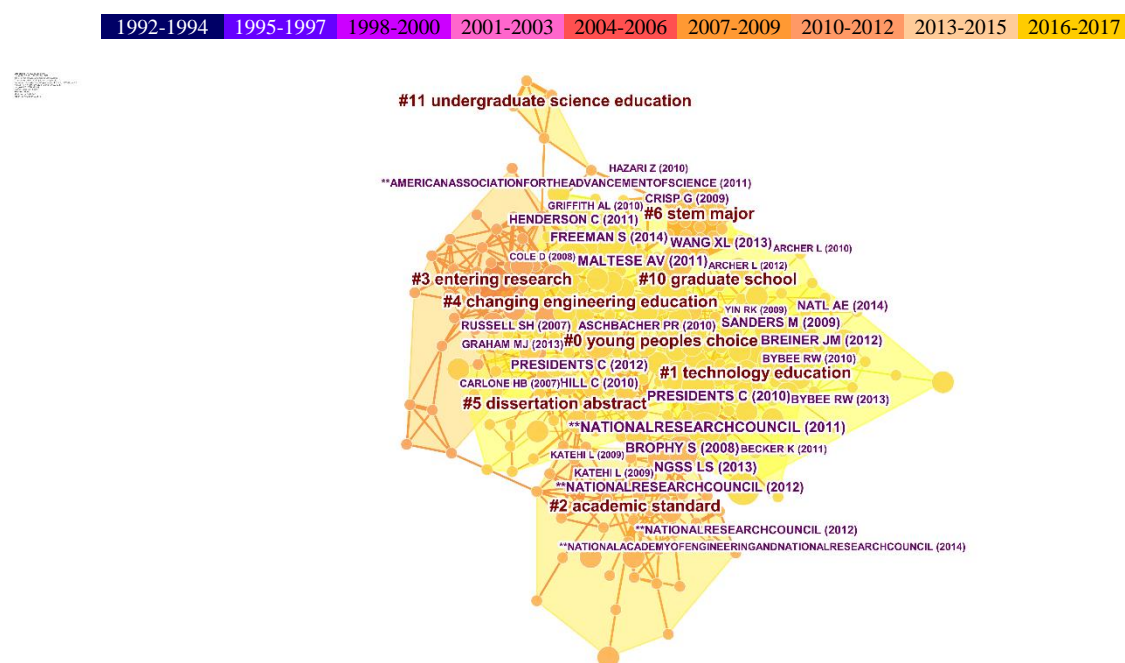


Figure 4. Publication’s Common Citation Network

The network formed as a result of the analysis consists of 450 nodes, 1,224 connections and 117 clusters. The density of the network shown in Figure 4 is 0.01. Modularity value is Q= 0.48 and mean silhouette value was calculated as 0.21.

Table 11. Citation Sources’ Degree of Centrality

Sources	Centrality	Year	Cluster#
Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine.	0.13	2010	0
Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. (2009). Student characteristics, pre-college, college, and environmental factors as predictors of majoring in and earning a STEM degree: An analysis of students attending a Hispanic serving institution.	0.10	2009	6
National Research Council. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects.	0.08	2009	2
Cole, D., & Espinoza, A. (2008). Examining the academic success of Latino students in science technology engineering and mathematics (STEM) majors.	0.07	2008	0
Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in science.	0.06	2010	5






According to Table 11, the sources with highest degree of centrality are the articles produced by Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. in 2010 (0.13) and by Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. in 2009 (0.10). These studies are common reference sources that lead the way in STEM education research area.

Table 12. Frequencies of Citation Sources

Sources	Frequency	Year	Cluster#
National Research Council. (2011). Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics.	42	2011	1
Holdren, J. P., Lander, E., & Varmus, H. (2010). Report to the president prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future.	37	2010	0
Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms.	36	2008	2
Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among US students.	35	2011	0
National Research Council. (2013). Next generation science standards: For states, by states.	35	2013	1

As can be seen in Table 12, the source that was cited the most by the studies published in STEM education research area is the publication of Cluster # 1, performed by National Research Council in 2011 (n=42). This publication is the most important reference source that leads and flashes the area. The article of Cluster # 1, realized by National Research Council in 2013 (n=35) can be shown as the most recent reference source among the most important 5 sources.

Table 13. Sources' Burst Values according to Years

Sources	Burst	Start	End	1992-2017
Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). The status and nature of K-12 engineering education in the United States.	5.11	2011	2012	
Seymour, E., Hunter, A. B., Laursen, S. L., & De Antoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three-year study.	4.94	2010	2012	
Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens.	4.27	2013	2015	
National Academy of Engineering, U. S. (2004). The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century.	4.10	2011	2012	
Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation.	4.02	2015	2017	

Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. 3.63 2014 2015

The findings in Table 13 indicate that the source with the highest citation burst value is the article produced by Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). This article can be seen as a work that was effective in STEM education area in the period of 2011-2012 and led the studies realized in these years. The work prepared by Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014) is one of the most popular works in the field.

STEM Education Research Area Topic Clusters

Regarding the topic clusters, it can be said according to Table 14 that the biggest cluster is Cluster #0, including the studies related to young people's choice (688.47, 1.0E-4) (n=54). Silhouette value of the cluster is 0.649, which indicates a homogenous structure. The average year of the publications cited by the studies included in the cluster is 2009. The most recent research topics of the area were identified as technology education and changing engineering education. The average year of the publications cited by the studies included in these clusters is 2011.

Table 14. Topic Clusters Formed according to Citation Sources

Cluster	Size	Mean Silhouette	Label (TFIDF)	Label (LLR) p-value	Average Citation Year
0	54	0.64	STEM; career ambitions; undergraduate research increases self-efficacy;	Young people's choice (688.47, 1.0E-4); children engagement (441.1, 1.0E-4); family habit (441.1, 1.0E-4)	2009
1	53	0.76	STEM; motivations; policy arena	Technology education (614.08, 1.0E-4); mathematics curriculum (614.08, 1.0E-4); core value (614.08, 1.0E-4)	2011
2	43	0.88	engineering; analysis; extent; presence; k-12	Academic standard (947.76, 1.0E-4); k-12 STEM Education 704.66, 1.0E-4); high school student (554.85, 1.0E-4)	2007
3	40	0.82	STEM; course; beginning undergraduate researchers	Entering research (957, 1.0E-4); beginning under graduate researcher (957, 1.0E-4); meyerhoff scholarship program (351.01, 1.0E-4)	2006
4	37	0.69	STEM; national education systems; gaps;	Changing engineering education (778.46, 1.0E-4); math discipline (717.15, 1.0E-4); gender disparities (717.15, 1.0E-4)	2011

Word Analysis

1992-1994 1995-1997 1998-2000 2001-2003 2004-2006 2007-2009 2010-2012 2013-2015 2016-2017



Figure 5: Word Analysis

As a result of the analysis a network consisting of 179 nodes and 911 connections was obtained as shown in Figure 5. The density of the network was calculated as 0.05. Modularity value of the network was found to be $Q=0.35$, whereas mean silhouette value is 0.33. The network was formed by a total of 17 clusters. Frequencies and centrality values of the top 10 concepts are shown in Table 15.

Table 15. Frequencies and Centrality Values

Word	Frequency	Year	Word	Centrality	Year
education	396	1993	student	0.15	2004
STEM	318	2006	mathematics	0.14	2007
science	264	2008	education	0.13	1993
student	201	2004	perception	0.10	2010
STEM education	175	2007	science	0.09	2008
mathematics	122	2007	choice	0.09	2010
gender	104	2009	curriculum	0.09	2005
higher education	101	2008	gender	0.08	2009
achievement	99	2009	classroom	0.08	2009
engineering education	88	2009	STEM	0.07	2006

According to the data in Table 15, the concepts that are mostly used in STEM education area are education (n=396), STEM (n=318), science (n=264), student (n=201), STEM education (n=175), mathematics (n=122), gender (n=104), higher education (101), achievement (n=99) and engineering education (88) whereas the concepts with the highest centrality degree are students (0.15), mathematics (0.14), education (0.24), perception (0.10), science (0.09), choice (0.09), curriculum (0.09) gender (0.08), classroom (0.08) and STEM (0.07).

Table 16. Word Citation Burst Values

Words	Burst	Start	End	1992-2017
biology	5.10	2014	2017	

impact	5.05	2015	2017	
program	4.43	2013	2014	
engineering design	4.17	2011	2014	
scientist	4.12	2014	2015	
k-12	4.07	2011	2015	
color	3.70	2011	2013	
context	3.70	2011	2013	
work	3.44	2010	2013	
innovation	3.36	2013	2014	

As a result of citation burst analysis, citation bursts were detected for a total of ten concepts. Among them, the concepts with highest values were found to be biology (5.10), impact (5.05), program (4.43), engineering design (4.17) and scientist (4.12) as shown in Table 16. These concepts are the ones that are currently worked on in STEM education research area.

Conclusion, Discussion and Suggestions

In this study bibliometric analysis of the scientific researches published in STEM education subject area were performed and the general layout of the scientific knowledge and scientific communication structure of the field was revealed using an objective method, driven by the data. Web of Science Core Collection database has been scanned for “STEM Education” keyword and 2,313 studies about STEM education, which were limited with the researches published from 1992 to 2017, have been included in the research. Number of publications per year, types, publication language and frequencies for citation analysis were determined for the studies included in the study. In addition, the most cited works of the area among the ones covered in the data set were determined. In this aspect, this is the first study conducted in this area.

Regarding the number of publications per year, it was found that the academic interest towards STEM education subject area was expeditiously increased after 2008; it was observed that 93.3% of the publications related to STEM education was formed by the works published between 2008-2017. Regarding the types of publications, it was observed that there are 7 different publication types; article is the most published type (%55.6);

and 96.6% of the whole publications was formed by articles and paper type publications. The language of nearly all the works published in STEM education area is English (97.3%), followed by Spanish with 1.1%. It was found that number of citations has been constantly increased over years; 76.8% of the whole citations have been made between 2013 and 2017; in addition, 7.77% of the whole citations have been made to the authors' own works; the average number of citations is 4.91; and 15 works over 2,323 received citations over 100. Regarding country collaborations, it can be said that US is the country that realized the highest number of collaborations with other countries, England is guiding the studies that will be made in STEM education subject area. The review of the journals, where significant scientific studies of STEM education area were published, showed that the journal that has been cited the most by the published works is "Journal of Research in Science Teaching" (n=444). This journal also occupies the most central position in the network. The journal is a source of the publications that carries key importance in the area. As a result of the citation burst analysis, it was found that citation burst occurred in 44 journals and "The Journal of Educational Research" was observed to be the journal with the highest citation burst value (15.02). In addition, the journal is also the source cited by the most recent researches. Regarding author's common citation network, the authors that have been mostly cited in the area are National Research Council (n=270) and Elaine Seymour (n=146). It was found that the author of the work occupying the most central place in the map is National Research Council (0.37). Regarding Publication's Common Citation Network, the sources with highest centrality, in other words the common reference sources that lead STEM education research area, are found to be the articles titled as "Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine" (0.13) performed by Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. in 2010 and "Student characteristics, pre-college, college, and environmental factors as predictors of majoring in and earning a STEM degree: An analysis of students attending a Hispanic serving institution" (0.10) performed by Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. in 2009. The source that has been mostly cited by the works published in STEM education area, which leads and flashes the area, is the publication titled as "Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics", performed by National Research Council in 2011(n=42). The work performed by National Research Council in 2013 (n=35) can be shown as the most recent reference source among the most important 5 sources. The work with the highest citation burst value is "The status and nature of K-12 engineering education in the United States", performed by Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. in 2009. It can be observed that it was effective in the period of 2011-2012. Regarding topic clusters in STEM education research area, it can be seen that the biggest cluster is the one with the studies related to young people's choice. On the other hand, the most recent research topics in the area were found to be technology education and changing engineering education. Regarding word analysis, it can be seen that most commonly used concepts are the words education (n=396), STEM (n=318) and science (n=264). The concepts with the highest centrality values are students (0.15), mathematics (0.14) and education (0.13). As a result of citation burst analysis, citation bursts were detected for a total of ten concepts, among which the concepts with the highest values were found to be biology and impact; these concepts are the ones that are currently worked on in STEM education research area.

The findings are similar to the study of Yu, Chang and Yu published in 2016. The authors stated that the most contributions to STEM education between 1992-2013 have been made by USA, UK, Netherlands, Australia and Spain respectively. In this study, the countries located at the center have been found to be USA, UK, Australia, Netherlands and Ireland, respectively. The authors have found that STEM, science education, STEM education, higher education, education and science were the most commonly used words in the mentioned years. On the other hand, in the current study most commonly used words were found to be education, STEM. Science, students, STEM education and mathematics, respectively. The authors have found the journals that direct STEM education to be International Journal of Science Education, Journal of Science Education and Technology, Journal of Engineering Education, Teachers College Record, and Research in Higher Education, respectively. On the other hand, in this study the journals that direct STEM education were found to be Journal of Research in Science Teaching, Journal of Engineering Education, Science Education, Science, International Journal of Science Education, respectively.

The findings show similarities with the survey conducted by Assefa & Rorissa (2013), who have analyzed the title, keywords and abstracts of the works. In this way, they have addressed basic knowledge fields that characterize the field of STEM education by co-occurrence analysis. Regarding the analysis of the works related to STEM education according to their title, the most commonly used words have been education, science education,

technology education, mathematics education and engineering education, respectively. Regarding the analysis of the works related to STEM education according to keywords, the most commonly used words have been science education, mathematics education, primary education, higher education and technology education, respectively. Regarding the analysis of the works related to STEM education according to their abstract, the most commonly used words have been science education, student, technology education, mathematics education and education respectively.

Unlike previous curriculums, the curriculum of the Ministry of National Education, which was published in 2018, addressed science, engineering and entrepreneurship practices under a separate title. The importance of establishing the connection between engineering and science and to understand the interdisciplinary interaction for the students was emphasized in the program. It was underlined that it is important for the students to experience science and engineering practices by making what they learn a part of their life. President Obama (2010) pointed the significance of STEM education stating that “*The leadership of the future depends on how we will educate our students especially in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*”. In the report published by the European Union in 2007, it was noted that the use of inquiry-based science education in science and technology education would contribute to increasing the interest of students towards science (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Henriksson, & Hemmo, 2007).

Thus, the increase in the number of institutions that work in STEM education in our country and also in other countries indicates that the number of local and international studies that will be performed in STEM education will gradually increase.

Researchers working on STEM education can be advised to pay attention to the publication with citation burst, the authors whose works made citation burst, the words with the highest frequency and centrality values and words that made citation burst; because it can be seen that we will be faced with these concepts frequently in the coming years.

STEM Eğitimi Alanında Yapılan Yayınların Bibliyometrik Analizi

Giriş

Bilim ve teknolojiye yaşanan hızlı değişim, bireyin ve toplumun değişen ihtiyaçlarıyla birlikte bilgiyi üreten, hayatta işlevsel olarak kullanabilen, problem çözebilen, eleştirel düşünen ve girişimci niteliklerdeki bireyi tanımlamaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018).

Ülkelerin bilimsel araştırma ve teknolojik gelişme kapasitelerini, sosyoekonomik kalkınmalarını ve rekabet güçlerini arttırmaları için öğrencilerin fen ve mühendislik uygulamalarını okulda deneyimlemeleri önemli hale gelmiştir. Eğitimde mühendislik ve teknolojiye yönelik uygulamalarda amaç, öğrencilerin mühendislik ve bilim arasındaki bağlantıyı kurmalarına, disiplinler arası etkileşimi anlamalarına ve öğrendiklerini yaşantısal hale getirerek dünya görüşü geliştirmelerine yardımcı olmaktır. Günümüzde birçok ülkenin eğitimcileri fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birlikte verilmesinin önemli olduğunu vurgulamaktadır (Bagiati & Evangelou, 2015; Furner & Kumar, 2007; Guzey, Thank, Wang, Roehrig, & Moore, 2014; Stinson, Harkness, Meyer, & Stallworth, 2009; Yıldırım & Selvi, 2017).

MEB'in 2018 yılında yayımladığı yeni ortaokul öğretim programında, fen ve mühendislik uygulamaları birçok üniteye örtük olarak yer almaktadır. Bu programda öğrencilere mühendislik ve tasarım becerileri kazandırılması hedeflenmiştir. Bu hedef, fen bilimlerini, matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleştirmeyi, problemlere disiplinler arası bakış açısı kazandırmayı kapsamaktadır. Böylece öğrenciler buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaşabilecek, edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürün oluşturabilecek ve bu ürünlere katma değer kazandırabilme konusunda stratejiler geliştirebileceklerdir.

Dünyadaki kaynakların azalmasıyla birlikte ülkeler arasındaki teknolojik yenilikçilik yarışı hız kazanmıştır. Bu yarışta önde olabilmek için de ülkeler eğitim politikalarını gözden geçirmektedirler. Dört temel disiplinin sistemli bir şekilde verilmesine fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitimi denilmektedir. STEM, "Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik" kelimelerinin İngilizce baş harflerinin bir araya gelmesiyle oluşmuş bir kısaltmadır (Yıldırım, 2014). STEM kavramının geçmişi 1980'lerin başına dayansa da ortaya çıkışının temelini ABD'li öğrencilerin fen, matematik ve mühendislik alanlarına olan ilgilerinin giderek azalması oluşturmaktadır (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Ostler, 2012). Amerika Birleşik Devletlerinde, 1990'lı yıllar boyunca Ulusal Fen Bilgisi Öğretmenleri Birliği (National Science Teachers Association, NSTA), Ulusal Matematik Öğretmenleri Birliği (National Council of Teachers of Mathematics, NCTM), araştırmacılar, işverenler, fakülteler ve öğrenciler sürekli olarak fen bilgisi, matematik, mühendislik ve teknoloji eğitiminde yenilik ihtiyacı olduğunu belirtmişlerdir (AAAS, 1989, 1993). SMET (Science Mathematics, Engineering, Technology) kısaltmasıyla anılan bu program, 2001 yılında National Science Foundation (NSF) tarafından STEM olarak adlandırılarak bugüne gelmiştir (Sanders, 2008). Bu programla öğrencilerin, okullarda sorgulayıcı araştırmaya dayalı öğrenme tecrübesi kazanması hedeflenmiştir. Bu program aynı zamanda öğrencilere teknik bilgi ve beceriler veren, öğrencileri gerçek hayata hazırlayan, modern iş hayatının gereksinim ve becerilerine öncelik veren bir program olma yolunda atılmış bir adımdır. Avrupa Birliği'nin 2007 yılında yayınlanan raporunda ise Avrupa çapında fen ve teknoloji eğitiminin alarm verdiğine, özellikle genç bireylerin bilim, teknoloji ve

matematik alanlarına ilgilerinin giderek azaldığına ve etkili bir eylem planına gereksinim duyulduğuna vurgu yapılmıştır (European Commission, 2007). STEM eğitimi yaklaşımının öğrencilere küçük yaşlardan itibaren disiplinler arası bir bakış açısı kazandırması bilgilerin somut olarak hayata geçirilmesini sağlayarak teknoloji ve mühendisliğe özellikle vurgu yapması bu yaklaşımı günümüz eğitim sisteminde önemli bir yere oturtmaktadır (Aydeniz, Çakmakçı, Cavas, Özdemir, Akgündüz, Corlu, & Öner, 2015). STEM eğitimine ilgi gün geçtikçe artmakta bu konuyla ilgili araştırmalar da gittikçe çoğalmaktadır (Bybee, 2010; English, 2016; Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014; Kuenzi, 2008; Sanders, 2008; Sgoutas-Emch, Baird, Myers, Camacho, & Lord, 2016; Zeidler, 2016). Gün geçtikçe konuya olan ilginin artması ve bu bağlamda gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların çoğalması, araştırmalarda incelenen konuların ve ortaya çıkan sonuçların özetlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde bilginin hızlı bir şekilde üretilmesi ve yayılmasının getirdiği bir sonuç olarak belirli bir konuda yığın haline gelen alanyazın kayıtları bibliyometrik yöntemlerle özetlenebilmektedir.

Bibliyometri; istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin kitaplar, dergiler ve benzeri iletişim ortamlarına uygulanmasıdır (Pritchard, 1969). Bibliyometrik analiz, bilimsel araştırmaların istatistiksel analizi olarak tanımlanabilir. Bibliyometrik araştırmalarda eserler belirli özelliklerine göre (yazar isimleri, anahtar kelimeler, kullanılan yöntemler, atıflar vs) analiz edilerek çeşitli bulgular elde edilir (Al & Coştur, 2007). Bu sayede yazarların, kurumların ve ülkelerin performansı değerlendirilebilir. İncelenen alanların yapısı ve dinamikleri veri yoluyla haritalaştırılarak istatistiksel olarak görselleştirilebilir. Böylece Bibliyometrik çalışmalar, belirli bir alandaki alanyazının nicel hale getirilmesi ile alandaki eğilimlerin tespit edilmesine de olanak sağlamaktadır (Kasemodel, Makishi, Souza, & Silva, 2016; Köseoğlu 2016). Bibliyometrik çalışmalarda gerçekleştirilen atıf analizleri de bilimsel yayınların niteliklerinin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu özellikleriyle Bibliyometrik analiz, bir etkinin varlığını ortaya çıkarmayı, bilimsel yazılardaki tutarsızlığı değerlendirmeyi ve nedenini incelemeyi, çalışmalar arası heterojenliği araştırmayı hedefleyen meta analizden ayrılmaktadır. Bununla birlikte Bibliyometrik analiz, benzerlik gösteren verileri belirlenen kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirerek okuyucunun anlayabileceği şekilde düzenleyerek yorumlamayı hedefleyen içerik analiziyle de benzerlikler göstermektedir (Yıldırım & Şimşek, 2016).

Bibliyometrik çalışmalarda bilimsel işbirliği ve ortak atıf ilişkilerinin incelenmesinde sosyal ağ analizinden yararlanılmaktadır (Güzeller & Çeliker, 2017). Sosyal ağ analizi, araştırma alanının gelişmesinde etkili olan bilgi ağlarının tespit edilmesinde önemli bir araçtır. Sosyal ağ analizi sayesinde yazarlar ve kurumlar arası işbirliği ve ortak atıf ağlarının görselleştirilmesi mümkün olmakta, böylece araştırma alanındaki önemli aktörler belirlenebilmektedir (Karagöz & Yüncü, 2013).

Bibliyometrik araştırmalarda en önemli veri kaynakları, Science Citation Index (SCI), Social Science Citation Index (SSCI) ve Art & Humanities Citation Index (A&HCI) olmak üzere uluslararası bilimsel atıf indeksleridir. Bu indekslere Web of Science Core Collection veri tabanı aracılığıyla erişim sağlanmaktadır. Web of Science (WoS), bu indekslerde taranan bilimsel yayınlara ilişkin bibliyometrik verileri barındıran bir veri tabanı olarak bibliyometrik çalışmalara önemli katkı sağlamaktadır (Güzeller & Çeliker, 2017).

Çalışmanın amacı, veriye dayalı objektif bir yöntem kullanarak, STEM eğitimi konu alanına yönelik bilimsel birikimin ve bilimsel iletişim yapısının genel görünümünü ortaya koyarak konu hakkında yayımlanan bilimsel araştırmaların bibliyometrik analizini gerçekleştirmektir. Bu sayede STEM eğitimi alanındaki araştırmaların gelişimi tespit edilebilecektir. Bu çalışmanın diğer bir hedefi de gelecekte bu alanda çalışacaklara ışık tutarak yol haritası oluşturmalarına katkı sağlamaktır.

Alanyazında gerçekleştirilen bibliyometrik çalışmalar incelendiğinde, dergilerde yayımlanmış makaleleri, lisansüstü tezleri, kongre ve sempozyumlarda sunulan bildirimleri değerlendiren ulusal ve uluslararası çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır (Beşel & Yardımcıoğlu, 2017; Bornmann & Mutz, 2015; Fahimnia, Sarkis, & Davarzani, 2015; Heradio, de la Torre, Galan, Cabrerizo, Herrera-Viedma, & Dormido, 2016; Khan, Ullah, Riaz, Bhulani, Manning, Tridandapani, & Khosa, 2017; Kutluca, Birgin, & Gündüz, 2018; Mao, Liu, Du, Zuo, & Wang, 2015; Marshakova-Shaikovich, 2005; Martinez-Pulgarin, Acevedo-Mendoza, Cardona-Ospina, Rodriguez-Morales, & Paniz-Mondolfi, 2016; Santos, Costa, & Grilo, 2017; Yılmaz, 2017). STEM eğitimi alanında ise bibliyometrik çalışmaların ulusal alanyazında hiç olmadığı, uluslararası alanyazında ise çok az olduğu gözlenmiştir.

Assefa ve Rorissa (2013), yaptıkları araştırmada Web of Science ve ERIC veri tabanlarında makale başlıklarını, anahtar kelimeleri ve makale özetlerini analiz ederek, STEM eğitim alanını karakterize eden temel bilgi alanlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar taradıkları çalışmaları ortak kelime analizi yöntemi ile incelemişlerdir. Bu amaç doğrultusunda Web of Science ve ERIC veri tabanlarında 1901 yılından (mühendislik eğitiminin başlangıcı) 2010 yılına kadar yayınlanmış STEM ve STEM eğitimi kelimelerini içeren toplam 7265 adet kitap, bildiri, makale ve tez taramışlardır. Araştırmacılar a) STEM eğitiminde ele alınan temel başlıklar nelerdir? b) Görselleştirmelerden ve haritalardan müfredat geliştirme amacıyla neler öğrenilebilir? c) Eğitim programcıları bu görsel haritalardan hangi bilgileri edinebilir? sorularına yanıt aramışlardır. Yazarlar ayrıca STEM eğitiminin gelecekte nasıl şekilleneceği, STEM ve STEM eğitiminde temel bilgi alanlarının ve ilişkilerinin neler olduğu, kaynak yönetimi ve mesleki gelişim faaliyetleri için bu sonuçlardan nasıl yararlanılabileceği sorularına da yanıt aramaya çalışmışlardır.

Yu, Chang, ve Yu, 2016 yılındaki çalışmalarında 1992-2013 yılları arasında SSCI (Social Science Citation Index) da taranan dergilerde “STEM Eğitimi” anahtar kelimesini içeren 385 eseri incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda, 2008 yılından itibaren STEM eğitimi ile ilgili çalışmalarda hızlı bir artış olduğunu gözlemişlerdir. Ülke katkılarına baktıklarında belirtilen yıllarda en çok çalışmanın sırasıyla ABD (%52), İngiltere (%9), Hollanda (%4), Avustralya (%4) kaynaklı olduğunu tespit etmişlerdir. STEM eğitimi ile ilgili kaynaklar araştırıldığında konu alanı olarak en çok sırasıyla Eğitim (%51), Psikoloji (%32), Mühendislik (%23), Sağlık Bilimleri (%12) araştırmalarının incelendiği görülmüştür. Araştırmacılar STEM ile ilgili kullanılan anahtar kelimeleri incelediğinde sırasıyla en çok STEM (%4,16), Fen eğitimi (%4,16), STEM eğitimi (%3,64), Yükseköğrenim (%2,86), Eğitim (%2,60) kelimelerinin kullanıldığını tespit etmişlerdir.

Yöntem

Bu kapsamda, araştırma verilerine ulaşmak için Web of Science veri tabanında “STEM Education” anahtar kelimesi ile tarama gerçekleştirilmiştir. Web of Science’ta gerçekleştirilen tarama sonucunda toplam 5505 bilimsel araştırmaya ulaşılmıştır. Elde edilen veriler, eğitim bilimleri alanında gerçekleştirilen araştırmalarla sınırlandırılmış ve buna bağlı olarak 1992-2018 yıl aralıklarında yayımlanmış 2532 bilimsel yayın tespit edilmiştir. İçinde bulunduğumuz 2018 yılı için, çalışma ve atıf sayılarının değişim göstereceği göz önüne alındığında, çalışmanın 1992-2017 yılları arasında yayımlanan bilimsel araştırmalar kapsamında yürütülmesi kararlaştırılmıştır. Sonuç olarak çalışma 2313 bilimsel yayın üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada 2313 yayına ait ayrıntılı bilgilere (yayın yılı, yayın türü, yayın dili, başlık, yazar adı, yazar ülkesi, atıf sayısı, özet, anahtar kelimeler ve kaynakça) ulaşılmıştır. Çalışmada öncelikle Web of Science (WoS) veri tabanında STEM eğitimi konu alanında yayımlanan bilimsel araştırmaların yıllara göre sayısı, türleri, yayın dilleri ve atıf analizlerine yönelik frekans değerleri tespit edilmiştir. Veri setinde yer alan çalışmaların yıllara göre frekans dağılımları kapsamında, STEM eğitimi alanında yayınların yoğunlaştığı zaman aralıkları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın veri seti kapsamında yer alan ve alanda en çok atıf sayısına sahip eserler de tespit edilmiştir.

STEM eğitimi konu alanında bilimsel yayın sahibi yazarların ortak yayınları incelenmiş ve yazarların bağlı oldukları ülkelere göre alanda söz sahibi ülkeler belirlenmiştir. Analiz gerçekleştirilirken her bir yayın için aynı ülkeden iki yazarın olması durumunda ülkeler bir kez sayılarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte veri setinde yer alan araştırmaların atıfta bulunduğu önemli eserlerin yayımlandığı dergiler de tespit edilmiştir.

Veri setinde yer alan çalışmaların ortak atıfta bulunduğu yazarlar ve eserler de çalışma kapsamında incelenmiştir. Böylece STEM eğitimi konu alanında araştırmalar yapan önemli yazarların ve meydana getirdikleri eserlerin belirlenmesi ve aralarındaki etkileşimlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ortak atıf analizi ile belirli bir alanda öne çıkan araştırma konuları, paradigma değişimleri ve düşünsel yapının dinamiklerinin ilişkiler ve dönemsel değişimler açısından anlaşılması mümkün olabilecektir (Nerur, Rasheed, & Natarajan, 2008). Bu bağlamda, yayın ortak atıf analizi sonuçları, STEM eğitimi alanındaki konu kümelenmelerinin tespit edilmesine de olanak sağlamaktadır. Alanda en çok incelenen konuların belirlenmesinde, veri setindeki çalışmalar tarafından atıfta bulunulan eserler, konu benzerliklerine göre kümelenmekte ve küme başlıkları alanda incelenen konular bağlamında genel görünümü ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışmada, STEM eğitimi alanında yayımlanan ve veri setinde yer alan araştırmalarda kullanılan kavramların belirlenmesi için kelime analizi gerçekleştirilmiştir.

Veri setinde yer alan araştırmalarda STEM eğitimi alanında sıklıkla kullanılan kavramların ve araştırmalara öncülük eden yazar ülkelerinin belirlenmesinde; veri setinde yer alan çalışmalar tarafından atıfta bulunulan

yazarların, eserlerin, bu eserlerin yayımlandığı dergilerin tespit edilmesinde ve buna bağlı ilişkilerin görselleştirilmesinde sosyal ağ analizi kullanılmıştır. Sosyal ağ analizi, bilimsel çalışmaların meta verilerinden faydalanarak matematiksel ilişkilere dayalı örüntüleri ortaya çıkarmayı ve görselleştirmeyi hedefleyen haritalandırma analizidir (Boyack & Klavans, 2010; Klavans & Boyack, 2011). Analiz, sosyal ağ analizi programı olan Citespace II üzerinden gerçekleştirilmiştir. CiteSpace II; bilimsel bir alanda ya da konuda ortaya çıkan eğilimleri ve değişiklikleri görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılan bir Java uygulamasıdır (Chen, Ibekwe-Sanjuan, & Hou, 2010).

Analizler sonucunda işbirlikçilikler ve ilişki örüntüleri bilişsel haritalar şeklinde görselleştirilmiş, her bir sosyal ağ için ağı yapısına ve performansına ilişkin istatistikî önem taşıyan ağ yoğunluğu, modularite ve silüet değerleri hesaplanmıştır. Bu istatistikî değerlerden ağ yoğunluğu, sosyal ağın kapsayıcılığını göstermektedir ve olası ilişkilerin ne kadarının gerçekte kurulduğunun bir ölçüsüdür (Gençer, 2017). Başka bir ifadeyle ağ yoğunluğu bir ağda, potansiyel olarak kullanılabilir bağlantıların ne kadarının kullanıldığını göstermektedir (Al & Doğan, 2012). Modularite değeri, bir ağın bağımsız bloklara, yani modüllere ne ölçüde ayrılabilirliğini ölçer. Modülerlik, 0 ile 1 arasında değişen bir değer almaktadır. 1'e yakın değerler, kümeler içinde daha yakın ilişkiler ve bağlantılar olduğunu gösterir. Düşük bir modülerlik değeri, net sınırlarla kümelere indirgenemeyen bir ağa işaret ederken, modülerlik değerinin 0,4-0,8 arasında olması iyi yapılandırılmış bir ağ anlamına gelmektedir (Chen vd, 2010). Diğer yandan, Silüet değeri -1 ve 1 arasında değişen bir değer alır ve değer 1'e yakın olması, ağdaki aktörlerin tutarlı ve benzer olduğunu, güçlü bir kümelenebilirliği gösterir (Güzeller & Çeliker, 2018; Li, Ma, & Qu, 2017; Simovici, 2007).

Çalışmada ülke işbirlikçilikleri, atıf kaynağı dergiler, yazarlar, yayınlar ile kavramların ağdaki konumları arasındaki merkeziliklerine göre değerlendirilmiştir. Bir ağdaki her bir düğüm için arasındaki merkeziliği metriği tanımlanmaktadır. Ağdaki her bir düğüm bir ülkeyi her bir bağlantı ise ülkeler arasındaki ilişkileri göstermektedir. Bağlantı sayısı arttıkça düğümler arasındaki bağlantılar kalınlaşmaktadır (Ukşul, 2016). Arasındalık merkeziliği, bir düğümün ağdaki diğer düğümleri birbirine bağlayan bir yolun ortasında ne ölçüde olduğunu ölçmektedir (Chen vd, 2010). Başka bir ifadeyle birbirine bağlı olmayan diğer düğümlerle ne derecede bağlantıya sahip olduğunu ölçer, yüksek olması diğer düğümleri birbirine bağlayan köprü niteliğinde olduğunu gösterir (Ni, Sugimoto, & Robbin, 2017). Ayrıca çalışmada, veri setinde yer alan araştırmaların aldıkları atıflara göre araştırma yazarlarının ülkelerinin ve araştırmalarda sıklıkla kullanılan kavramların atıf patlama tespiti yapılmıştır. Veri setinde yer alan araştırmaların atıfta bulunduğu yazarlara, eserlere ve bu eserlerin yayımlandığı önemli dergilere yönelik olarak da atıf patlamaları tespit edilmiştir. Atıf patlaması, belirli bir frekans fonksiyonunun, genel zaman periyodu içindeki kısa bir zaman aralığında, istatistiksel olarak önemli dalgalanmalara sahip olup olmadığını ortaya koymaktadır (Chen vd, 2010). Belirli dönemlerde araştırmacıların yoğun olarak ilgisini çeken yazar ve eserlerin tespiti dönemsel değişimlerin anlaşılması için ayrı bir önem taşımaktadır (Yalçın & Yayla 2016: 298). Makalelerin konu yönelimleri bağlamında, terim frekansı-ters metin frekansı (TFIDF) ve log olasılık oranı (LLR) algoritmasından yararlanılmış ve STEM eğitimi alanında çalışılan güncel konular belirlenmiştir (Güzeller & Çeliker, 2017).

Bulgular

Çalışmada, yıllara göre yayın sayıları, yayın türleri, yayın dilleri, atıf analizleri, ülke işbirlikçilikleri, ortak atıf ağları ile kavram-konu yönelimleri alt başlıklarıyla birlikte incelenmiş ve aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada, kelime analizi gerçekleştirilmiş, işbirlikçilikler ve ilişki örüntüleri bilişsel haritalar şeklinde görselleştirilmiştir.

Yıllara Göre Yayın Sayıları

1992-2017 yılları arasında STEM eğitimi konu alanında yayımlanan 2313 çalışmanın yıllara göre dağılımları incelendiğinde, konu alanında en çok araştırmanın 2013-2017 yılları arasında yayımlandığı görülmüştür (n=1671). Tablo 1'deki bulgulara göre, 1992 den 2007 yılına kadar geçen 16 yılda STEM eğitimi alanında toplam 155 yayın olmasına rağmen bu alandaki akademik ilginin, 2008 yılından itibaren dramatik bir şekilde artış gösterdiği söylenebilir. 2008-2017 aralığındaki 10 yılda yayın oranı, toplam yayınların %93,3'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 1. Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Yıllar	Frekans (n)	Yüzde(%)
--------	-------------	----------

1992-1997	41	1,8
1998-2002	26	1,1
2003-2007	88	3,8
2008-2012	487	21,1
2013-2017	1671	72,2
TOPLAM	2313	100

Yayın Türleri

Tablo 2’de görüldüğü gibi yayınlar, türlerine göre 7 farklı şekilde (Makale, Bildiri, Editoryal Materyal, Eleştiri, Kitap İncelemesi, Düzeltme ve Kitap Bölümü) gerçekleştirilmiştir. Araştırmaların bazıları Web of Science tarafından birden fazla yayın türü kapsamında değerlendirildiğinden oranlar 2333 yayın sayısı üzerinden hesaplanmıştır. 1992 yılından 2017 yılına kadar en çok Makale türü yayınlar (1297 adet) ve Bildiri türü yayınlar (%956 adet) yayımlanmıştır. Bu yayınları sırasıyla, Editoryal Materyaller (36 adet), Eleştiriler (32 adet), Kitap İncelemeleri (9 adet), Düzeltmeler (2 adet) ve Kitap Bölümü (1 adet) türündeki yayınlar izlemiştir.

Tablo 2. Yayınların Türlerine Göre Dağılımı

Yayın Türü	Frekans (n)	Yüzde (%)
Makale	1297	55,6
Bildiri	956	41,0
Editoryal Materyal	36	1,5
Eleştiri	32	1,4
Kitap İncelemesi	9	0,4
Düzeltme	2	0,1
Kitap Bölümü	1	0,0
TOPLAM	2333	100

Yayın Dilleri

Tablo 3’te görüldüğü üzere çalışmalar toplamda 11 farklı dilde ve ağırlıklı olarak İngilizce (n=2251) dilinde yayımlanmıştır. Dünyada bilimsel iletişimin İngilizce aracılığıyla sağlanıyor olması böyle bir sonucu karşımıza çıkarmaktadır. İngilizceyi sırasıyla İspanyolca (25 yayın), Portekizce (17 yayın), Türkçe (5 yayın), Rusça (4 yayın), Almanca (3 yayın) ve diğer diller (Çince (2), Hırvatça, Fransızca, Bulgarca, Çekçe, İtalyanca ve Slovakça) takip etmiştir.

Tablo 3. Yayınların Dillerine Göre Dağılımı

Dil	Frekans (n)	Yüzde(%)
İngilizce	2251	97,3
İspanyolca	25	1,1
Portekizce	17	0,7
Türkçe	5	0,2
Rusça	4	0,2
Almanca	3	0,1
Diğer	8	0,3
TOPLAM	2313	100

Atıf Analizi

STEM eğitimi konu alanında yayımlanan 2313 çalışma tarafından toplamda 62005 kaynağa atıf yapılmıştır. 2313 çalışmaya yapılan toplam atıf sayısı ise 11359 olarak tespit edilmiştir. Atıflardan, 883 tanesi yazarların kendi çalışmalarına yaptıkları atıflardan oluşmaktadır. En çok atıf 2509 atıf sayısı ile 2017 yılında alınmıştır. 2313 yayın içerisinde çalışma başına ortalama atıf sayısı 4,91 iken, yıllık ortalama atıf sayısı 420,70'tir. Yayınların h-indeksi 46 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, STEM eğitimi konu alanında en az 46 atıf almış 46 yayının bulunduğu söylenebilir.

Tablo 4. Yıllara Göre Alınan Atıf Sayıları

Yıllar	Alınan Atıf Sayısı	Yüzde(%)
1992-1997	99	0,9
1998-2002	230	2,0
2003-2007	472	4,2
2008-2012	1829	16,1
2013-2018	8729	76,8
TOPLAM	11359	100

Tablo 4'teki bulgulara göre, 1992-1997 yılları arasında atıf sayısı 99 iken, 1998-2002 yılları arasında bu sayı 230, 2003-2007 yılları arasında 472, 2008-2012 yılları arasında 1829, 2013-2018 yılları arasında ise 8729 olup değişen yıllarda atıf sayılarında sürekli bir artış olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. STEM eğitimi konu alanındaki yayınlara yapılan atıfların 2013 yılından itibaren önemli oranda artış gösterdiği ve toplam atıfların %76,8'ini oluşturduğu söylenebilir.

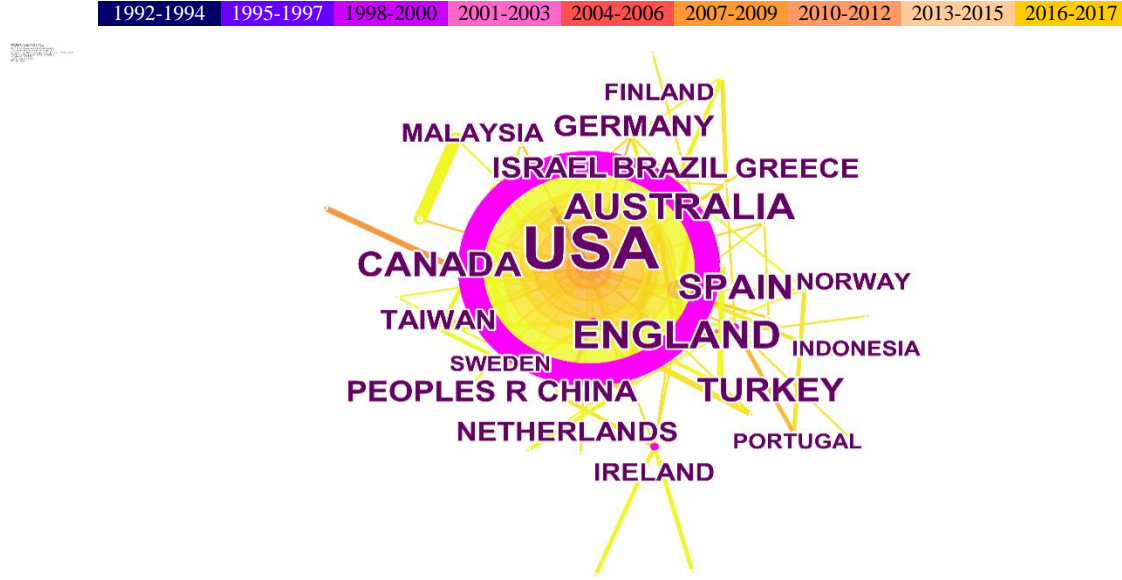
Tablo 5. Yayın Sayısına Göre Atıf Sayıları

Atıf Sayısı	Yayın Sayısı	Yüzde(%)
100 üzeri	15	0,6
81-100	8	0,3
61-80	12	0,5
41-60	19	0,8
21-40	71	3,1
11-20	122	5,3
1-10	744	32,2
0	1322	57,2
TOPLAM	2313	100

Tablo 5'de yayın sayısına göre alınan atıf sayıları incelendiğinde, 2313 eser arasından en çok atıf alan çalışmanın 282 atıf sayısı ile Jacob Clark Blickenstaff tarafından 2005 yılında gerçekleştirilen "Women and Science Careers: Leaky Pipeline or Gender Filter?" isimli makale olduğu belirlenmiştir. 100 ve üzeri atıf alan 15 yayın, 81-100 arası atıf alan 8 yayın, 61-80 arası atıf alan 12 yayın, 41-60 arası atıf alan 19 yayın, 21-40 arası atıf alan 71 yayın, 11-20 arası atıf alan 122 yayın göze çarparken 744 yayının 1-10 arası atıf alarak yayın sayısına göre atıf oranında % 32,2 ile en büyük orana sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, yayınların %57,2'sinin hiç atıf almadığı görülmüştür.

Ülke İşbirliklikleri

Çalışmalarda araştırmacıların ülkelerine göre gerçekleştirdikleri işbirlikliklerin belirlenmesi amacıyla sosyal ağ analizi gerçekleştirilmiştir. Ülke isimleri merkezilik derecelerine göre boyutlandırılarak Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ülke İşbirliklikleri

Analiz sonucunda, 50 düğüm, 105 bağlantıdan oluşan Şekil 1'deki ağ elde edilmiş ve ağ 8 kümeye ayrılmıştır. Ağ yoğunluğu 0,0857 olarak hesaplanmıştır. Ülke işbirliklikleri analiz edilirken aynı ülkeye mensup birden fazla yazarın yer aldığı çalışmalarda ülkeler bir kez sayılmıştır. Ağda her bir düğüm bir ülkeyi, her bir bağlantı ise ülkeler arasındaki ilişkileri belirtmektedir. Ağdaki renklendirmeler, yukarıdaki zaman çizelgesine uygun olarak işbirlikliklerin gerçekleştirildiği yılları temsil etmektedir. Düğümlerin etrafındaki mor çemberin kalınlığı ve boyutu ise düğümlerin merkezilik derecelerinin yüksek olduğu anlamını taşımaktadır (Ukşul, 2016). Ağın modularite değeri, $Q= 0,42$, siluet değeri ise 0,45 olarak bulunmuştur.

Tablo 6. Ülke İşbirliklikleri ve Merkezilik Dereceleri

Ülkeler	Frekans	Yıl	Küme#	Ülkeler	Merkezilik	Yıl	Küme#
ABD	1464	1993	0	ABD	1,03	1993	0
İngiltere	112	1999	2	İngiltere	0,31	1999	2
Avustralya	81	2007	4	Avustralya	0,22	2007	4
Kanada	59	2009	2	Hollanda	0,17	2005	1
İspanya	59	2008	1	İrlanda	0,16	2014	4
Türkiye	51	2009	4	İspanya	0,14	2008	2
Almanya	31	2013	3	Kanada	0,11	2009	1
İsrail	30	2001	3	Yunanistan	0,08	2014	2
Brezilya	27	2014	0	Belçika	0,08	2016	3
Çin	27	2011	0	Almanya	0,07	2013	3

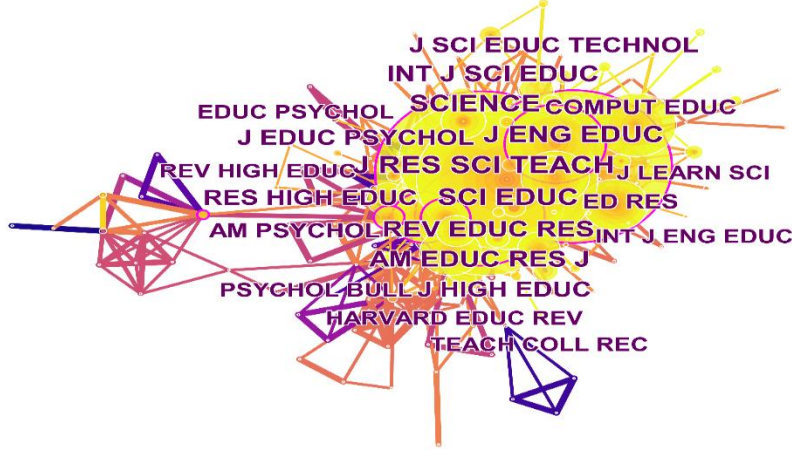
Tablo 6'daki bulgulara göre, ABD'nin diğer ülkelerle en fazla işbirliği içinde yer alan ülke olduğu görülmektedir (n=1464). Aynı zamanda ABD en yüksek merkezilik derecesine sahip ülke konumundadır. Buna göre, ABD'nin ülkeler arasındaki bilimsel ilişkilerin sağlanmasında ve devamında kilit rol üstlendiği söylenebilir.

Ayrıca İngiltere'nin STEM eğitimi konu alanında yapılan çalışmalara yön gösterici olduğu söylenebilir. Atıf patlama analizi sonuçlarına göre, İngiltere'nin atıf patlama değeri 1999-2005 yılları arasında 6,97 olarak tespit edilmiştir.

Dergi Ortak Atıf Ağı

Dergi ortak atıf ağı analizinde, çalışmaların ortak atıfta bulunduğu ve STEM eğitimi alanında önemli bilimsel çalışmaların yayımlandığı dergilerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1992-1994 1995-1997 1998-2000 2001-2003 2004-2006 2007-2009 2010-2012 2013-2015 2016-2017



Şekil 2. Dergi Ortak Atıf Ağı

Şekil 2’de gösterilen ağ, 213 düğüm (atıf kaynağı dergiler), 970 bağlantı ve 26 kümeden meydana gelmektedir. Ağın yoğunluğu 0,043’dir. Modularite değeri $Q=0,42$, silüet değeri ise 0,27’dir.

Tablo 7. Ortak Atıf Alan Dergiler ve Merkezilik Dereceleri

Dergiler	Frekans	Yıl	Küme#	Dergiler	Merkezilik	Yıl	Küme#
Journal of Research in Science Teaching	444	1995	1	Journal of Research in Science Teaching	0,18	1995	1
Journal of Engineering Education	403	2008	4	Academic Medicine	0,17	1995	5
Science Education	374	1993	1	American Psychologist	0,17	1996	0
Science	316	2004	1	Journal of Personality and Social Psychology	0,16	2004	0
International Journal of Science Education	286	1993	1	Higher Education	0,13	2006	2

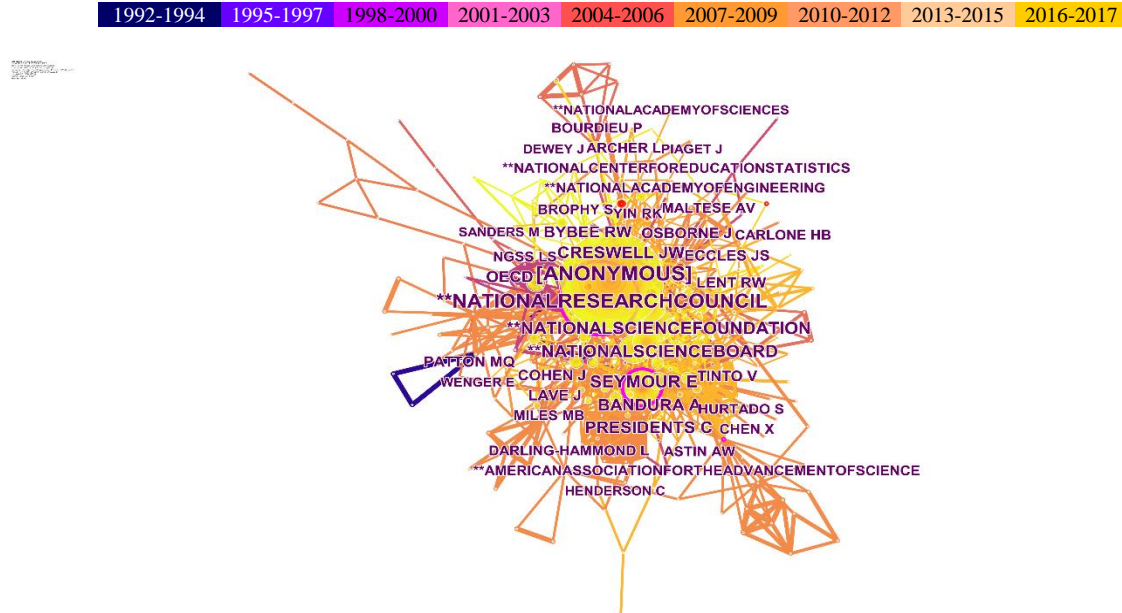
Tablo 7’de görüldüğü üzere STEM eğitimi araştırma alanında yayımlanan çalışmaların en çok atıfta bulunduğu dergi “Journal of Research in Science Teaching” dergisidir (n=444). STEM eğitimi alanında en çok atıfta bulunan diğer dergiler sırasıyla Journal of Engineering Education (n=403), Science Education (n=374), Science (n=316) ve International Journal of Science Education (n=286) dir. Journal of Research in Science Teaching dergisi aynı zamanda en merkezi konumdaki dergidir (0,18). Bu dergiyi merkezilikte sırasıyla Academic Medicine (0,17), American Psychologist (0,17), Journal of Personality and Social Psychology (0,16) ve Higher Education (0,13) dergileri izlemektedir.

Tablo 8. Yayınların Yıllara Göre Atıf Patlama Değerleri

Yayınlar	Patlama	Başlangıç	Bitiş	1992-2017
The Journal of Educational Research	13,99	2013	2015	
How People Learn: Brain, Mind, Experience and School: Expanded Edition	12,88	2008	2012	
Thinking About Leaving: Why Undergraduates Leave the Sciences	12,58	2008	2012	
Academic Medicine	10,99	1996	2011	
Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects	10,78	2011	2014	

Atıf patlaması analizi sonucunda, 44 yayına atıf patlaması olduğu tespit edilmiş ve en yüksek patlama değerine sahip 5 yayın tablo 8’de gösterilmiştir. “The Journal of Educational Research” dergisi ise en fazla atıf patlaması değerine sahip dergidir (13,99). Ayrıca aynı dergi, araştırma alanında en güncel araştırmaların atıfta bulunduğu kaynakların da yayımlandığı dergidir. Dolayısıyla son yıllarda STEM eğitimi alanındaki araştırmacıların bu dergide çalışılmış konulara eğilim gösterdikleri ifade edilebilir.

Yazar Ortak Atıf Ağı

**Şekil 3.** Yazar Ortak Atıf Ağı

Şekil 3’de görülen yazar ortak atıf ağı 349 düğüm (atıf kaynağı yazarlar), 1219 bağlantı ve 50 kümeden oluşmaktadır. Yoğunluğu 0,02, modularite değeri $Q=0,56$ ve siluet değeri ise 0,27’dir.

Tablo 9. Yazar Ortak Atıf Analizi ve Merkezilik Dereceleri

Yazarlar	Atıf Sayıları	Yıl	Küme#	Yazarlar	Merkezlilik	Yıl	Küme #
National Research Council	270	2004	0	National Research Council	0,37	2004	0
Elaine Seymour	146	2005	3	Elaine Seymour	0,22	2005	3
National Science Foundation	135	2009	1	Adelman, Clifford	0,12	2010	7
National Science Board	127	2008	1	Heidi B. Carlone	0,10	2013	5
Albert Bandura	110	2004	1	Robert W. Lent	0,09	2008	0
Presidents C.	105	2012	1	John D. Bransford	0,09	2005	1
J. W. Creswell	101	2010	0	National Science Foundation	0,08	2009	1
Bybee, Rodger W.	81	2012	10	Jérôme Lavé	0,08	1995	3
OECD	78	2009	2	National Science Board	0,07	2008	1
Vince Tinto	68	2010	1	Robert K. Yin	0,07	2006	0

Tablo 9’da görüldüğü gibi alanda yayımlanan 2313 çalışmada en fazla atıfta bulunan ve ağda en merkezi konumda yer alan National Research Council (n=270) isimli kurumdur. Bu kurumu sırasıyla 146 atıfta Elaine Seymour, 135 atıfta National Science Foundation, 127 atıfta National Science Board, 110 Atıfta Albert Bandura, 105 atıfta Presidents C., 101 atıfta J. W. Creswell izlemektedir. En merkezi konumda ise atıf sayısında olduğu gibi National Research Council (0,37) vardır. Diğer merkezi durumda olan yazarlar ise sırasıyla Elaine Seymour (0,22), Clifford Adelman (0,12), Carlone B. Heidi (0,10) ve Lent W. Robert (0,09)’tir.

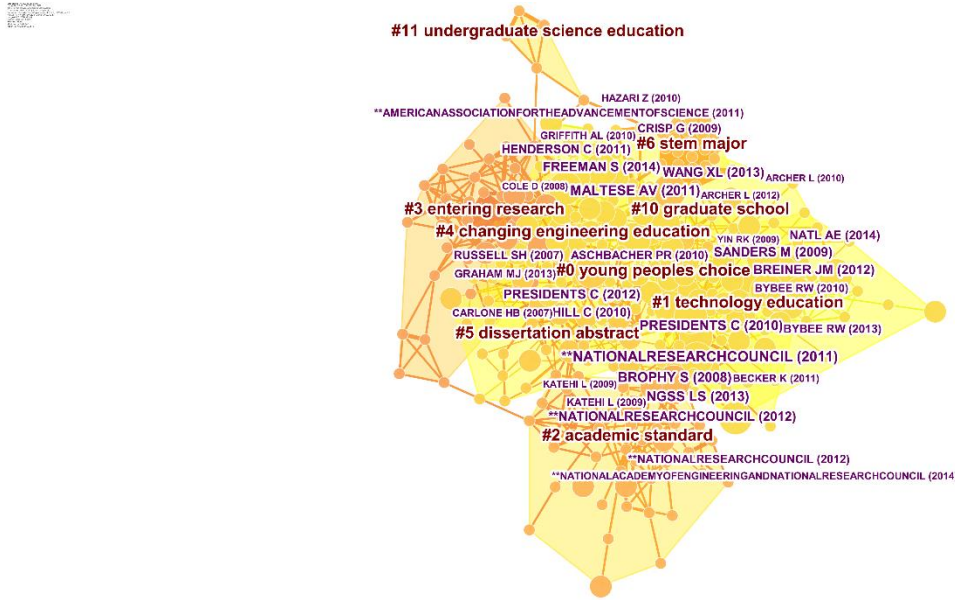
Tablo 10. Çalışmalarda Atıf Alan Yazarların Yıllara Göre Atıf Patlama Değerleri

Yazarlar	Patlama	Başlangıç	Bitiş	1992-2017
National Academy of Foreign Engineering	12,69	2011	2014	
Linda Katehi	9,77	2011	2014	
John D. Bransford	9,24	2005	2013	
National Science Foundation	8,96	2007	2011	
Louise Archer	8,04	2015	2017	

Tablo 10’da yazarların atıf patlama değerlerine baktığımızda ise en yüksek değer 2011-2014 yılları arasında “National Academy of Foreign Engineering” e (12,69) ait olduğu görülmektedir. Akademik çalışmaların, STEM eğitimi araştırma alanında gerçekleştirilen çalışmalara öncü olduğu ve ışık tuttuğu söylenebilir. Bu kurumu sırasıyla Linda Kaheti, John D. Bransford, National Science Foundation ve Louise Archer izlemektedir. Son yıllarda ise Louise Archer isimli araştırmacının çalışmalarının alanda ilgi gördüğü ifade edilebilir.

Yayın Ortak Atıf Ağı

1992-1994 1995-1997 1998-2000 2001-2003 2004-2006 2007-2009 2010-2012 2013-2015 2016-2017



Şekil 4. Yayın Ortak Atıf Ağı

Analiz sonucunda oluşan ağ 450 düğüm, 1224 bağlantı ve 117 kümeden meydana gelmektedir. Şekil 4'de görülen ağın yoğunluğu 0,01'dir. Modularite değeri $Q=0,48$ ve silüet değeri ise 0,21 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 11. Atıf Kaynaklarının Merkezilik Dereceleri

Kaynaklar	Merkezilik	Yıl	Küme#
Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine.	0,13	2010	0
Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. (2009). Student characteristics, pre-college, college, and environmental factors as predictors of majoring in and earning a STEM degree: An analysis of students attending a Hispanic serving institution.	0,10	2009	6
National Research Council. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects.	0,08	2009	2
Cole, D., & Espinoza, A. (2008). Examining the academic success of Latino students in science technology engineering and mathematics (STEM) majors.	0,07	2008	0
Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in science.	0,06	2010	5

Tablo 11 incelendiğinde, en yüksek merkezilik derecesine sahip kaynakların sırasıyla, Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. tarafından 2010 yılında gerçekleştirilen (0,13) ve Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. tarafından

2009 yılında gerçekleştirilen (0,10) makaleler olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar, STEM eğitimi araştırma alanına yol gösteren, ortak referans kaynaklardır.

Tablo 12. Atıf Kaynaklarının Frekans Değerleri

Kaynaklar	Frekans	Yıl	Küme#
National Research Council. (2011). Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics.	42	2011	1
Holdren, J. P., Lander, E., & Varmus, H. (2010). Report to the president prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future.	37	2010	0
Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms.	36	2008	2
Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among US students.	35	2011	0
National Research Council. (2013). Next generation science standards: For states, by states.	35	2013	1

STEM eğitimi araştırma alanında yayımlanan çalışmalarca en çok atıfta bulunulan kaynak, Tablo 12'de görüldüğü gibi Küme# 1'de yer alan National Research Council tarafından 2011 yılında gerçekleştirilen (n=42) yayındır. Bu yayın alana yön veren ve ışık tutan en önemli referans kaynaktır. National Research Council tarafından 2013 yılında gerçekleştirilen (n=35) ve Küme# 1'de yer alan makale ise en önemli 5 kaynak içerisinde en güncel referans kaynak olarak gösterilebilir.

Tablo 13. Kaynakların Yıllara Göre Atıf Patlama Değerleri

Kaynaklar	Patlama	Başlangıç	Bitiş	1992-2017
Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). The status and nature of K-12 engineering education in the United States.	5,11	2011	2012	
Seymour, E., Hunter, A. B., Laursen, S. L., & DeAntoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three-year study.	4,94	2010	2012	
Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens.	4,27	2013	2015	
National Academy of Engineering, U. S. (2004). The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century.	4,10	2011	2012	

Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation.

4,02 2015 2017

Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms.

3,63 2014 2015

Tablo 13'deki bulgular incelendiğinde, en yüksek atıf patlama değerine sahip kaynağın Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. tarafından (2009) gerçekleştirilen makale olduğu görülmektedir. Bu makale, STEM eğitimi alanında 2011-2012 yılları arası dönemde etkili olmuş ve bu yıllar arası alanda gerçekleştirilen çalışmalara yön vermiş nitelikte bir eser olarak ifade edilebilir. Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014) tarafından hazırlanan eserin alanda en çok ilgi gören çalışmaların başında olduğu elde edilen bulgular arasındadır.

STEM Eğitimi Araştırma Alanı Konu Kümellemeleri

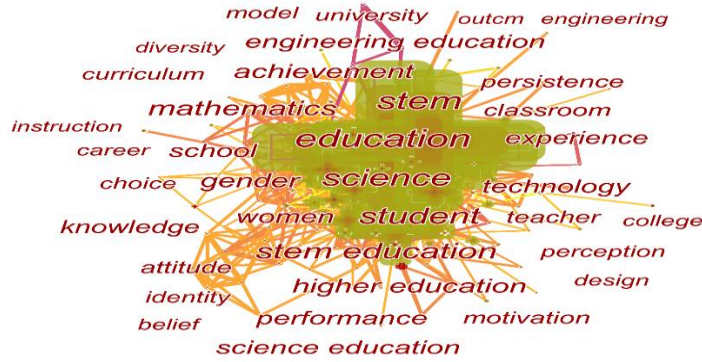
Konu kümellemeleri içerisinde en büyük kümelmenin Tablo 14'de görüldüğü gibi young people's choice (688,47, 1.0E-4) (n=54) ile ilgili çalışmaları içeren Küme#0 olduğu görülmektedir. Kümenin Siluet değeri 0,649 olup, homojen bir yapıda olduğu söylenebilir. Kümede yer alan çalışmaların atıfta buldukları yayınların ortalama yılı ise 2009'dur. Alandaki en güncel araştırma konuları, teknoloji eğitimi ve mühendislik eğitimini değiştirme olarak belirlenmiştir. Bu kümelerdeki çalışmaların atıf yaptıkları yayınların ortalama yılı ise 2011'dir.

Tablo 14. Atıf Kaynaklarına Göre Oluşan Konu Kümellemeleri

Küme	Boyut	Siluet	Etiket(TFIDF)	Etiket (LLR) p-değeri	Ortalama Atıf Yılı
0	54	0,64	STEM; career ambitions; undergraduate research increases self efficacy;	Young people's choice (688,47, 1.0E-4); children's engagement (441,1, 1.0E-4); family habit (441,1, 1.0E-4)	2009
1	53	0,76	STEM; motivations; policy arena	Technology education (614,08, 1.0E-4); mathematics curriculum (614,08, 1.0E-4); core value (614,08, 1.0E-4)	2011
2	43	0,88	engineering; analysis; extent; presence; k-12	Academic standard (947,76, 1.0E-4); k-12 STEM Education 704,66, 1.0E-4); high school student (554,85, 1.0E-4)	2007
3	40	0,82	STEM; course; beginning undergraduate researchers	Entering research (957, 1.0E-4); beginning under graduate researcher (957, 1.0E-4); meyerhoff scholarship program (351,01, 1.0E-4)	2006
4	37	0,69	STEM; national education systems; gaps;	Changing engineering education (778,46, 1.0E-4); math discipline (717,15, 1.0E-4); gender disparities (717,15, 1.0E-4)	2011

Kelime Analizi

1992-1994 1995-1997 1998-2000 2001-2003 2004-2006 2007-2009 2010-2012 2013-2015 2016-2017



Şekil 5: Kelime Analizi

Analiz sonucuna 179 düğüm ve 911 bağlantıdan oluşan Şekil 5’deki ağ elde edilmiştir. Ağın yoğunluğu, 0,05 olarak hesaplanmıştır. Ağın modularite değeri $Q=0,35$, siluet değeri ise, 0,33 olarak bulunmuştur. Ağ toplam 17 kümeden oluşmaktadır. Ağda elde edilen ilk 10 önemli kavrama ilişkin frekans ve merkezilik değerleri Tablo 15’de gösterilmiştir.

Kelime	Frekans	Yıl	Kelime	Merkezilik	Yıl
Eğitim	396	1993	Öğrenci	0,15	2004
STEM	318	2006	Matematik	0,14	2007
Fen	264	2008	Eğitim	0,13	1993
Öğrenci	201	2004	Algı	0,10	2010
STEM eğitimi	175	2007	Fen	0,09	2008
Matematik	122	2007	Seçim	0,09	2010
Cinsiyet	104	2009	Öğretim Programı	0,09	2005
Yüksek Öğrenim	101	2008	Cinsiyet	0,08	2009
Başarı	99	2009	Sınıf	0,08	2009
Mühendislik Eğitimi	88	2009	STEM	0,07	2006

Tablo 15’deki verilere göre, STEM eğitimi alanında en fazla kullanılan kelimelerin eğitim ($n=396$), STEM ($n=318$) ve bilim ($n=264$) olduğu bu kelimeleri öğrenci ($n=201$), STEM eğitimi ($n=175$), matematik ($n=122$), cinsiyet ($n=104$), yükseköğrenim (101), başarı ($n=99$) ve mühendislik eğitimi’nin ($n=88$) izlediği görülmektedir. En yüksek merkezilik derecesine sahip kelimeler ise sırasıyla öğrenci (0,15), matematik (0,14), eğitim (0,24), algı (0,10), bilim (0,09), seçim (0,09), öğretim programı (0,09) cinsiyet (0,08), sınıf (0,08) ve STEM’dir (0,07).

Tablo 16. Kelime Atıf Patlama Değerleri

Kelimeler	Patlama	Başlangıç	Bitiş	1992-2017
Biyoloji	5,10	2014	2017	

Etki	5,05	2015	2017	
Program	4,43	2013	2014	
Mühendislik Tasarımı	4,17	2011	2014	
Bilim İnsanı	4,12	2014	2015	
K-12	4,07	2011	2015	
Renk	3,70	2011	2013	
Bağlam	3,70	2011	2013	
İş	3,44	2010	2013	
Yenilik	3,36	2013	2014	

Atıf patlaması analizi sonucunda toplam on kavrama atıf patlaması tespit edilmiştir. Bunlardan en yüksek değere sahip kavramlar Tablo 16’da gösterildiği gibi sırasıyla biyoloji (5,10), etki (5,05), program (4,43), mühendislik tasarımı (4,17) ve bilim insanı (4,12) olarak belirlenmiştir. Bu kavramlar ayrıca, STEM eğitimi araştırma alanında güncel olarak çalışılan kavramlardır.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Çalışmada STEM eğitimi konu alanında yayımlanan bilimsel araştırmaların bibliyometrik analizleri gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda alana yönelik bilimsel birikimin ve bilimsel iletişim yapısının veriye dayalı objektif bir yöntemle genel görünümü ortaya konmuştur. Web of Science veri tabanında “STEM Education” anahtar kelimesi ile tarama gerçekleştirilmiş, 1992 yılından 2017 ye kadar yayımlanan eğitim bilimleri alanında gerçekleştirilen araştırmalarla sınırlandırılmış 2313 bilimsel yayın araştırmaya dahil edilmiştir. Araştırmaya dahil edilen çalışmaların yıllara göre sayısı, türleri, yayın dilleri ve atıf analizlerine yönelik frekans değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmanın veri seti kapsamında yer alan ve alanda en çok atıf sayısına sahip eserler de tespit edilmiştir. Bu yönleriyle araştırma bu alanda yapılan ilk çalışmadır.

Yıllara göre yayın sayılarına bakıldığında STEM eğitimi konu alanına yönelik akademik ilginin 2008 yılından itibaren hızlı bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiş, STEM eğitimi ile ilgili yayınların % 93,3’ünün 2008-2017 yılları aralığındaki yayınlardan oluştuğu görülmüştür. Yayınlar, türlerine göre bakıldığında, 7 farklı yayın türünün

gerçekleştirildiği, sayı olarak en çok makale yayını yapıldığı (%55,6), toplam yayınların %96,6'sını makale ve bildiri türündeki yayınların oluşturduğu görülmüştür. STEM eğitimi alanında yayımlanan eserlerin yayın dilinin hemen hemen tamamının İngilizce (%97,3) olduğu, İngilizceyi %1,1 ile İspanyolcanın takip ettiği görülmüştür. Belirtilen yıllarda STEM eğitimi ile ilgili yapılan atıflarda yıllar geçtikçe atıf sayılarının arttığı, toplam atıfların %76,8'inin 2013-2018 yılları arasındaki yapıldığı, yine toplam atıfların %7,77'sinin yazarların kendi eserlerine yaptığı, ortalama atıf sayısının 4,91 olduğu, 2323 eserin 15'inin 100'ün üzerinde atıf aldığı görülmüştür. Ülke işbirlikliklerine bakıldığında STEM eğitimi programının ortaya çıktığı Amerika Birleşik Devletlerinin diğer ülkelerle en fazla işbirliği yapan ülke olduğu, İngiltere'nin ise STEM eğitimi konu alanında yapılan çalışmalara yol gösterici olduğu söylenebilir. Dergi ortak atıf ağı analizinde STEM eğitimi alanında önemli bilimsel çalışmaların yayımlandığı dergiler incelendiğinde, yayımlanan çalışmaların en çok atıfta bulunduğu derginin "Journal of Research in Science Teaching" dergisi olduğu görülmüştür (n=444). Aynı dergi, ağda en merkezi konumda bulunmaktadır. Dergi, alanda kilit öneme sahip çalışmaların yayımlandığı kaynak niteliğindedir. Atıf patlaması analizi sonucunda, 44 dergiye atıf patlaması olduğu tespit edilmiş ve en yüksek atıf patlaması değerine sahip derginin "The Journal of Educational Research" (15,02) olduğu görülmüştür. Dergi aynı zamanda araştırma alanında en güncel araştırmaların atıfta bulunduğu kaynak niteliğindedir. Yazar ortak atıf ağına bakıldığında alanda en fazla atıfta bulunulan yazarlar/kurumlar sırasıyla National Research Council (n=270) ve Elaine Seymour (n=146)'dur. Ağda en merkezi konumdaki eserin ise National Research Council (0,37) tarafından yayımlandığı tespit edilmiştir. Yayın ortak atıf ağına bakıldığında, en yüksek merkezilik derecesine sahip kaynakların bir başka deyişle STEM eğitimi araştırma alanına yol gösteren ortak referans kaynaklarının 2010 yılında Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. tarafından gerçekleştirilen "Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine" (0,13) ve 2009 yılında Crisp, G., Nora, A., & Taggart, A. tarafından gerçekleştirilen "Student characteristics, pre-college, college, and environmental factors as predictors of majoring in and earning a STEM degree: An analysis of students attending a Hispanic serving institution" (0,10) isimli makaleler olduğu görülmektedir. STEM eğitimi araştırma alanında yayımlanan çalışmalarda en çok atıfta bulunulan, alana yön veren ve ışık tutan kaynak, National Research Council tarafından 2011 yılında gerçekleştirilen "Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics" isimli yayındır (n=42). National Research Council tarafından 2013 yılında gerçekleştirilen (n=35) eser ise en önemli 5 kaynak içerisinde en güncel referans kaynak olarak görülmektedir. En yüksek atıf patlama değerine sahip olan 2009 yılında Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. tarafından gerçekleştirilen "The status and nature of K-12 engineering education in the United States" isimli çalışmanın 2011-2012 yılları arası dönemde alanda etkili olmuş olduğu görülmektedir. STEM eğitimi araştırma alanı konu kümelenmeleri içerisinde en büyük kümelenmenin Young people's choice ile ilgili çalışmaların yer aldığı küme olduğu görülmektedir. Alandaki en güncel araştırma konuları ise, teknoloji eğitimi ve mühendislik eğitimini değiştirme olarak tespit edilmiştir. Kelime analizinde bakıldığında, en fazla kullanılan kavramların eğitim (n=396), STEM (n=318) ve bilim (n=264) kelimeleri olduğu görülmektedir. En yüksek merkezilik derecesine sahip kavramların ise, öğrenciler (0,15), matematik (0,14) ve eğitim (0,13) kelimeleri olduğu görülmüştür. Atıf patlaması analizi sonucunda toplam on kavrama atıf patlaması tespit edilmiş, bunlardan en yüksek değere sahip kavramların biyoloji ve etki olduğu görülmüştür. Bu kavramlar ayrıca, STEM eğitimi araştırma alanında çalışılan en güncel kavramlardır.

Elde edilen bulgular Yu, Chang ve Yu'nun 2016 yılında yayınladıkları çalışmayla benzerlikler göstermektedir. Yazarlar, 1992-2013 yılları arasında STEM eğitimine en çok katkıyı sırasıyla ABD, İngiltere, Hollanda, Avustralya ve İspanya'nın yaptığını söylemişlerdir. Bu çalışmada da en merkezi konumda olan ülkeler sırasıyla ABD, İngiltere, Avustralya, Hollanda ve İrlanda olarak tespit edilmiştir. Yazarlar belirtilen yıllarda en çok kullanılan kelimeleri STEM, fen eğitimi, STEM eğitimi, yükseköğrenim, eğitim ve fen olarak bulmuştur. Bu çalışmada ise bu kelimeler sırasıyla eğitim, STEM. Fen, öğrenci, STEM eğitimi ve matematik olarak bulunmuştur. Yazarlar STEM eğitimine yön veren dergileri sırasıyla, International Journal of Science Education, Journal of Science Education and Technology, Journal of Engineering Education, Teachers College Record, Research in Higher Education, olarak bulmuştur. Bu çalışmada ise STEM eğitimine yön veren dergiler sırasıyla Journal of Research in Science Teaching, Journal of Engineering Education, Science Education, Science, International Journal of Science Education olarak bulunmuştur.

Elde edilen bulgular Assefa ve Rorissa'nın (2013), araştırmalarıyla da benzerlikler göstermektedir. Yazarlar eserlerin başlıklarını, anahtar kelimelerini ve makale özetlerini analiz etmişlerdir. Bu sayede STEM eğitimi alanını karakterize eden temel bilgi alanlarını kelime ilişkilendirme metodu (co-occurrence analysis) ile belirlemeye

çalışmışlardır. STEM eğitimi ile ilgili eserler başlıklarına göre incelendiğinde en çok kullanılan kelimeler sırasıyla eğitim, fen eğitimi, teknoloji eğitimi, matematik eğitimi ve mühendislik eğitimidir. STEM eğitimi ile ilgili eserleri anahtar kelimelere göre incelendiğinde en çok kullanılan kelimeler sırasıyla fen eğitimi, matematik eğitimi, ilkökul eğitimi, yükseköğrenim ve teknoloji eğitimidir. STEM eğitimi ile ilgili eserler özetlerine göre incelendiğinde en çok kullanılan kelimeler sırasıyla fen eğitimi, öğrenci, teknoloji eğitimi, matematik eğitimi ve eğitimidir.

2018 yılında yayınlanan Milli Eğitim Bakanlığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı, önceki programlardan farklı olarak fen, mühendislik ve girişimcilik uygulamalarını ayrı bir başlık altında ele almıştır. Programda öğrencilerin mühendislik ve bilim arasındaki bağlantıyı kurmaları, disiplinler arası etkileşimi anlamalarının önemli olduğu vurgulanmaktadır. Programda öğrencilerin öğrendiklerini yaşantısal hâle getirerek fen ve mühendislik uygulamalarını deneyimlemelerinin önemli olduğuna dikkat çekilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Başkanı Obama (2010), “*Geleceğin liderliği, öğrencilerimizi özellikle (STEM) fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında nasıl eğiteceğimize bağlıdır*” diyerek STEM eğitiminin önemine değinmiştir. Avrupa Birliği tarafından 2007 yılında yayınlanan raporda, sorgulamaya dayalı fen eğitiminin bilim ve teknoloji eğitiminde kullanılmasının öğrencilerin bilime yönelik ilgilerinin artırılmasına katkı sağlayacağına dikkat çekilmiştir (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Henriksson, & Hemmo, 2007).

Genel olarak bakıldığında gerek ülkemizde gerekse dünyanın diğer ülkelerinde STEM eğitimi ile ilgili çalışan kişilerin/kuruluşların artması, STEM eğitimi alanında yapılan ulusal ve uluslararası çalışmaların giderek artacağına, eğitim programlarında STEM eğitiminin daha çok yer alacağına işaret etmektedir.

STEM eğitimi ile ilgili çalışacak araştırmacıların, atıf patlaması yapmış yayınlara, çalışmalarını atıf patlaması yapmış yazarlara, frekans ve merkezilik değerleri en yüksek kelimelere ve atıf patlaması yapmış kelimelere dikkat etmeleri önerilir; zira yakın gelecekte bu kavramların sık sık karşımıza çıkacağı görülmektedir.

Kaynakça

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Corlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı yoksa gereksinim mi? [A report on STEM Education in Turkey: A provisional agenda or a necessity?]*. İstanbul, Turkey: Aydın Üniversitesi.
- Al, U., & Coştur, R. (2007). Türk Psikoloji Dergisi'nin bibliyometrik profili [Bibliometric profile of Turkish Journal of Psychology]. *Turkish Librarianship*, 21(2): 142-163.
- Al, U., & Doğan, G. (2012). Hacettepe Üniversitesi Bilgi Ve Belge Yönetimi Bölümü Tezlerinin Atıf Analizi [Citation Analysis of Dissertations Completed at Hacettepe University Department of Information Management]. *Türk Kütüphaneciliği*, 26(2), 349-369.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans: Summary, project 2061*. ERIC Clearinghouse.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*, Washington, DC.
- Assefa, S., & Rorissa, A. (2013). A Bibliometric mapping of the structure of STEM education using co-word analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(12), 2513-2536.
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2015). Engineering curriculum in the preschool classroom: the teacher's experience. *European Early Childhood Education Research Journal*, 23(1), 112-128.
- Beşel, F., & Yardımcıoğlu, F. (2017). Maliye Dergisi'nin bibliyometrik analizi: 2007-2016 dönemi [Bibliometric analysis of Maliye Dergisi: The Period of 2007-2016]. *Maliye Dergisi*, 172.
- Bornmann, L., & Mutz, R. (2015). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(11), 2215-2222.
- Boyack, K. W., & Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and directcitation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12), 2389-2404.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1). 3-11.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1).
- Chen, C., Ibekwe-Sanjuan, F., & Hou, J. (2010). The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61, 1386-1409.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3.
- European Commission. High Level Group on Science Education, European Commission. Science, Economy, & Society. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe* (Vol: 22845). Office for Official Publications of the European Communities.
- Fahimnia, B., Sarkis, J., & Davarzani, H. (2015). Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, 162, 101-114.

- Furner, J. M., & Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: a stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3).
- Gençer, M. (2017). Sosyal ağ analizi yöntemlerine bir bakış [An overview of social network analysis methods]. *Yıldız Social Science Review*, 3, 19-34.
- Guzey, S. S., Tank, K., Wang, H. H., Roehrig, G., & Moore, T. (2014). A high-quality professional development for teachers of grades 3–6 for implementing engineering into classrooms. *School Science and Mathematics*, 114(3), 139-149.
- Güzeller, C. O., & Çeliker N. (2017). Gastronomy from past to today: A bibliometrical analysis, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 5, Special issue 2, 88-102.
- Güzeller, C. O., & Çeliker N. (2018). Bibliometric analysis of tourism research for the period 2007-2016, *Advances in Hospitality and Tourism Research*, 6(1) 1-22.
- Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14-38.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kasemodel, M. G. C., Makishi, F., Souza, R. C., & Silva, V. L. (2016). Following the trail of crumbs: a bibliometric study on consumer behavior in the food science and technology field, *International Journal of Food Studies*, 5(1):73-83.
- Khan, M. S., Ullah, W., Riaz, I. B., Bhulani, N., Manning, W. J., Tridandapani, S., & Khosa, F. (2017). Top 100 cited articles in cardiovascular magnetic resonance: a bibliometric analysis. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 18(1), 87.
- Klavans R., & Boyack K. W. (2009). Toward a consensus map of science. *Journal of the American Society for Information, Science and Technology* 60(3): 455–476.
- Koseoglu, M. A. (2016). Mapping the institutional collaboration network of strategic management research: 1980–2014. *Scientometrics*, 109(1), 203–226. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1894-5>
- Kuenzi, J. J. (2008). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: Background, federal policy, and legislative action*. Congressional Research Service Report for Congress.
- Kutluca, T., Birgin, O., & Gündüz, S. (2018). Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi'nde yayımlanmış makalelerin içerik analizi bağlamında değerlendirilmesi [Evaluation of the published articles in Turkish Journal of Computer and Mathematics Education according to content analysis]. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 9(2), 390-412.
- Li X., Ma E., & Qu H. (2017). Knowledge mapping of hospitality research – a visual analysis using cite space, *International Journal of Hospitality Management*, 60, 77-93.
- Mao, G., Liu, X., Du, H., Zuo, J., & Wang, L. (2015). Way forward for alternative energy research: A bibliometric analysis during 1994–2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 276-286.
- Marshakova-Shaikovich, I. (2005). Bibliometric maps of field of science. *Information Processing & Management*, 41(6), 1534-1547.

- Martinez-Pulgarin, D. F., Acevedo-Mendoza, W. F., Cardona-Ospina, J. A., Rodríguez-Morales, A. J., & Paniz-Mondolfi, A. E. (2016). A bibliometric analysis of global Zika research. *Travel Medicine and Infectious Disease, 14*(1), 55-57.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı [Science Teaching Program]*, Retrieved from <http://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf>
- Nerur, S., Rasheed, A., & Natarajan, V. (2008). The intellectual structure of the strategic management field: an author co-citation analysis. *Strategic Management Journal, 29*(3), 319-336.
- Ni, C., Sugimoto, C. R., & Robbin, A. (2017). Examining the evolution of the field of public administration through a bibliometric analysis of public administration review. *Public Administration Review, 77*(4), 496-509.
- Obama, B. (2010). *Changing the Equation in STEM Education*. Retrieved from <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/>
- Ostler, E. (2012). 21st century STEM education: A tactical model for long-range success. *International Journal of Applied Science and Technology, 2*(1), 28-33.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation, 25*, 348-349.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Henriksson, H. W., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A new pedagogy for the future of Europe*. European Commission Directorate General for Research Information and Communication Unit.
- Sanders, M. E. (2008). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher, 68*(4), 20-26.
- Santos, R., Costa, A. A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of building information modelling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction, 80*, 118-136.
- Sgoutas-Emch, S., Baird, L., Myers, P., Camacho, M., & Lord, S. (2016). We're Not All White Men: Using a Cohort/Cluster Approach to Diversify STEM Faculty Hiring. *Thought & Action, 32*(1), 91-107.
- Simovici, D. A. N. A. (2007). Data mining algorithms I: Clustering. *Handbook of Applied Algorithms, 177-218*.
- Stinson, K., Harkness, S. S., Meyer, H., & Stallworth, J. (2009). Mathematics and science integration: *Models and characterizations*. *School Science and Mathematics, 109*(3), 153-161.
- Ukşul, E. (2016). Türkiye’de eğitimde ölçme ve değerlendirme alanında yapılmış bilimsel yayınların sosyal ağ analizi ile değerlendirilmesi: bir bibliyometrik çalışma [The evaluation made by social network analysis of scientific publications in the field of measurement and evaluation in education in Turkey: a bibliometric study]. *Akdeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Antalya*.
- Yalçın, H., & Yayla, K. (2016). Teknolojik pedagojik alan bilgisi konusunda yapılan araştırmaların bilimetric analizi ve bilimsel iletişim [Scientometric analysis of the researches about technological pedagogical content knowledge and scholarly communication]. *Eğitim ve Bilim, 41*(188).
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri [Qualitative research methods in social sciences]*. Ankara: Seçkin Publications.

- Yıldırım B., & Selvi M. (2017). An experimental research on effects of STEM applications and mastery learning, *Journal of Theory and Practice in Education*, 13(2), 183-210.
- Yıldırım, B., & Altun Y. (2014, Haziran). STEM eğitimi üzerine derleme çalışması: Fen bilimleri alanında örnek ders uygulamaları [Compiling work on STEM education: Application of sample lessons in the field of science]. In *Proceedings of the VI. International Congress of Educational Research 05-08 June 2014* (pp. 238). Hacettepe University, Ankara.
- Yılmaz, G. (2017). Restoranlarda bahşiş ile ilgili yayınlanan makalelerin bibliyometrik analizi [Bibliometrics analysis of published papers on tipping in restaurants]. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 14(2), 65-79.
- Yu, Y. C., Chang, S. H., & Yu, L. C. (2016). An academic trend in STEM education from bibliometric and co-citation method. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(2), 113.
- Yüncü, H, Karagöz, D., & Yüncü H. (2014). Sosyal ağ analizi ile turizm alanında yazılmış doktora tezlerinin araştırma konularının incelenmesi [Evaluation of research subject of doctoral theses about tourism in Turkey with social network analysis], *Journal of Social Sciences Institute of Adıyaman University*, 2013(15): 205-232. DOI: 10.14520/adyusbd.666.
- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26.