



Bibliometric Analysis of Scientific Studies Performed with Mathematical Modelling

Elif Boran¹, Nezihe Korkmaz Güler¹, Kamuran Tarım¹

Çukurova University, Adana, Türkiye

ABSTRACT

This bibliometric study analyzes scientific publications in mathematical modeling to identify trends and key contributors. While research showed an upward trajectory over the past decade, a decline since 2018 was noted, primarily in English publications. Internationally recognized institutions lead in contributions, often published by major publishers. The study offers a broad overview, potentially guiding future research. Distribution analysis considers contributions and country trends, with the United States leading but notable input from China, Indonesia, and Spain. Citation networks among authors and their affiliated institutions demonstrate frequent collaboration. In conclusion, this study illuminates research dynamics in mathematical modeling, laying groundwork for future endeavors.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 22.06.2024

Received in revised form: 28.10.2024

Accepted: 04.11.2024

Available online: 05.11.2024

Article Type: Research Paper

Keywords: mathematical modelling, bibliometric analysis, STEM education, problem solving, real-world problems

© 2024 IJESIM. All rights reserved

1. Introduction

An important goal of mathematics education is to enable students to develop their ability to solve reality-based problems (Hänze and Leiss, 2022). The Primary School Mathematics Curriculum (Ministry of National Education [MoNE], 2018) aims to enable students to use mathematical thinking skills to solve many real-life problems. However, today's increasingly complex problems are often far beyond the problems that students encounter in schools. In order to solve these problems, students need to develop in-depth thinking and problem-solving skills (Derin and Aydın, 2020). Mathematical modelling enables students to establish a connection between mathematics and daily life and increases their problem-solving skills (Kertil, 2008).

A model is a product that will help to solve the problem by going through different mental processes in the problem solving process of a real life situation (Lesh and Doerr, 2003). While modelling involves interpreting the problem situation, making arrangements to solve it and evaluating the solution, models include equations, diagrams and concrete representations (Kaygısız and Şenel, 2023). Mathematical modelling represents a process that connects the real and mathematical worlds (Blum and Ferri-Borromeo, 2009). Mathematical models are complex because they include not only mathematical representations such as formulas, equations and graphs, but also conceptual systems that accurately reflect the real world (Czoher, 2017) and the solution of real-world problems (Schukajlow et al., 2015). Although there is no single agreed upon definition of mathematical modelling, it describes a real-world situation, makes certain assumptions and choices, and then uses a mathematical model to obtain a solution that can be translated into the real world (Asempapa, 2022; Arleback, Doerr and O'Neil, 2013; Artigue and Blomhøj, 2013). The mathematical modelling process has a cyclical structure and involves a series of stages. Although there are various cycles in the literature, the most appropriate one for

¹ Corresponding author's address: Çukurova University, Adana, Türkiye
e-mail: mandalinamavi.eb@gmail.com
DOI: <https://doi.org/10.17278/ijesim.1503365>

research purposes in the field of mathematics education seems to be Blum and Leiß's (2007) original modelling cycle, which includes individual steps that distinguish the stages of the mathematical modelling process: structuring, simplification / configuration, mathematical study, interpretation, verification and explanation (Durandt and Lautenbach, 2020). While problem solving usually starts with a real-world situation expressed in mathematical terms, mathematical modelling starts in the unstructured world and involves problem formulation and analysis. The student starts from the real world, thinks about the results in the context of the problem, and then returns to the real world to evaluate the solution (Pollak, 2012).

The mathematical modelling process helps students develop their problem solving and communication skills in a group discussion environment. In these discussion environments, students learn to respect each other's ideas and gain the ability to have a common view with their friends. In models created in groups, students develop the skills of understanding the problem situation, simplifying, mathematising, working mathematically, interpreting and verifying the solution proposal and sub-skills based on these skills. At the stage of understanding the problem situation, students work on various skills such as explaining real life problems based on their past experiences, using reading, comprehension and interpretation skills, and creating graphs and tables (Kaygısız and Aysin-Şenel, 2023). Modelling activities provide students with various opportunities to use mathematics effectively in their daily lives, to associate mathematics with real life situations, to produce different solutions to the problems they encounter, and to think analytically (Blum and Niss, 1991; English and Watters, 2004; Lesh and Doerr, 2003). In fact, in this way, mathematical modelling provides students with an understanding that emphasises mathematical concepts (Doğan et al., 2019; Kertil and Gürel, 2016; Sriraman and Lesh, 2006). Mathematical modelling activities can be easily integrated into existing engineering and mathematics curricula (Hallström and Schönborn, 2019; Kertil and Gürel, 2016). Mathematical modelling has strengths such as including daily life problems (Bliss et al., 2016), increasing students' motivation by learning content related to themselves (Kim et al., 2015), increasing their mathematical competence by helping them learn mathematics (Sokolowski 2015; Young et al., 2011), and allowing them to gain self-efficacy (Schukajlow et al., 2012). Czocher et al. (2021) stated that these strengths of mathematical modelling are necessary precursors in the main disciplines of STEM. Suh and Han (2019) investigated how a science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project involving mathematical modelling affects university students' competencies in sustainability. As a result of the study, students who completed the STEM project perceived mathematical modelling as a useful tool for recognising current problem situations, predicting future societal changes, and identifying possibilities for balancing the needs of current and future generations. Armutçu and Bal (2023) aimed to examine the effect of mathematical modelling activities in the context of STEM education on the mathematical modelling skills of secondary school students. As a result of the study, it was concluded that mathematical modelling activities carried out in the context of STEM education positively improved the mathematical modelling skills of middle school students, these students gained different interdisciplinary perspectives, positive developments were experienced in thinking skills, students adapted to group work more easily and their interest in engineering and technology increased. As a result, when all these are taken into consideration, we can define mathematical modelling as a teaching method that gives students opportunities to actively produce solutions to problem situations that they may encounter in their daily lives during the learning process, improves students' problem skills, gives students the ability to take a common view by respecting each other, supports STEM skills that are on the agenda of the 21st century, looks at 21st century problems from a current perspective and we think that it will continue to be up-to-date. For this reason, bibliometric analysis was carried out in our study in order to emphasise the importance of mathematical modelling and to present the actuality of the studies with quantitative data.

Bibliometric analysis is a systematic examination using the large amount of information contained in published research articles, conference proceedings and other sources to understand the nature and impact of a particular scientific or technical topic. This evaluation approach is widely used in many fields such as science, technology, medicine and social sciences to examine research and development

trends, identify leading authors and institutions, assess the impact of research initiatives and track the progress of various disciplines (Ioseliani et al., 2023). According to Bornmann and Mutz (2015), bibliometric analysis is a method of analysing literature using quantitative measures such as the number of publications, citations and number of authors to determine the impact or evaluate the impact of a particular research area. This research method has five stages (Setyaningsih et al., 2018; Tranfield et al., 2003).

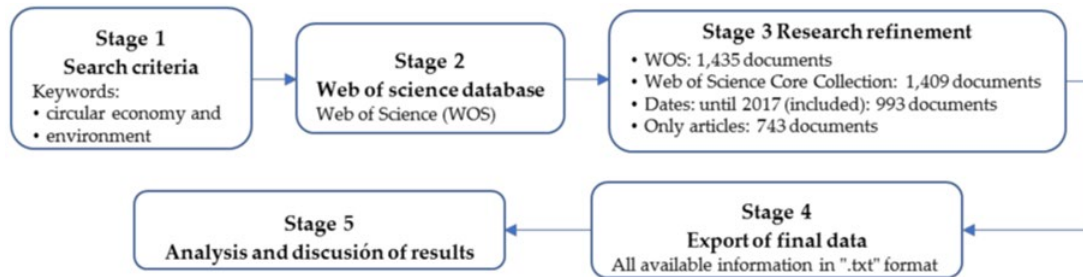


Figure 1. Five-step bibliometric analysis method (Hudha et al., 2020)

Figure 1 shows the five steps specified by Hudha et al. (2020) for bibliometric analysis. In the first stage of bibliometric analysis, appropriate keywords are determined by searching the literature suitable for the research topic. The second stage includes the first results determined according to certain characteristics. The third stage is the process of improving the initial search results by filtering the search results. The fourth stage involves saving the collected data as a file, identifying missing data and classifying the data. The last stage of the analysis includes the analysis and reporting of the final data obtained.

As a result, bibliometric analysis was used to determine in which areas there is an increase in the number of studies on mathematical modelling, which authors are more popular, or in which subfields there is a greater need. The results of these analyses can guide researchers to develop new approaches to certain topics or to focus on existing problems. This enables more effective and guiding studies in scientific research. Therefore, this study aims to fill a critical gap in existing literature by attempting to present an up-to-date review study through bibliometric analysis of mathematical modelling. In line with this purpose, answers to the following sub-problems were sought. Accordingly, scientific publications on mathematical modelling;

1. How is the distribution according to years?
2. How is the distribution according to publication languages?
3. How is the distribution according to the number of articles per author?
4. How is the distribution according to institutions or universities?
5. How is the distribution according to journals?
6. How is the distribution according to countries?
7. How is the author co-citation network?
8. How is the co-authorship network according to the institutions or universities to which the authors are affiliated?
9. How is the co-authorship network according to regions or countries?
10. How is the distribution according to the authors who are co-cited?
11. How is the distribution according to co-cited sources?
12. What are the most commonly used co-authored keywords?

2. Method

2.1. Model of Research

In this research, which uses descriptive research design, it is aimed to make a bibliometric map analysis of the studies on mathematical modelling. Bibliometric analysis analyses certain characteristics of

publications in a particular field such as the number of publications in those years, the most studied topics, the most contributing institutions, keywords (Çiftçi et al., 2016).

2.2. Data Collection

In line with the bibliometric map analysis of scientific studies on mathematical modelling, the Web of Science (WoS) database, which is widespread and accepted in the scientific world, was accessed and 443026 studies were found by first typing the key concept of "mathematical modelling and mathematical modelling" in the title. Since it was aimed to analyse current publications in the research, the research was limited to the last 10 years (2013-2023). As a result of this limitation, 265450 publications were reached. As the last stage, in order to reduce the research to the field of education, categories related to education (Education Educational Research, Education Scientific Disciplines, Education Special) were selected from the WoS database and 4576 publications were identified as a result. Accordingly, the inclusion-exclusion criteria for the relevant publications within the scope of the study are presented in Table 1.

Table 1. Inclusion-Exclusion Criteria

Inclusion Criteria		
First Phase	Database	WoS (Web of Science Core Collection)
	Index	All of them
	History	24.12.2023
	Key Concepts	Mathematical Modelling, Education
	Conclusion	443 026
Exclusion Criteria		
Second Phase	Year	Last 10 years
Third Phase	Category	3329 Education/Education Research
		1500 Education Scientific Disciplines
		103 Education Special
	Conclusion	4576

According to Table 1, the inclusion and exclusion criteria of scientific publications in the research are given. In the search conducted on 26.12.2023, a total of 4576 studies covering the relevant key and criteria in 2013 and later were identified. Of these publications, 2900 are scientific articles, 1620 are proceedings, 180 are book chapters, 130 are early access and 35 are review articles.

2.3. Data Analysis

According to the criteria selected in the study, the first descriptive analysis of 4576 studies obtained from the WoS database was carried out. After these analyses, scientific publications were analysed descriptively according to the sub-problems of the research and explanations were made by presenting the relevant visuals. The data obtained were then saved and analysed in the VOSviewer programme according to citation counts, co-citation, co-authorship, co-existence, bibliographic matching analysis types according to authors, institutions and countries. Accordingly, the analysis criteria of the data are presented in Table 2.

Table 2. Type of Analysis, Unit and Counting Method Used in Data Analysis

Analysis Type	Analysis Unit	Counting Method
Co-authorship	Authors	Full counting
	Countries	
	Organizations	
Co-citations	Cited authors	
	Cited references	
Co-occurrence	(Keywords)	

2.4. Research and Publication Ethics

In the study, all the rules specified in the Directive on Scientific Research and Publication Ethics of Higher Education Institutions were followed and none of the actions in section 2 of the "Actions

Contrary to Scientific Research and Publication Ethics" title of the directive were carried out.

2.4.1. Ethics Committee Permission

Since no data was obtained from any living creature by any means within the scope of the scientific study in question, no ethics committee decision was required.

3. Findings

In this section, the data obtained from the WoS database and the findings obtained with the VOS viewer program are presented.

3.1. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling by Years

The distribution of scientific publications on mathematical modelling, which include key concepts related to the field of education, according to years is given in Figure 2.

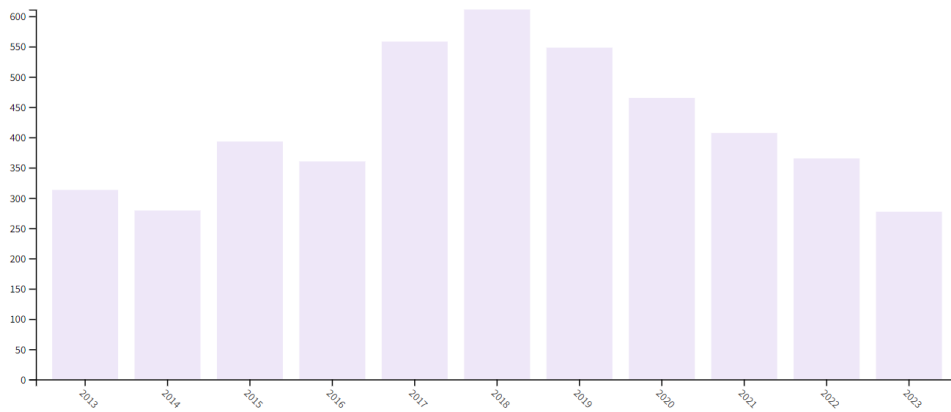


Figure 2. Distribution of Publications on Mathematical Modelling by Years

When Figure 2 is examined, it is seen that most publications on mathematical modelling were made in 2018 (611) and the least in 2014 (279). When Figure 2 is examined, it is seen that the studies on mathematical modelling have increased until 2018, although there have been decreases in some years, but after 2018, publications on mathematical modelling have decreased. After 2018, although there is a decrease in the number of publications, we can say that the number of publications made in recent years is not low.

3.2. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling According to Publication Languages

The distribution of scientific publications on mathematical modelling that include key concepts related to the field of education is given in Figure 3.

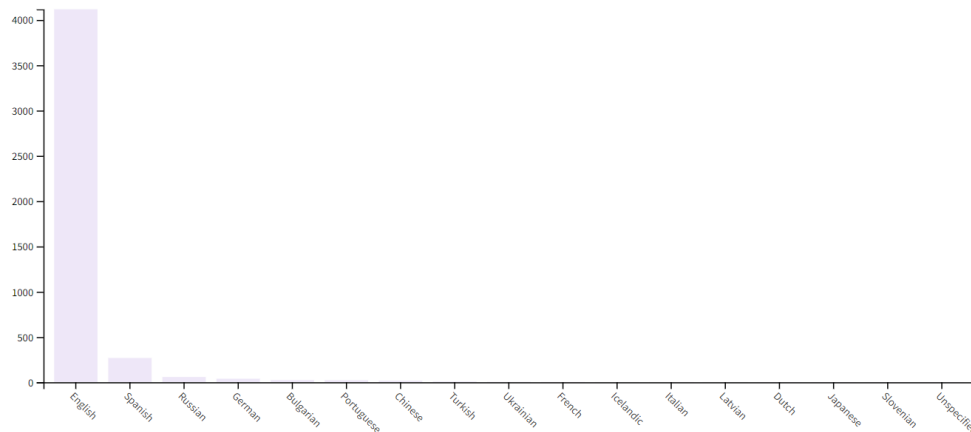


Figure 3. Distribution of Publications on Mathematical Modelling According to Languages

When Figure 3 is examined, it is seen that the highest number of publications on mathematical modelling is in English with 4117 publications. After that, there are 268 publications in Spanish, 59 in Russian, 40 in German and there are almost few or no publications in other languages. Since English is accepted as the universal language of science, it is thought that there are more publications in English.

3.3. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling According to the Number of Articles per Author

The distribution of the number of articles written by the authors of scientific publications on mathematical modelling that include the key concepts related to the field of education is given in Figure 4.

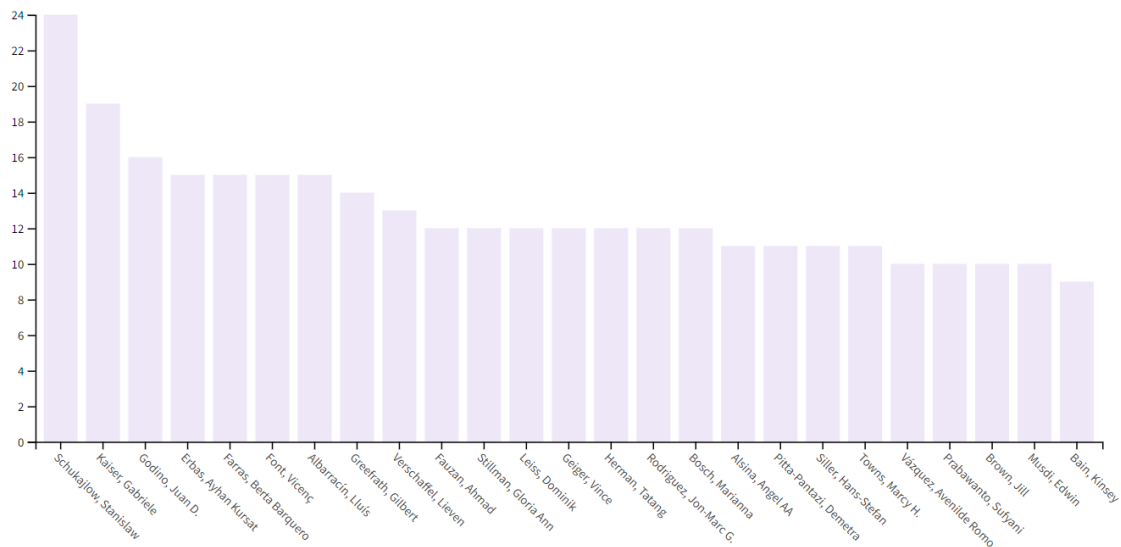


Figure 4. Distribution of Publications on Mathematical Modelling According to the Number of Articles per Author

In Figure 4, 25 out of 10387 authors who have publications in the WoS database containing the related key concepts are given. Visualisation in the Web of Science (WoS) database is limited to a maximum of 25 data. 10387 authors in the research are presented as a list in the (WoS) database. Therefore, the highest display value was selected to show more data in the study. Accordingly, when Figure 4 is analysed, it is seen that the author with the highest number of publications in this field is Stanislaw Schukajlow from the University of Münster with 24 articles. Gabrielle Kaiser is in second place with 19 articles and Juan D. Godino is in third place with 16 articles. The other authors who contributed to the published articles are listed with a number of publications ranging from 2 to 15.

3.4. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling by Institutions or Universities

The distribution of the authors of scientific publications on mathematical modelling, which include key concepts related to the field of education, by institution or university is given in Figure 5.

In Figure 5, according to the results of the data containing the relevant key concepts in the WoS database, 25 of the 3280 institutions or universities to which the authors who have publications on mathematical modelling are affiliated are included. Visualisation in the Web of Science (WoS) database is limited to a maximum of 25 data. The 3280 institutions or universities included in the research are presented as a list in the (WoS) database. Therefore, the highest display value was selected in order to show more data in the research. Accordingly, when Figure 5 is analysed, it is seen that the highest number of scientific publications in this field is published by the authors working at Universitas Pendidikan Indonesia with 91 publications. Secondly, Ministry of Education Science of Ukraine with 75 publications and thirdly Purdue University, Purdue University System and Purdue University West Lafayette Campus with 56 publications. In the table, it is seen that other institutions or universities to which the authors who contribute to the related field are affiliated also contribute to the field with a number of articles ranging

from 4 to 53. Among the universities in Turkey, Middle East Technical University, Gazi University, Hacettepe University and Marmara University contributed to the field with 27, 22, 18 publications, respectively.



Figure 5. Distribution of Authors of Publications on Mathematical Modelling according to the Institutions or Universities they are affiliated with

3.5. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling According to Journals

The distribution of scientific publications on mathematical modelling, which include key concepts related to education, according to the journals or publication groups to which the journals are affiliated is shown in Figure 6.

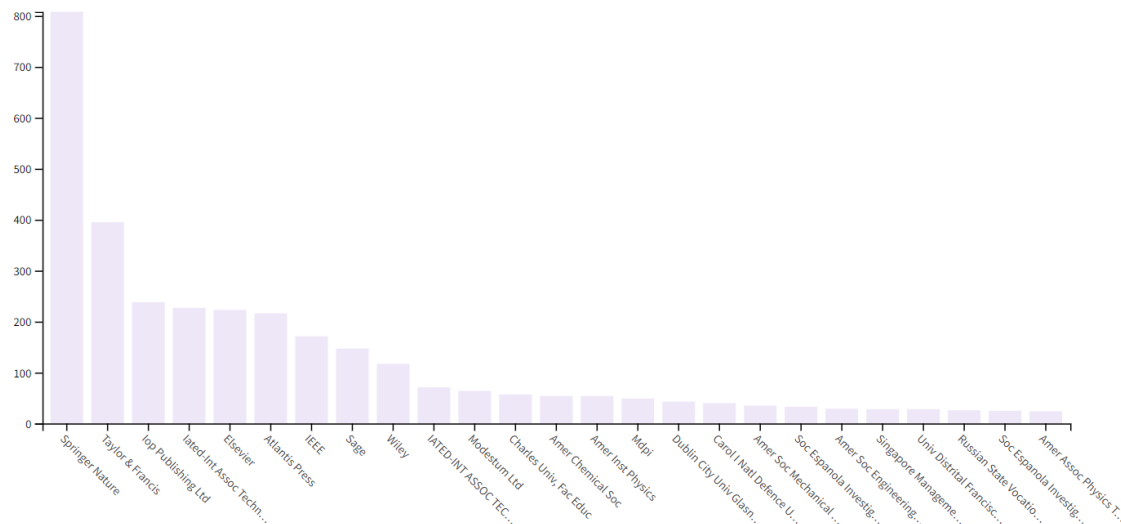


Figure 6. Distribution of Publications on Mathematical Modelling According to Journals or Publication Groups to which Journals are Affiliated

In Figure 6, 25 data showing the distribution of scientific publications containing key concepts related to mathematical modelling education in the WoS (Web of Science) database according to journals or publication groups to which journals are affiliated are presented. When Figure 6 is examined, it is determined that 808 of the most scientific articles in the field of mathematical modelling are published in journals belonging to Springer Nature. The journals in the Taylor and Francis group ranked second with 395 articles, while the journals of IOP Publishing Ltd. ranked third with 238 articles.

The network visualisation map in Figure 7 shows the strength of collaboration between journals. The thickness of the lines reflects the collaboration strength, while the size of the circles represents the number of articles. Furthermore, the colours indicate the clusters of collaboration between journals.

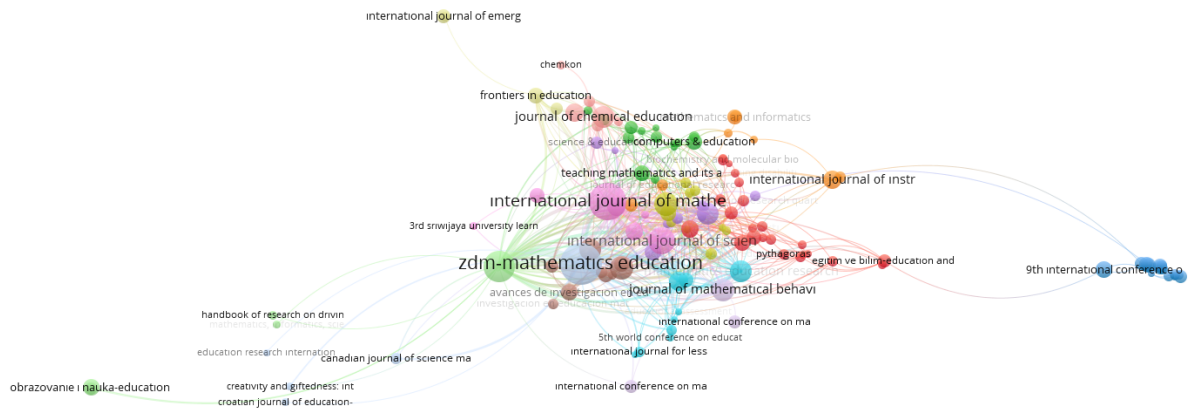


Figure 7. Network Visualisation Map Regarding the Journals in which Scientific Publications on Mathematical Modelling are Published

The network visualisation map presented in Figure 7 was created using VOSviewer software. In this map, it is determined that each journal is represented by at least 5 articles and 216 of 1000 journals meet this criterion. However, it is seen that only 130 of these 216 journals have a publishing relationship with other journals. According to Figure 7, a network structure representing 14 different clusters has emerged. It is observed that journals are generally in strong relationships with each other.

3.6. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling by Countries

The distribution of scientific publications on mathematical modelling, including key concepts related to education, by region or country is presented in Figure 8.

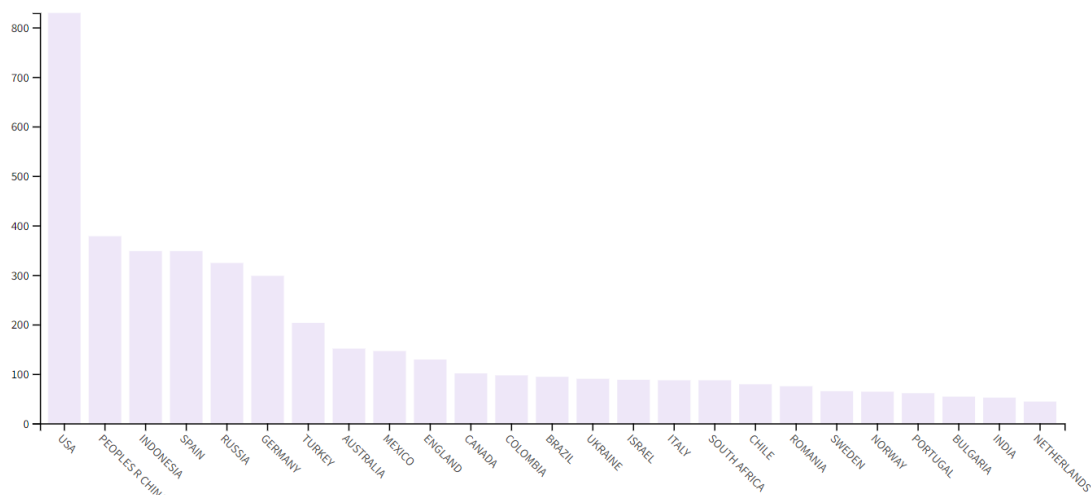


Figure 8. Distribution of Publications on Mathematical Modelling by Region or Country of Publication

In Figure 8, it is indicated that only 25 out of 117 regions or countries are presented in the WoS database where publications containing key concepts related to mathematical modelling originate. In this context, it was found that 829 of the most scientific publications were published in the USA. China ranked second with 378 publications, while Indonesia and Spain ranked third and fourth with 348 and 203 publications, respectively. In addition, although it is not included in the figure, it is seen that Turkey contributes to

the field with 203 publications and other countries contribute to the field with a number of publications ranging from 1 to 324.

3.7. Author Co-Citation Network of Scientific Publications on Mathematical Modelling

The network visualisation map in Figure 9 represents the collaboration strength of authors. The thickness of the lines reflects the amount of collaboration, while the size of the circles represents the number of publications. The colours indicate the cluster of authors' collaboration.

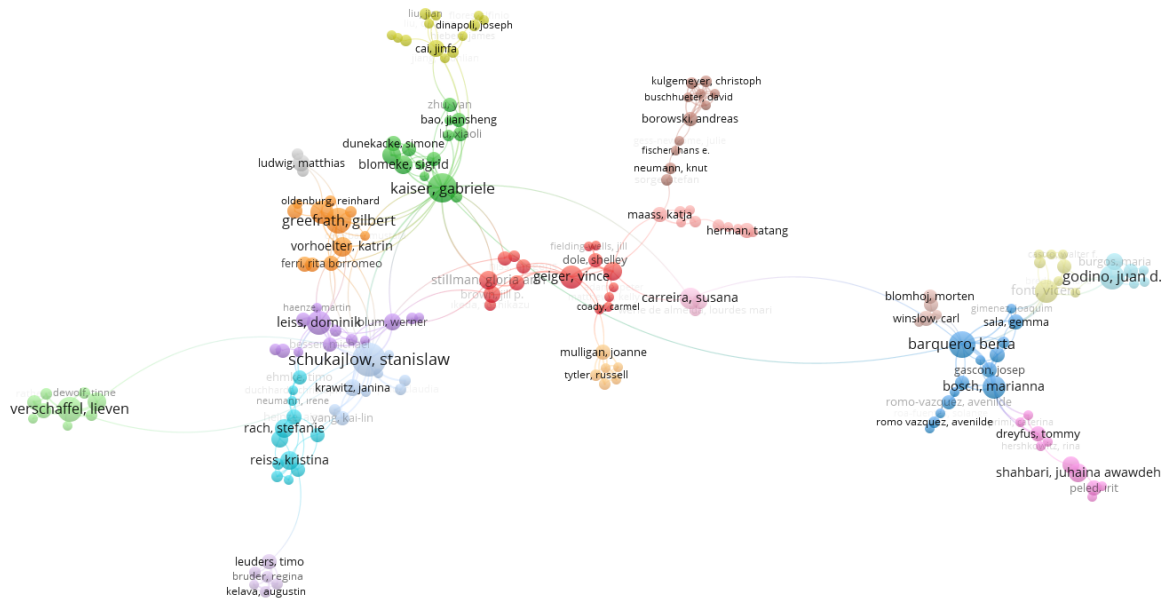


Figure 9. Network Image Showing Co-authorship of Authors of Publications on Mathematical Modelling

The network visualisation map shown in Figure 9 was created using VOSviewer software. In this map, 10387 authors were analysed with at least two publications per author and 1318 authors who met this criterion were identified. Then, among these authors, significant relationships were found between the studies of 179 authors and these relationships were categorised into 19 different clusters. The size of the circles represents the authors with the most publications and in this context Stanislaw Schukajlaw (ranked first with 23 publications), Gabriele Kaiser (ranked second with 18 publications) and Berta Borquerol (ranked third with 15 publications).

3.8. Common Citation Network of Scientific Publications on Mathematical Modelling according to the Institutions or Universities to which the Authors are Affiliated

The network visualisation map in Figure 10 shows the collaboration strength of the institutions or universities to which the authors are affiliated. The thickness of the lines reflects the amount of collaboration between institutions, while the size of the circles represents the number of articles belonging to each institution. Furthermore, the colours indicate the cluster of collaborations.

The network visualisation map in Figure 10 was created using VOSviewer software. In this map, it was determined that 1123 out of 3280 institutions or universities met this criterion with the requirement of at least two publications for each institution or university. In the network visualisation map created, it was observed that 734 institutions or universities were in cooperation. Looking at Figure 10, it is seen that there are many clusters, but most of these clusters are in cooperation, and only pink and grey clusters are distant from other clusters in terms of cooperation.

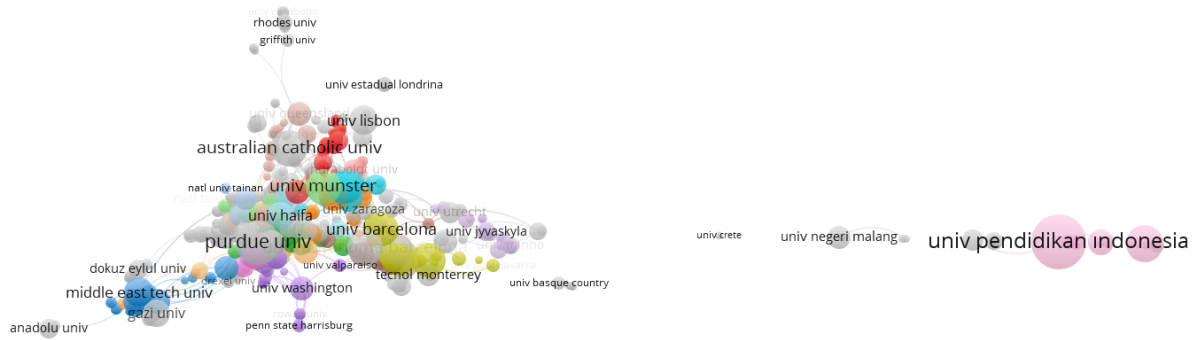


Figure 10. Network Image Showing the Co-Authorship Network According to the Institutions or Universities to which the Authors are Affiliated

3.9. Co-authorship Network of Scientific Publications on Mathematical Modelling by Region or Country

The network visualisation map in Figure 11 reflects the collaboration strength of the regions or countries where the authors are located. The thickness of the lines indicates the amount of collaboration, while the size of the circles represents the number of articles published in each region or country. Furthermore, the colours indicate the cluster of collaborations.

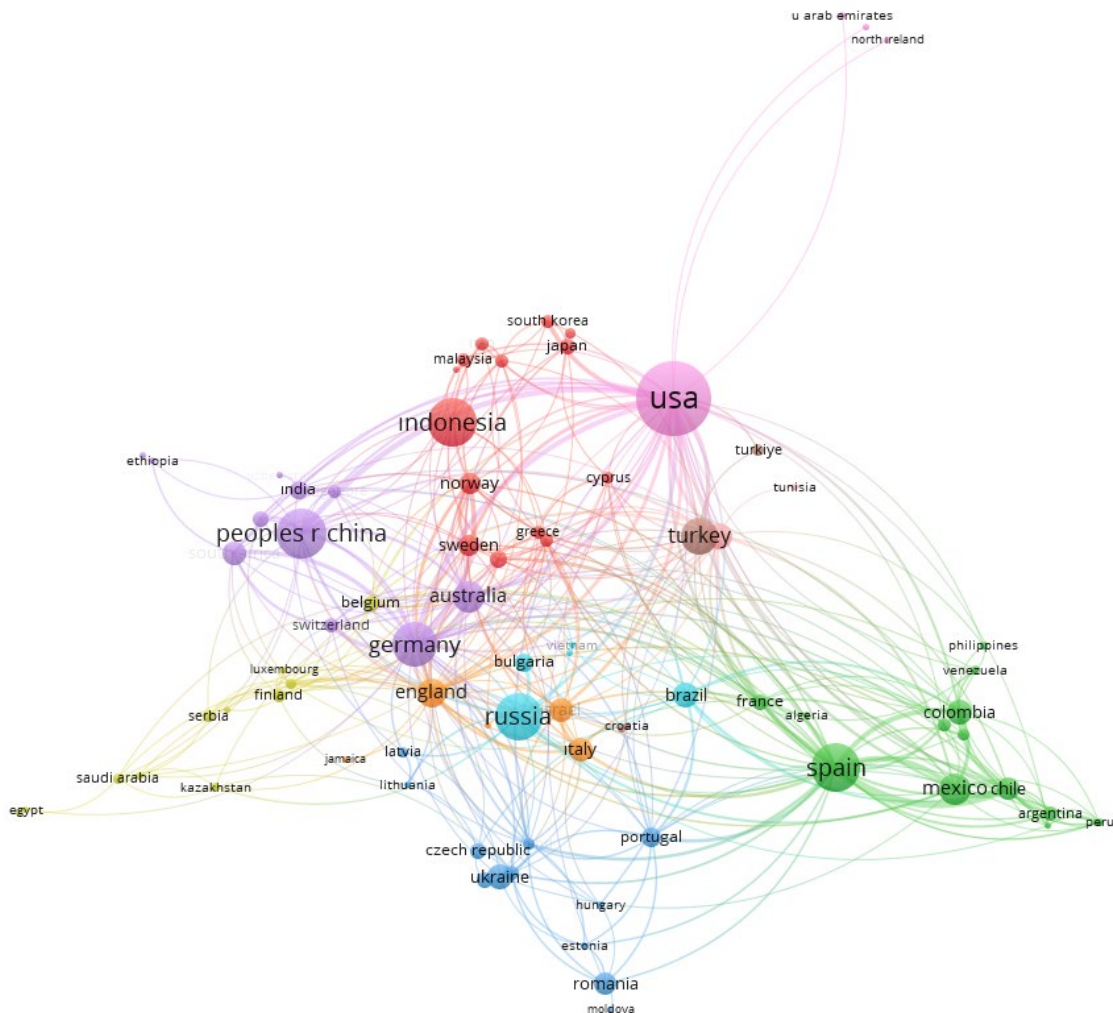


Figure 11. Network Image Showing Co-authorship of Publications by Region or Country of Authorship

The network visualisation map in Figure 11 was created using VOSviewer software. In this map, it was determined that 86 out of 117 regions or countries met this criterion with the requirement of at least two publications for each region or country. Setting two or more publication criteria allows us to better

understand the academic productivity and co-operation networks of a particular region or country. In addition, this method allows for a deeper analysis of trends and co-authorship relationships in the research field. In the network visualisation map created, it was observed that 82 regions or countries were in cooperation and these were divided into 10 different clusters. In general, it is observed that countries are mostly in co-operation with each other.

3.10. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling According to Co-Cited Authors

The network visualisation map in Figure 12 shows the collaboration strength of the distribution according to the authors co-cited in the authors' publications. The thickness of the lines represents the amount of collaboration, while the size of the circles represents the number of publications of each author. The colours indicate the set of collaborations.

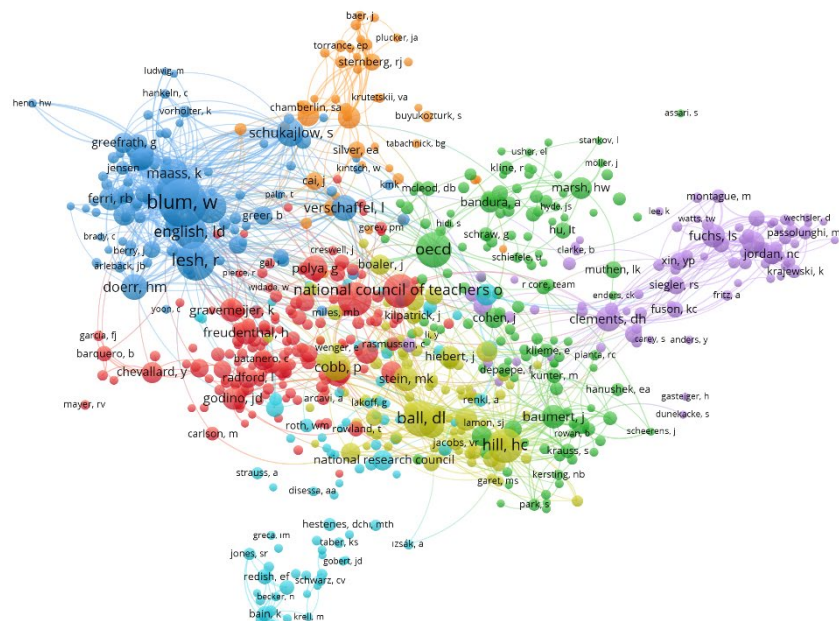


Figure 12. Network Image Showing Co-Citations of Cited Authors

The network visualisation map in Figure 12 shows the distribution of authors according to the other authors co-cited in their publications. The names of the journals identified in the Web of Science (WoS) database were abbreviated in the VOSviewer programme. In this map, it is determined that 705 authors out of 59574 authors fulfil the criterion of at least 20 author citations. Seven different clusters are observed: green, yellow, red, blue, purple, orange and light blue. Among the authors with the highest number of co-citations, Blum (692 citations), Kaiser (527 citations) and Lesh (450 citations) stand out.

3.11. Distribution of Scientific Publications on Mathematical Modelling According to Commonly Cited Sources

The network visualisation map in Figure 13 shows the collaborative strength of the distribution according to the sources that the publications co-cite. The thickness of the lines reflects the strength of interaction between the sources, while the size of the circles represents the number of uses of each source. The colours indicate the cluster of keywords.

In terms of the co-citation of the cited sources, it was determined that 766 of the 48061 sources met this criterion, provided that each source had at least 20 citations. The criterion of at least 20 citations ensures that only publications that have reached a certain level of impact and importance are considered. The 20 citation threshold represents a sufficient level of academic recognition for a publication or resource, and publications with fewer citations may not adequately demonstrate their impact in the research field.

In this way, a more meaningful and representative network visualisation is created, allowing for a more accurate analysis of co-citation relationships and collaborations. In addition, this method enables a more in-depth analysis of trends and co-authorship relationships in the research field. In the network visualisation map presented in Figure 13, it is observed that these 766 sources are divided into 6 different clusters. This map emphasises that the relationship between publications is strong and proximity is important. The most co-cited sources are ZDM - Mathematics Education (2586 citations), Educational Studies in Mathematics (2393 citations), Journal for Research in Mathematics Education (1862 citations).

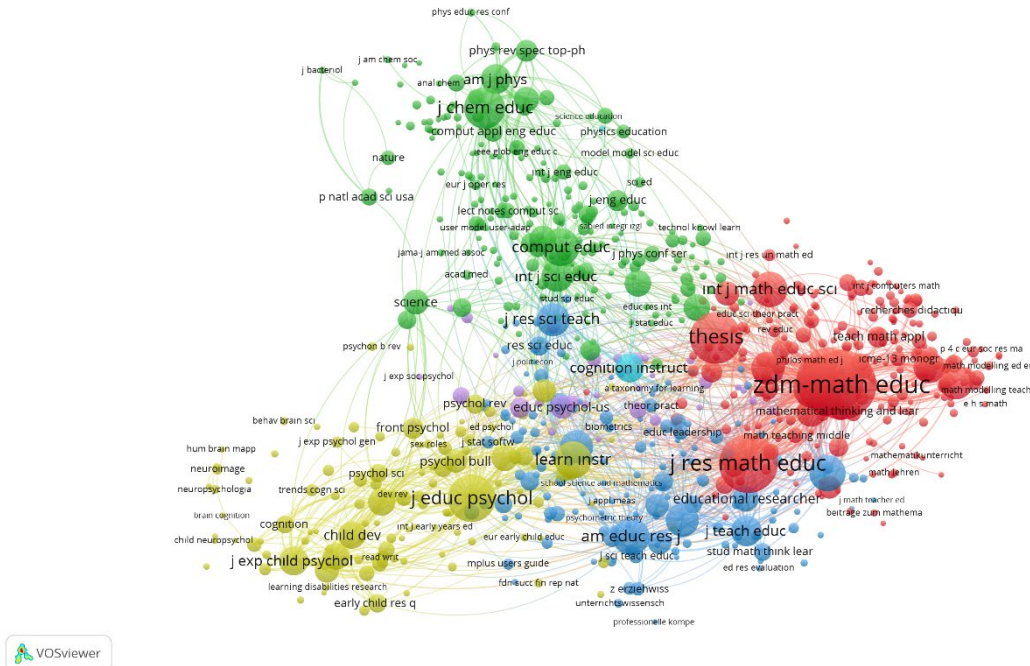


Figure 13. Network Image Showing the Distribution of Co-Cited Sources According to Publications

3.12. Most Common Keywords Used in Scientific Publications on Mathematical Modelling

The network visualisation map in Figure 14 shows the most frequently used keywords in the relevant publications and the relationships between these words. In this map, the thickness of the lines represents the strength of the interaction between the keywords used, and the size of the circles represents the number of times each keyword is used. In addition, the colours indicate the cluster to which the keywords belong.

The network visualisation map in Figure 14 shows the co-occurrence of keywords. This visualisation map was created using the VOSviewer program and it was determined that 472 of the 10611 keywords that were examined for keywords used at least 5 times met this criterion. Determining the criterion of using keywords at least 5 times in publications is to better understand the importance and interaction of keywords in the research field. This criterion shows that a particular keyword has found enough space in the research literature and represents an important relationship on a particular topic. Keywords that are used at least 5 times have a more widespread level of interaction and consideration among researchers and this provides a reliable basis for analysing the co-use of keywords. In the map, the most frequently used keywords among these 472 keywords are mathematics (225 times), mathematical modelling (213 times), mathematical modeling (199 times), mathematics education (125 times), problem solving (104 times), modelling (86 times), modeling (78 times), mathematical model (68 times). On the other hand, although the relationship between mathematical modelling and STEM is high in terms of key concept usage, it is observed that only 30 mathematical modelling publications contain STEM key concept. This situation shows that mathematical modelling is limited in terms of studies conducted in the context of STEM.

contributions to research in this field. Some universities in Turkey (METU, Gazi, Hacettepe and Marmara) are also actively involved in this field (Birgün and Öztürk, 2021; Öztürk, 2023).

Large publishing houses such as Springer Nature, Taylor and Francis and Iop Publishing Ltd. are at the forefront (Çetin et al., 2023; McPherson et al., 2022). In the bibliometric analysis, it was observed that the publications related to mathematical modelling are concentrated in these large publishing houses. This shows that these publishers have important scientific publications in this field and that there is an intense interest in these publications. In addition, the network visualisation map sheds light on the publication network in this field by showing the cooperation and connections between journals.

It is seen that the USA is among the leading countries in publications related to mathematical modelling (Dündar, 2023). In the bibliometric analysis, it was observed that the USA is the leading country in publications related to mathematical modelling. It is also seen that countries such as China, Indonesia and Spain also make significant contributions. When the co-citation network among authors is analysed according to the institutions/universities they are affiliated with, it is seen that different groups of authors and certain institutions frequently interact with each other and conduct joint studies, which indicates that certain institutions tend to work together and carry out joint projects in research in this field.

In conclusion, this bibliometric mapping study in the field of mathematical modelling provides an overview of research in this area. The findings help us to understand trends, concentrations and important factors in mathematical modelling literature. Mathematical modelling is an important topic in the field of education and this analysis provides important information that can guide future researchers in understanding the literature on the topic and identifying potential opportunities for further development. However, this study only covers a specific time period and future research could be more comprehensive to better understand the dynamics in this area. However, this study only covers a specific time period and future research could be more comprehensive to better understand the dynamics in this area. It is also suggested that future research should focus more on the use of mathematical modelling in the STEM field. In addition, it is important to increase international collaborations to understand approaches across different countries and cultures. Given the limitations of this study, future research needs to be more comprehensive.

Matematiksel Modelleme ile Gerçekleştirilen Bilimsel Çalışmaların Bibliyometrik Analizi

Elif Boran¹, Nezihe Korkmaz Güler, Kamuran Tarım

Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye

ÖZ

Bu bibliyometrik çalışma, eğilimleri ve temel katkıda bulunanları belirlemek için matematiksel modelleme alanındaki bilimsel yayınları analiz etmektedir. Araştırmalar son on yılda yükseliş eğilimi gösterirken, 2018'den bu yana özellikle İngilizce yayınlarda bir düşüş kaydedilmiştir. Uluslararası alanda tanınan kurumlar, genellikle büyük yayıncılar tarafından yayınlanan katkılarda başı çekmektedir. Çalışma, gelecekteki araştırmalara potansiyel olarak rehberlik edecek geniş bir genel bakış sunmaktadır. Dağılım analizi, ABD'nin başı çektiği ancak Çin, Endonezya ve İspanya'dan kayda değer girdilerin olduğu katkıları ve ülke eğilimlerini dikkate almaktadır. Yazarlar ve bağlı oldukları kurumlar arasındaki atıf ağları sık sık işbirliği yapıldığını göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma matematiksel modelleme alanındaki araştırma dinamiklerini aydınlatmakta ve gelecekteki çalışmalar için zemin hazırlamaktadır.

MAKALE BİLGİ

Makale Tarihiçesi:

Alındı: 22.06.2024

Düzeltilmiş hali alındı: 28.10.2024

Kabul edildi: 04.11.2024

Çevrimiçi yayınlandı: 05.11.2024

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: matematiksel modelleme, bibliyometrik analiz, STEM eğitimi, problem çözme, gerçek hayat problemleri

© 2024 IJESIM. Tüm hakları saklıdır

1. Giriş

Matematik eğitiminin önemli bir amacı, öğrencilerin gerçekliğe dayalı problemleri çözme becerilerini geliştirmelerini sağlamaktır (Hänze ve Leiss, 2022). İlkokul Matematik Dersi Öğretim Programı (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini birçok gerçek yaşam problemini çözmek için kullanmalarını amaçlamaktadır. Ancak günümüzde giderek karmaşıklaşan problemler, çoğu zaman öğrencilerin okullarda karşılaştıkları problemlerin çok ötesindedir. Bu problemleri çözebilmek için öğrencilerin derinlemesine düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmeleri gerekmektedir (Derin ve Aydın, 2020). Matematiksel modelleme, öğrencilerin matematik ile günlük yaşam arasında bağlantı kurmalarını sağlar ve problem çözme becerilerini artırır (Kertil, 2008).

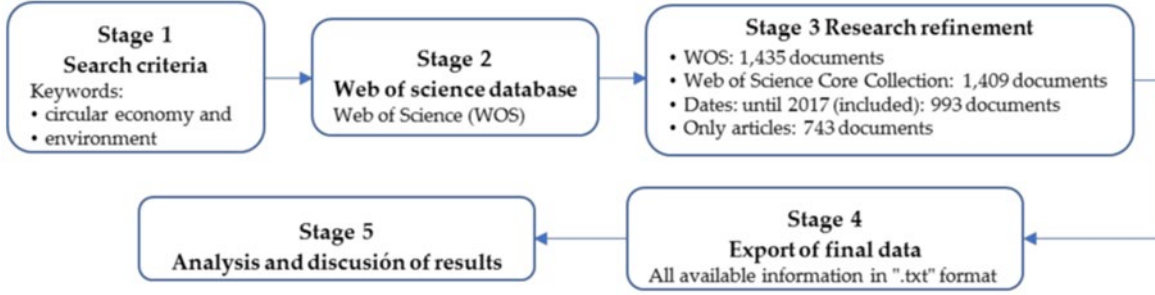
Model, gerçek bir yaşam durumunun problem çözme sürecinde farklı zihinsel süreçlerden geçerek problemin çözümüne yardımcı olacak bir üründür (Lesh ve Doerr, 2003) Modelleme, problem durumunu yorumlamayı, çözmek için düzenlemeler yapmayı ve çözümü değerlendirmeyi içerirken, modeller denklemleri, diyagramları ve somut gösterimleri içerir (Kaygısız ve Şenel, 2023). Matematiksel modelleme, gerçek ve matematiksel dünyaları birbirine bağlayan bir süreci temsil eder (Blum ve Ferri-Borromeo, 2009) Matematiksel modeller karmaşıktır çünkü yalnızca formüller, denklemler ve grafikler gibi matematiksel temsilleri değil, aynı zamanda gerçek dünyayı doğru bir şekilde yansıtan kavramsal sistemleri (Czoher, 2017) ve gerçek dünya problemlerinin çözümünü de içerir (Schukajlow vd, Matematiksel modellemenin üzerinde uzlaşmış tek bir tanımı olmamasına rağmen, gerçek dünyadaki bir durumu tanımlar, belirli varsayımlar ve seçimler yapar ve ardından gerçek dünyaya çevrilebilecek bir çözüm elde etmek için matematiksel bir model kullanır (Asempapa, 2022; Arleback, Doerr ve O'Neil, 2013; Artigue ve Blomhøj, 2013). Matematiksel modelleme süreci döngüsel bir yapıya sahiptir ve bir dizi aşamayı içerir. Literatürde çeşitli döngüler olmasına rağmen, matematik eğitimi alanında araştırma amaçlarına en uygun olanı Blum ve Leiß'in (2007) matematiksel modelleme sürecinin aşamalarını ayırt eden bireysel adımları içeren orijinal modelleme döngüsü gibi görünmektedir: yapılandırma, basitleştirme / yapılandırma, matematikselleştirme, matematiksel çalışma, yorumlama, doğrulama ve açıklama (Durandt ve Lautenbach, 2020). Problem çözme genellikle matematiksel terimlerle ifade edilen gerçek dünyadaki bir durumla başlarken, matematiksel modelleme yapılandırılmamış dünyada başlar ve problem formülasyonu ve analizini içerir. Öğrenci gerçek dünyadan başlar, problem bağlamında

sonuçlar hakkında düşünür ve ardından çözümünü değerlendirmek için gerçek dünyaya geri döner (Pollak, 2012).

Matematiksel modelleme süreci, öğrencilerin grup tartışması ortamında problem çözme ve iletişim becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Bu tartışma ortamlarında öğrenciler birbirlerinin fikirlerine saygı duymayı öğrenir ve arkadaşlarıyla ortak bir görüşe sahip olma becerisi kazanırlar. Gruplar halinde oluşturulan modellerde öğrenciler problem durumunu anlama, basitleştirme, matematikselleştirme, matematiksel çalışma, çözüm önerisini yorumlama ve doğrulama becerilerini ve bu becerilere dayalı alt becerileri geliştirirler. Problem durumunu anlama aşamasında öğrenciler gerçek yaşam problemlerini geçmiş deneyimlerine dayanarak açıklama, okuma, anlama ve yorumlama becerilerini kullanma, grafik ve tablo oluşturma gibi çeşitli beceriler üzerinde çalışırlar (Kaygısız ve Aysin-Şenel, 2023). Modelleme etkinlikleri öğrencilere matematiği günlük yaşamlarında etkili bir şekilde kullanmaları, matematiği gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirmeleri, karşılaştıkları problemlere farklı çözümler üretebilmeleri ve analitik düşünebilmeleri için çeşitli fırsatlar sunar (Blum ve Niss, 1991; English ve Watters, 2004; Lesh ve Doerr, 2003) Aslında bu şekilde matematiksel modelleme öğrencilere matematiksel kavramları vurgulayan bir anlayış kazandırır (Doğan vd, 2019; Kertil ve Gürel, 2016; Sriraman ve Lesh, 2006). Matematiksel modelleme etkinlikleri mevcut mühendislik ve matematik müfredatına kolaylıkla entegre edilebilir (Hallström ve Schönborn, 2019; Kertil ve Gürel, 2016). Matematiksel modellemenin günlük yaşam problemlerini içermesi (Bliss vd, 2016), öğrencilerin kendileriyle ilgili içerikleri öğrenerek motivasyonlarını artırma (Kim vd., 2015), matematiği öğrenmelerine yardımcı olarak matematiksel yeterliliklerini artırma (Sokolowski 2015; Young vd., 2011) ve öz yeterlilik kazanmalarını sağlama (Schukajlow vd., 2012) gibi güçlü yönleri bulunmaktadır. Czocher ve diğerleri (2021) matematiksel modellemenin bu güçlü yönlerinin STEM'in ana disiplinlerinde gerekli öncüller olduğunu belirtmiştir. Suh ve Han (2019) matematiksel modelleme içeren bir fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) projesinin üniversite öğrencilerinin sürdürülebilirlik konusundaki yetkinliklerini nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışma sonucunda, STEM projesini tamamlayan öğrenciler, matematiksel modellemeyi mevcut durumlarını tanımak, gelecekteki toplumsal değişiklikleri tahmin etmek ve mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını dengelemek için olasılıkları belirlemek için yararlı bir araç olarak algılamışlardır. Armutçu ve Bal (2023) STEM eğitimi kapsamında matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin matematiksel modelleme becerilerine etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda STEM eğitimi bağlamında gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin matematiksel modelleme becerilerini olumlu yönde geliştirdiği, bu öğrencilerin disiplinler arası farklı bakış açıları kazandıkları, düşünme becerilerinde olumlu gelişmeler yaşandığı, öğrencilerin grup çalışmalarına daha kolay uyum sağladıkları ve mühendislik ve teknolojiye olan ilgilerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda matematiksel modellemeyi, öğrencilere öğrenme sürecinde günlük hayatlarında karşılaşılabilecekleri problem durumlarına aktif olarak çözüm üretme fırsatı veren, öğrencilerin problem becerilerini geliştiren, öğrencilere birbirlerine saygı duyarak ortak görüş alabilme becerisi kazandıran, 21. yüzyılın gündeminde olan STEM becerilerini destekleyen, 21. yüzyıl problemlerine güncel bir bakış açısıyla bakan ve güncelliğini korumaya devam edeceğini düşündüğümüz bir öğretim yöntemi olarak tanımlayabiliriz. Bu nedenle çalışmamızda matematiksel modellemenin önemini vurgulamak ve çalışmaların güncelliğini nicel verilerle ortaya koymak amacıyla bibliyometrik analiz gerçekleştirilmiştir.

Bibliyometrik analiz, belirli bir bilimsel veya teknik konunun doğasını ve etkisini anlamak için yayınlanmış araştırma makalelerinde, konferans bildirimlerinde ve diğer kaynaklarda yer alan büyük miktarda bilgiyi kullanan sistematik bir incelemedir. Bu değerlendirme yaklaşımı, bilim, teknoloji, tıp ve sosyal bilimler gibi birçok alanda araştırma ve geliştirme eğilimlerini incelemek, önde gelen yazarları ve kurumları belirlemek, araştırma girişimlerinin etkisini değerlendirmek ve çeşitli disiplinlerin ilerlemesini izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ioseliani vd., 2023). Bornmann ve Mutz'a (2015) göre bibliyometrik analiz, belirli bir araştırma alanının etkisini belirlemek veya değerlendirmek

için yayın sayısı, atıflar ve yazar sayısı gibi nicel ölçütleri kullanarak literatürü analiz etme yöntemidir ve bu araştırma yönteminin beş aşaması vardır (Setyaningsih vd., 2018; Tranfield vd., 2003).



Şekil 1. Bibliyometrik analiz yöntemi Beş adımlı bibliyometrik analiz yöntemi (Hudha vd., 2020)

Şekil 1, Hudha ve diğerleri (2020) tarafından bibliyometrik analiz için belirtilen beş adımı göstermektedir. Bibliyometrik analizin ilk aşamasında araştırma konusuna uygun literatür taraması yapılarak uygun anahtar kelimeler belirlenir. İkinci aşama, belirli özelliklere göre belirlenen ilk sonuçları içerir. Üçüncü aşama, arama sonuçlarının filtrelenerek ilk arama sonuçlarının iyileştirilmesi sürecidir. Dördüncü aşama, toplanan verilerin bir dosya olarak kaydedilmesini, eksik verilerin belirlenmesini ve verilerin sınıflandırılmasını içerir. Analizin son aşaması ise elde edilen nihai verilerin analizini ve raporlanmasını içermektedir.

Sonuç olarak, bibliyometrik analiz ile matematiksel modelleme konusunda hangi alanlarda çalışmaların arttığı, hangi yazarların daha popüler olduğu ya da hangi alt alanlarda daha fazla ihtiyaç duyulduğu tespit edilebilmektedir. Bu analizlerin sonuçları araştırmacılara belirli konularda yeni yaklaşımlar geliştirmeleri ya da mevcut problemlere odaklanmaları konusunda yol gösterebilmekte, bilimsel araştırmalarda daha etkin ve yönlendirici çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma matematiksel modelleme konusunda bibliyometrik analiz yoluyla güncel bir derleme çalışması sunmaya çalışarak mevcut literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır. Buna göre, matematiksel modelleme ile ilgili bilimsel yayınlar;

1. Yıllara göre dağılımı nasıldır?
2. Yayın dillerine göre dağılımı nasıldır?
3. Yazar başına düşen makale sayısına göre dağılımı nasıldır?
4. Kurumlara veya üniversitelere göre dağılımı nasıldır?
5. Dergilere göre dağılımı nasıldır?
6. Ülkelere göre dağılımı nasıldır?
7. Yazar ortak atıf ağı nasıldır?
8. Yazarların bağlı oldukları kurum veya üniversitelere göre ortak yazarlık ağı nasıldır?
9. Bölgelere veya ülkelere göre ortak yazarlık ağı nasıldır?
10. Ortak atıf yapılan yazarlara göre dağılımı nasıldır?
11. Ortak atıf yapılan kaynaklara göre dağılımı nasıldır?
12. En sık kullanılan ortak yazarlık anahtar kelimeler nelerdir?

2. Yöntem

2.1. Araştırma Modeli

Betimsel araştırma deseninin kullanıldığı bu çalışmada matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmaların bibliyometrik harita analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bibliyometrik analiz, belirli bir alandaki yayınların o yıllardaki yayın sayısı, en çok çalışılan konular, en çok katkı sağlayan kurumlar, anahtar kelimeler gibi belirli özelliklerini analiz eder (Çiftçi vd., 2016).

2.2. Veri Toplama

Matematiksel modelleme ile ilgili bilimsel çalışmaların bibliyometrik harita analizi doğrultusunda bilim dünyasında yaygın ve kabul gören Web of Science (WoS) veri tabanına ulaşılmış ve ilk olarak başlıkta "matematiksel modelleme ve matematiksel modelleme" anahtar kavramı yazılarak 443026 çalışmaya ulaşılmıştır. Araştırmada güncel yayınların incelenmesi amaçlandığından araştırma son 10 yıl (2013-2023) ile sınırlandırılmıştır. Bu sınırlama sonucunda 265450 yayına ulaşılmıştır. Son aşama olarak araştırmayı eğitim alanına indirgemek amacıyla WoS veri tabanından eğitimle ilgili kategoriler (Education Educational Research, Education Scientific Disciplines, Education Special) seçilmiş ve sonuç olarak 4576 yayın tespit edilmiştir. Buna göre çalışma kapsamındaki ilgili yayınlar için dahil etme-dışlama kriterleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Dahil Etme – Hariç Tutma Kriterleri

Dahil Etme Kriterleri		
Birinci Aşama	Veritabanı	WoS (Web of Science Core Collection)
	Dizin	Hepsi
	Tarih	24.12.2023
	Anahtar Kavramlar	Matematiksel Modelleme, Eğitim
	Sonuç	443 026
Hariç Tutma Kriterleri		
İkinci Aşama	Yıl	Geçen 10 yıl
Üçüncü Aşama	Kategori	3329 Eğitim / Eğitim Araştırması
		1500 Eğitim / Bilimsel Disiplinler
		103 Özel Eğitim
	Sonuç	4576

Tablo 1'e göre araştırmaya bilimsel yayınların dahil edilme ve dışlanma kriterleri verilmiştir.26.12.2023 tarihinde yapılan taramada 2013 yılı ve sonrasında ilgili anahtar ve kriterleri kapsayan toplam 4576 çalışma tespit edilmiştir. Bu yayınların 2900'ü bilimsel makale, 1620'si bildiri, 180'i kitap bölümü, 130'u erken erişim ve 35'i derleme makaledir.

2.3. Veri Analizi

Çalışmada seçilen kriterlere göre WoS veri tabanından elde edilen 4576 çalışmanın ilk betimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin ardından bilimsel yayınlar araştırmanın alt problemlerine göre betimsel olarak analiz edilmiş ve ilgili görseller sunularak açıklamalar yapılmıştır. Elde edilen veriler daha sonra VOSviewer programına kaydedilerek atıf sayıları, ortak atıf, ortak yazarlık, ortak varoluş, bibliyografik eşleştirme analiz türlerine göre yazarlara, kurumlara ve ülkelere göre analiz edilmiştir. Buna göre verilerin analiz kriterleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Veri Analizinde Kullanılan Analiz Türü, Birim ve Sayım Yöntemi

Analiz Türü	Analiz Birimi	Sayım Yöntemi
Ortak Yazarlık	Yazarlar	Tam Sayım
	Ülkeler	
	Kuruluşlar	
Ortak Atıflar	Atıf Yapılan Yazarlar	Tam Sayım
	Atıf Yapılan Referanslar	
Ortak (Çakışan) Kavramlar	(Anahtar Kelimeler)	

2.4. Araştırma ve Yayın Etiği

Çalışmada, Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi'nde belirtilen tüm kurallara uyulmuş ve yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığının 2. bölümünde yer alan eylemlerin hiçbirisi gerçekleştirilmemiştir.

2.4.1. Etik Kurul İzni

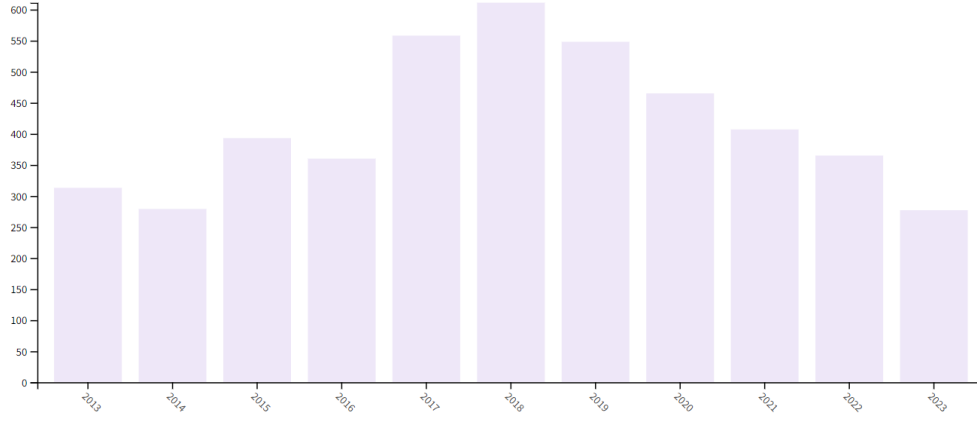
Söz konusu bilimsel çalışma kapsamında hiçbir şekilde hiçbir canlıdan veri elde edilmediği için herhangi bir etik kurul kararına gerek duyulmamıştır.

3. Bulgular

Bu bölümde WoS veri tabanından elde edilen veriler ve VOSviewer programı ile elde edilen bulgular sunulmaktadır.

3.1. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Eğitim alanı ile ilgili anahtar kavramları içeren matematiksel modelleme konusundaki bilimsel yayınların yıllara göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

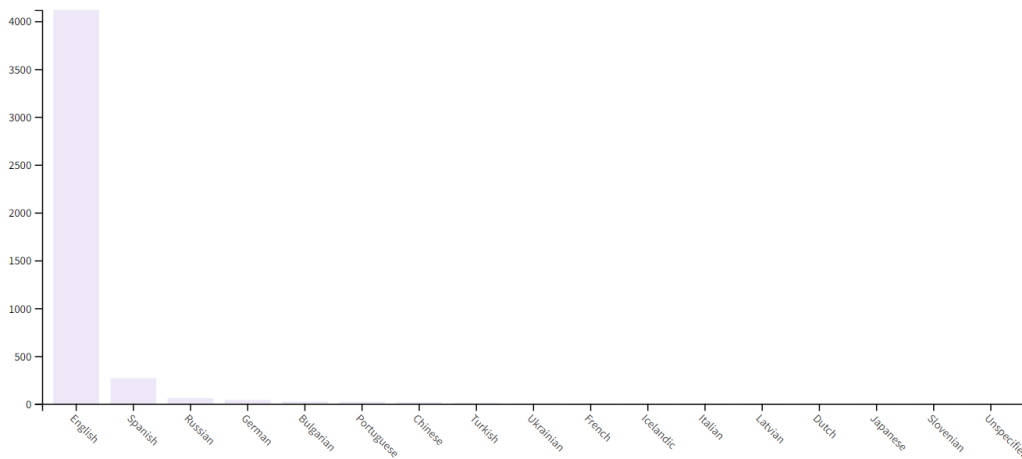


Şekil 2. Matematiksel Modelleme Alanındaki Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Şekil 2 incelendiğinde matematiksel modelleme ile ilgili en fazla yayının 2018 yılında (611), en az yayının ise 2014 yılında (279) yapıldığı görülmektedir. Şekil 2 incelendiğinde matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların 2018 yılına kadar arttığı, bazı yıllarda düşüşler yaşansa da 2018 yılından sonra matematiksel modelleme ile ilgili yayınların azaldığı görülmektedir. 2018 yılından sonra yayın sayısında azalma olsa da son yıllarda yapılan yayın sayısının az olmadığını söyleyebiliriz.

3.2. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Yayın Dillerine Göre Dağılımı

Eğitim alanı ile ilgili anahtar kavramları içeren matematiksel modelleme konulu bilimsel yayınların dağılımı Şekil 3'te verilmiştir.

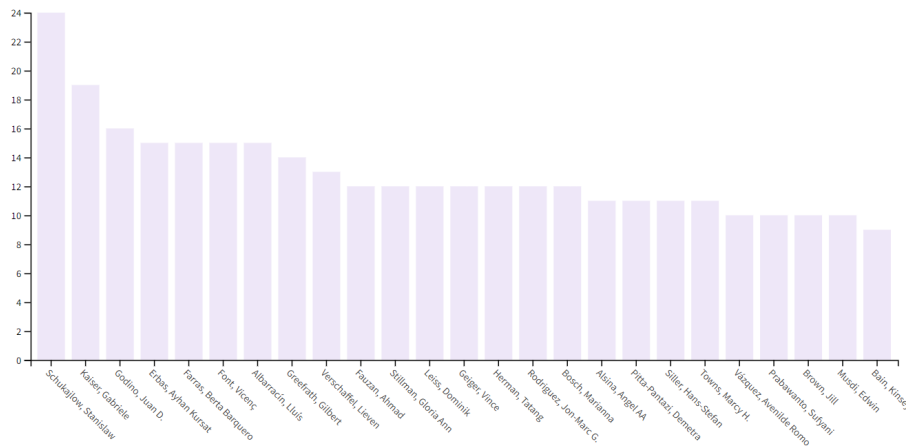


Şekil 3. Matematiksel Modelleme Konusunda Yapılan Yayınların Dillere Göre Dağılımı

Şekil 3 incelendiğinde matematiksel modelleme konusunda en fazla yayının 4117 yayın ile İngilizce olduğu görülmektedir. Daha sonra İspanyolca 268, Rusça 59, Almanca 40 yayın bulunmakta ve diğer dillerde neredeyse hiç yayın bulunmamaktadır. İngilizce evrensel bilim dili olarak kabul edildiği için İngilizce yayınların daha fazla olduğu düşünülmektedir.

3.3. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Yazar Başına Makale Sayısına Göre Dağılımı

Eğitim alanı ile ilgili anahtar kavramları içeren matematiksel modelleme konulu bilimsel yayınların yazarları tarafından yazılan makale sayılarının dağılımı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Matematiksel Modelleme Alanındaki Yayınların Yazar Başına Makale Sayısına Göre Dağılımı

Şekil 4'te WoS veri tabanında ilgili anahtar kavramları içeren yayınlara bulunan 10387 yazardan 25'i verilmiştir. Web of Science (WoS) veri tabanında görselleştirme işlemi en fazla 25 veri ile sınırlıdır. Araştırmada yer alan 10387 yazar (WoS) veri tabanında liste halinde sunulmaktadır. Bu nedenle, araştırmada daha fazla verinin gösterilebilmesi için en yüksek gösterim değeri seçilmiştir. Buna göre Şekil 4 incelendiğinde bu alanda en fazla yayını olan yazarın 24 makale ile Münster Üniversitesi'nden Stanislaw Schukajlow olduğu görülmektedir. Gabrielle Kaiser 19 makale ile ikinci sırada, Juan D. Godino ise 16 makale ile üçüncü sırada yer almaktadır. Yayınlanan makalelere katkıda bulunan diğer yazarlar 2 ila 15 arasında değişen yayın sayılarıyla listelenmiştir.

3.4. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Kurumlara veya Üniversitelere Göre Dağılımı

Eğitim alanıyla ilgili anahtar kavramları içeren matematiksel modelleme konulu bilimsel yayınların yazarlarının kurum veya üniversitelere göre dağılımı Şekil 5'te verilmiştir.



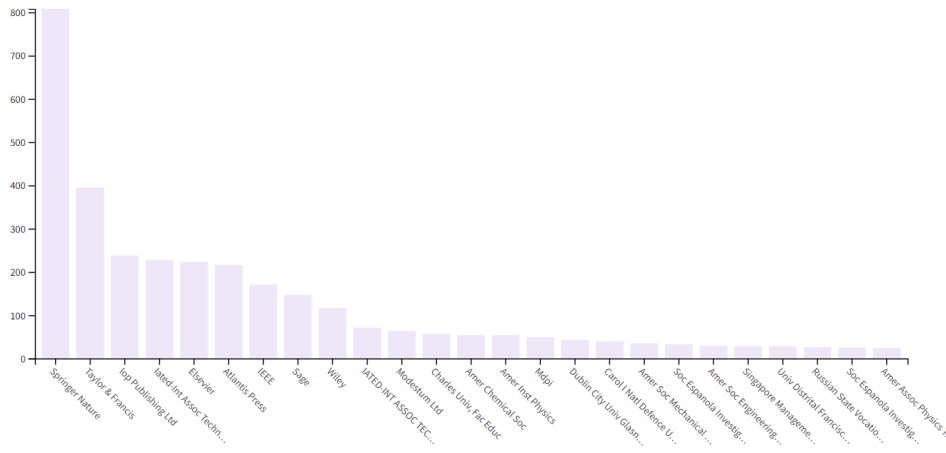
Şekil 5. Matematiksel Modelleme Konulu Yayınların Yazarlarının Bağlı Buldukları Kurum veya Üniversitelere Göre Dağılımı

Şekil 5'te WoS veri tabanında ilgili anahtar kavramları içeren verilerin sonuçlarına göre matematiksel modelleme konusunda yayınlara bulunan yazarların bağlı olduğu 3280 kurum veya üniversiteden 25'i yer almaktadır. Web of Science (WoS) veri tabanında görselleştirme işlemi en fazla 25 veri ile sınırlıdır. Araştırmada yer alan 3280 kurum veya üniversite (WoS) veri tabanında liste halinde sunulmaktadır. Bu

nedenle, araştırmada daha fazla verinin gösterilebilmesi için en yüksek gösterim değeri seçilmiştir. Buna göre Şekil 5 incelendiğinde bu alanda en fazla bilimsel yayının 91 yayın ile Universitas Pendidikan Indonesia'da çalışan yazarlar tarafından yapıldığı görülmektedir. İkinci sırada 75 yayımla Ukrayna Eğitim Bilimleri Bakanlığı ve üçüncü sırada 56 yayımla Purdue Üniversitesi, Purdue Üniversite Sistemi ve Purdue Üniversitesi Batı Lafayette Kampüsü gelmektedir. Tabloda, ilgili alana katkı sağlayan yazarların bağlı oldukları diğer kurum veya üniversitelerin de 4 ila 53 arasında değişen sayıda makale ile alana katkı sağladıkları görülmektedir. Türkiye'deki üniversiteler arasında Orta Doğu Teknik Üniversitesi 27, Gazi Üniversitesi 22, Hacettepe Üniversitesi 18 ve Marmara Üniversitesi 18 yayımla alana katkı sağlamıştır..

3.5. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Dergilere Göre Dağılımı

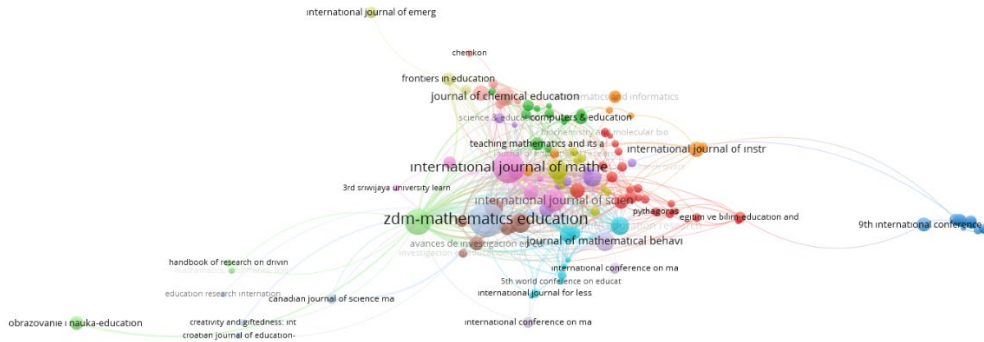
Eğitimle ilgili anahtar kavramları içeren matematiksel modelleme konulu bilimsel yayınların, dergilere veya dergilerin bağlı olduğu yayın gruplarına göre dağılımı Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Matematiksel Modelleme Alanındaki Yayınların Dergilere veya Dergilerin Bağlı Bulunduğu Yayın Gruplarına Göre Dağılımı

Şekil 6'da WoS (Web of Science) veri tabanında matematiksel modelleme eğitimi ile ilgili anahtar kavramları içeren bilimsel yayınların dergilere veya dergilerin bağlı olduğu yayın gruplarına göre dağılımını gösteren 25 veri sunulmuştur. Şekil 6 incelendiğinde matematiksel modelleme alanında en fazla bilimsel makalenin 808'inin Springer Nature'a ait dergilerde yayımlandığı tespit edilmiştir. Taylor ve Francis grubundaki dergiler 395 makale ile ikinci sırada yer alırken, IOP Publishing Ltd. dergileri 238 makale ile üçüncü sırada yer almaktadır.

Şekil 7'deki ağ görselleştirme haritası, dergiler arasındaki işbirliğinin gücünü göstermektedir. Çizgilerin kalınlığı işbirliğinin gücünü yansıtırken, dairelerin boyutu makale sayısını temsil etmektedir. Ayrıca, renkler dergiler arasındaki işbirliği kümelerini göstermektedir.

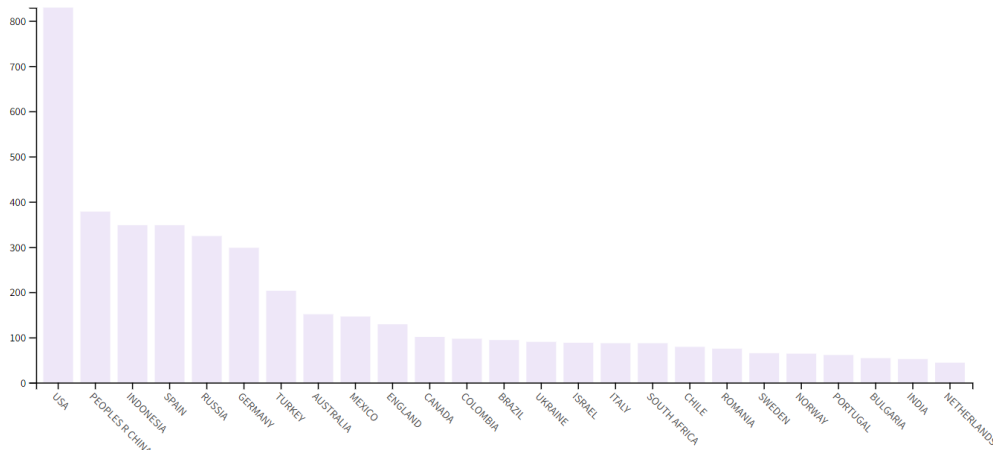


Şekil 7. Matematiksel Modelleme Alanındaki Bilimsel Yayınların Yayımlandığı Dergilere İlişkin Ağ Görselleştirme Haritası

Şekil 7'de sunulan ağ görselleştirme haritası VOSviewer yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu haritada her derginin en az 5 makale ile temsil edildiği ve 1000 dergiden 216'sının bu kriteri karşıladığı tespit edilmiştir. Ancak bu 216 dergiden sadece 130'unun diğer dergilerle yayın ilişkisi olduğu görülmektedir. Şekil 7'ye göre 14 farklı kümeyi temsil eden bir ağ yapısı ortaya çıkmıştır. Dergilerin genel olarak birbirleriyle güçlü ilişkiler içinde olduğu görülmektedir.

3.6. Matematiksel Modelleme Alanındaki Bilimsel Yayınların Ülkelere Göre Dağılımı

Eğitimle ilgili anahtar kavramlar da dahil olmak üzere matematiksel modelleme konusundaki bilimsel yayınların bölge veya ülkelere göre dağılımı Şekil 8'de sunulmuştur.

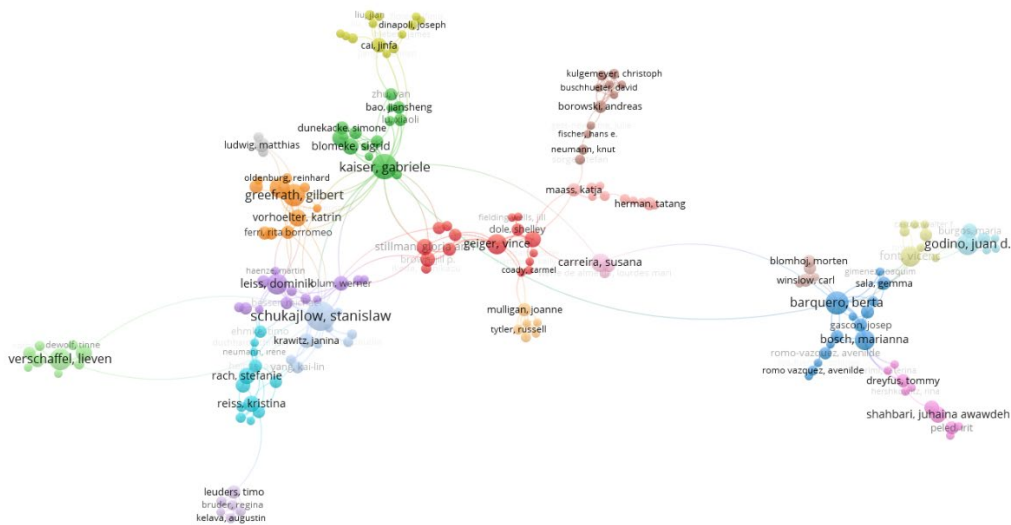


Şekil 8. Matematiksel Modelleme Konulu Yayınların Yayınlandığı Bölge veya Ülkeye Göre Dağılımı

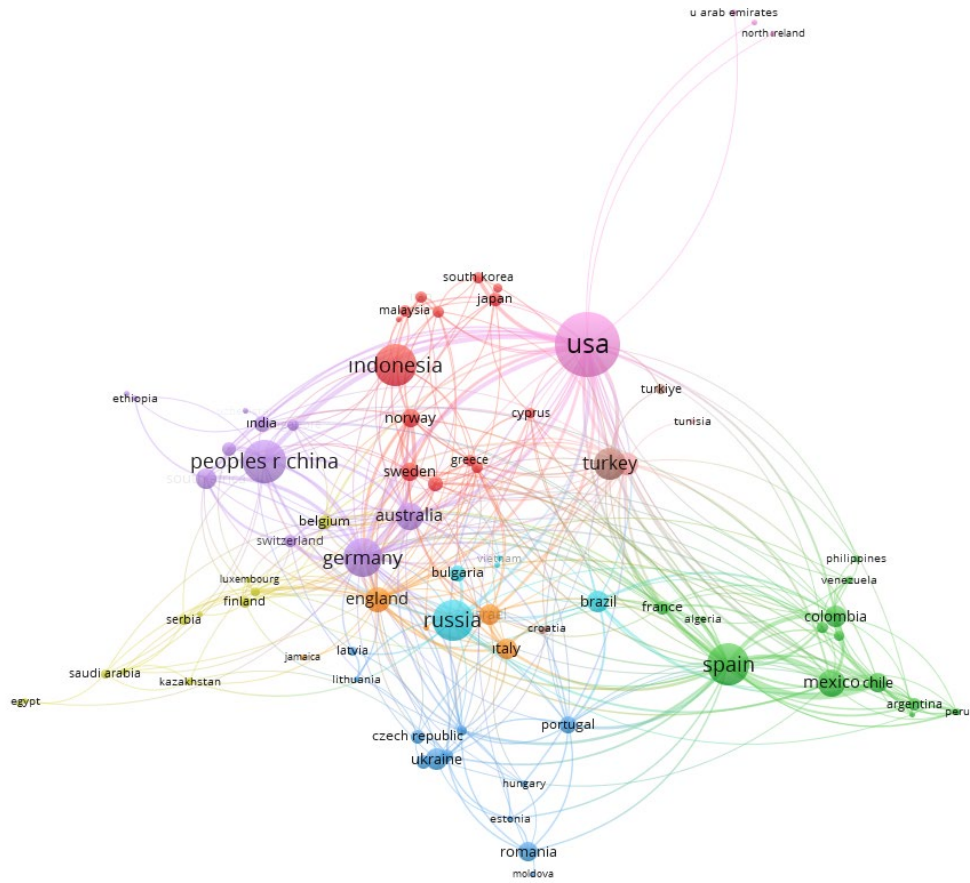
Şekil 8'de, matematiksel modelleme ile ilgili anahtar kavramları içeren yayınların kaynaklandığı 117 bölge veya ülkeden sadece 25'inin WoS veri tabanında sunulduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda, en çok bilimsel yayının 829'unun ABD'de yayınlandığı tespit edilmiştir. Çin 378 yayımla ikinci sırada yer alırken, Endonezya 348 ve İspanya 203 yayımla sırasıyla üçüncü ve dördüncü sırada yer aldı. Ayrıca şekilde yer almamasına rağmen Türkiye'nin 203 yayımla, diğer ülkelerin ise 1 ile 324 arasında değişen yayın sayılarıyla alana katkı sağladığı görülmüştür.

3.7. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Yazar Ortak Atıf Ağı

Şekil 9'daki ağ görselleştirme haritası yazarların işbirliği gücünü temsil etmektedir. Çizgilerin kalınlığı işbirliği miktarını yansıtırken, dairelerin boyutu yayın sayısını temsil etmektedir. Renkler yazarların işbirliği kümesini göstermektedir.



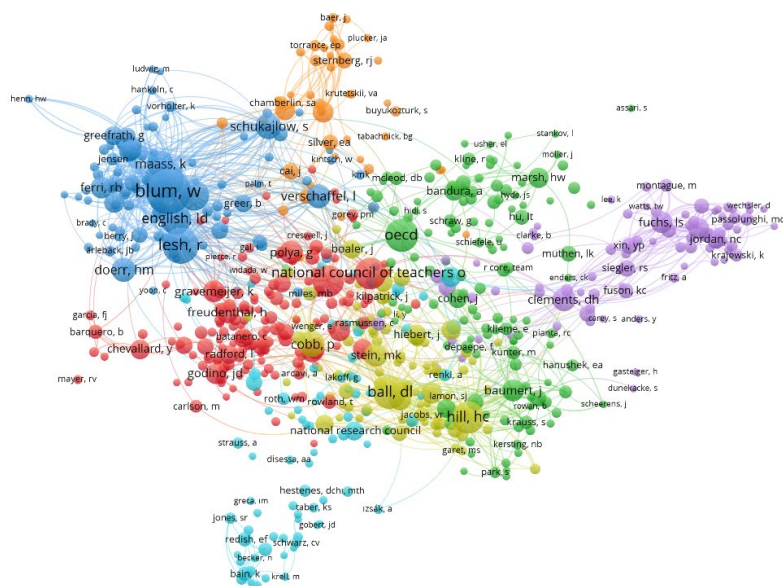
Şekil 9. Matematiksel Modelleme Konulu Yayınların Yazarlarının Ortak Yazarlığını Gösteren Ağ Görüntüsü



Şekil 11. Yayınların Bölge veya Yazar Ülkesine Göre Ortak Yazarlığını Gösteren Ağ Görüntüsü

3.10. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Ortak Atıf Yapılan Yazarlara Göre Dağılımı

Şekil 12'deki ağ görselleştirme haritası, yazarların yayınlarında ortak atıf yapılan yazarlara göre dağılımın işbirliği gücünü göstermektedir. Çizgilerin kalınlığı işbirliği miktarını temsil ederken, dairelerin boyutu her bir yazarın yayın sayısını temsil etmektedir. Renkler işbirliği kümesini göstermektedir.

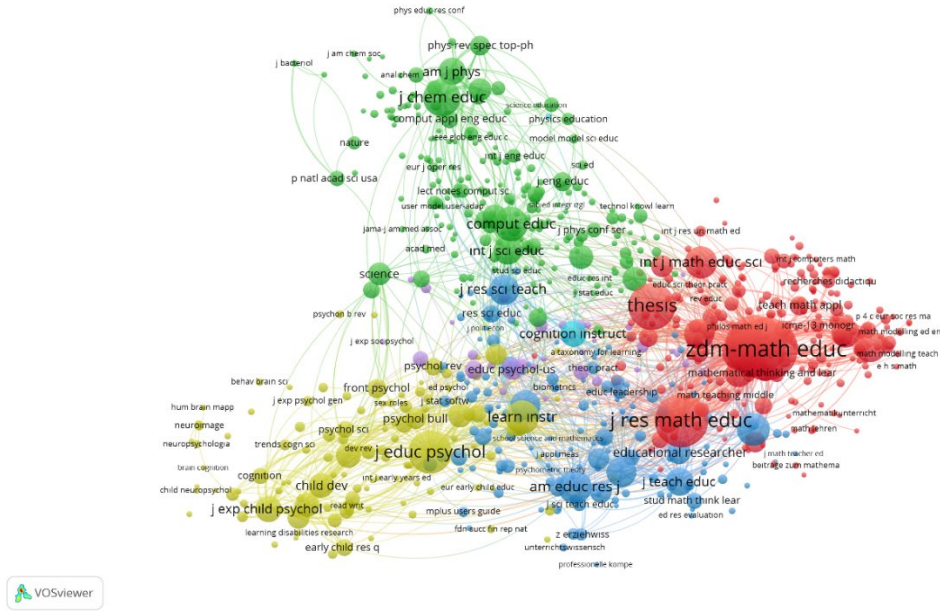


Şekil 12. Atıf Yapılan Yazarların Ortak Atıflarını Gösteren Ağ Görüntüsü

Şekil 12'deki ağ görselleştirme haritası, yazarların yayınlarında ortak atıf yapılan diğer yazarlara göre dağılımını göstermektedir. Bu haritada 59574 yazardan 705'inin en az 20 yazar atfı kriterini karşıladığı tespit edilmiştir. Yeşil, sarı, kırmızı, mavi, mor, turuncu ve açık mavi olmak üzere yedi farklı küme gözlenmektedir. En çok ortak atıf alan yazarlar arasında Blum (692 atıf), Kaiser (527 atıf) ve Lesh (450 atıf) öne çıkmaktadır.

3.11. Matematiksel Modelleme Konulu Bilimsel Yayınların Sık Atıf Yapılan Kaynaklara Göre Dağılımı

Şekil 13'teki ağ görselleştirme haritası, yayınların ortak alıntı yaptığı kaynaklara göre dağılımın işbirlikçi gücünü göstermektedir. Web of Science (WoS) veri tabanında belirlenen dergilerin isimleri VOSviewer programında kısaltılmıştır. Çizgilerin kalınlığı kaynaklar arasındaki etkileşimin gücünü yansıtırken, dairelerin boyutu her bir kaynağın kullanım sayısını temsil etmektedir. Renkler anahtar kelime kümesini göstermektedir.



Şekil 13. Ortak Atıf Yapılan Kaynakların Yayınlar Göre Dağılımını Gösteren Ağ Görüntüsü

Atıfta bulunan kaynakların ortak atıfta bulunması açısından, her bir kaynağın en az 20 atıfta bulunması koşuluyla, 48061 kaynaktan 766'sının bu kriteri karşıladığı tespit edilmiştir. En az 20 atıfta bulunması kriteri, yalnızca belirli bir etki ve önem düzeyine ulaşmış yayınların dikkate alınmasını sağlar. 20 atıf eşiği, bir yayın veya kaynak için yeterli bir akademik tanınırlık seviyesini temsil etmekte olup daha az atıfa sahip olan yayınlar, araştırma alanındaki etkilerini yeterince göstermeyebilir. Bu sayede daha anlamlı ve temsilci bir ağ görseli oluşturularak, ortak atıf ilişkilerinin ve işbirliklerinin daha doğru bir şekilde analiz edilmesine olanak tanınmaktadır. Ayrıca bu yöntem, araştırma alanındaki eğilimlerin ve ortak yazarlık ilişkilerinin daha derinlemesine incelenmesini sağlamaktadır. Şekil 13'te sunulan ağ görselleştirme haritasında bu 766 kaynağın 6 farklı kümeye ayrıldığı görülmektedir. Bu harita, yayınlar arasındaki ilişkinin güçlü olduğunu ve yakınlığın önemli olduğunu vurgulamaktadır. En çok ortak atıf alan kaynaklar ZDM - Matematik Eğitimi (2586 atıf), Matematikte Eğitim Çalışmaları (2393 atıf), Matematik Eğitimi Araştırmaları Dergisi (1862 atıf)'dir.

3.12. Matematiksel Modelleme ile İlgili Bilimsel Yayınlar En Sık Kullanılan Anahtar Kelimeler

Şekil 14'teki ağ görselleştirme haritası, ilgili yayınlarda en sık kullanılan anahtar kelimeleri ve bu kelimeler arasındaki ilişkileri göstermektedir. Bu haritada çizgilerin kalınlığı kullanılan anahtar kelimeler arasındaki etkileşimin gücünü, dairelerin büyüklüğü ise her bir anahtar kelimenin kaç kez kullanıldığını temsil etmektedir. Ayrıca renkler, anahtar kelimelerin ait olduğu kümeyi göstermektedir.

sayısındaki azalma bu alandaki araştırmaların hala devam ettiği ve alana önemli katkılar yapıldığı anlamına gelmektedir (Erdoğan, 2019; Kaygısız ve Aysın-Şenel, 2023). Ayrıca matematiksel modelleme ile ilgili yayınların büyük çoğunluğunun İngilizce yapıldığı görülmektedir. Bu da İngilizcenin bilimsel iletişimde hala önemli bir rol oynadığını ve bu alandaki araştırmacıların genellikle uluslararası bir kitleye hitap ettiğini göstermektedir. Diğer dillerdeki yayın sayısının azlığı ise bu alandaki literatürün genellikle İngilizce olarak şekillendiğini vurgulamaktadır. Matematiksel modelleme alanında en fazla yayını olan yazarlar incelendiğinde Stanislaw Schukajlow öne çıkmaktadır. Bu durum, belirli araştırmacıların matematiksel modelleme alanında uzmanlaştığını ve çok sayıda çalışma yayınlayarak bu alana önemli katkılarda bulunduğunu göstermektedir (Tekin Dede ve Bukova Güzel, 2023a). Ayrıca, yazar başına düşen makale sayısındaki geniş dağılım, bu alandaki araştırmacıların farklı yoğunluklarda çalıştığını ve çeşitli konularda uzmanlaştığını göstermektedir (Kaiser, 2020; González-Martín vd. 2021).

Matematiksel modelleme konusundaki yayınların üniversitelere göre dağılımı incelendiğinde öne çıkan üniversitelerin genellikle uluslararası tanınırlığı olan kurumlar olduğu görülmektedir (Universitas Pendidikan Indonesia, Ministry of Education Science of Ukraine, Purdue University ve Purdue University West Lafayette Campus). Bu da önde gelen üniversitelerin bu alandaki araştırmalara öncülük ettiğini ve önemli katkılarda bulunduğunu göstermektedir. Türkiye'deki bazı üniversiteler de (ODTÜ, Gazi, Hacettepe ve Marmara) bu alanda aktif olarak yer almaktadır (Birgün ve Öztürk, 2021; Öztürk, 2023).

Springer Nature, Taylor v Francis ve Iop Publishing Ltd. gibi büyük yayınevlerinin ön planda olduğu görülmektedir (Çetin vd., 2023; McPherson vd., 2022). Yapılan bibliyometrik analizde de matematiksel modelleme ile ilgili yayınların bu büyük yayınevlerinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bu da söz konusu yayıncıların bu alanda önemli bilimsel yayınlara sahip olduğunu ve bu yayınlara yoğun bir ilgi olduğunu göstermektedir. Ayrıca ağ görselleştirme haritası, dergiler arasındaki işbirliği ve bağlantıları göstererek bu alandaki yayın ağına ışık tutmaktadır.

Matematiksel modelleme ile ilgili yapılan yayınlarda ABD'nin önde gelen ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir (Dündar, 2023). Yapılan bibliyometrik analizde de matematiksel modelleme ile ilgili yayınlarda önde gelen ülkenin ABD olduğu gözlenmiştir. Ayrıca Çin, Endonezya ve İspanya gibi ülkelerin de önemli katkı sağladığı görülmektedir. Yazarlar arasındaki ortak atıf ağı bağlı oldukları kurumlara/üniversitelere göre incelendiğinde, farklı yazar gruplarının ve belirli kurumların birbirleriyle sıklıkla etkileşim içinde oldukları ve ortak çalışmalar yürüttükleri görülmektedir. Bu durum, belirli kurumların bu alandaki araştırmalarda birlikte çalışma ve ortak projeler yürütme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, matematiksel modelleme alanındaki bu bibliyometrik haritalama çalışması, bu alandaki araştırmalara genel bir bakış sağlamaktadır. Bulgular, matematiksel modelleme literatüründeki eğilimleri, yoğunlaşmaları ve önemli aktörleri anlamamıza yardımcı olmaktadır. Matematiksel modelleme, eğitim alanında önemli bir konudur ve bu analiz, gelecekteki araştırmacılara konuyla ilgili literatürü anlama ve daha fazla gelişme için potansiyel fırsatları belirleme konusunda rehberlik edebilecek önemli bilgiler sağlar. Ancak bu çalışma sadece belirli bir zaman dilimini kapsamaktadır ve bu alandaki dinamiklerin daha iyi anlaşılabilmesi için gelecekteki araştırmaların daha kapsamlı olabilir. Gelecekteki araştırmaların STEM alanında matematiksel modellemenin kullanımına daha fazla odaklanması da önerilmektedir. Buna ek olarak, farklı ülkeler ve kültürler arasındaki yaklaşımları anlamak için uluslararası iş birliklerinin artırılması önemlidir. Bu çalışmanın sınırlılıkları göz önüne alındığında, gelecekteki araştırmaların daha kapsamlı olması gerekmektedir.

Kaynakça

- Ärleback, J. B., Doerr, H. M., & O'Neil, A. M. (2013). A modeling perspective on interpreting rates of change in context. *Mathematical Thinking and Learning*, 15(4), 314–336.
- Armutcu, Y., & Bal, A. P. (2023). The Effect of Mathematical Modelling Activities on Students' Mathematical Modelling Skills in the Context of STEM Education. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 10(1), 42-55.

- Artigue, M., Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM The International Journal on Mathematics Education*, 45,797–810. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0506-6>
- Asempapa, R. S. (2022). Examining practicing teachers' knowledge and attitudes toward mathematical modeling. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 10(2), 272-292. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2136>
- A. Czocher, J., Melhuish, K., Kandasamy, S.S. et al. Dual Measures of Mathematical Modeling for Engineering and Other STEM Undergraduates. *Int. J. Res. Undergrad. Math. Ed.* 7, 328–350 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40753-020-00124-7>
- Birgin, O., & Öztürk, F. N. (2021). Türkiye’de Matematik Eğitimi Alanında Matematiksel Modelleme Çalışmalarına İlişkin Eğilimler (2010-2020): Tematik İçerik Analizi/Research Trends on Mathematical Modelling in Mathematics Education in Turkey (2010-2020): A Thematic Content Analysis. *e-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 12(5), 118-140.
- Bliss, K., Libertini, J., Levy, R., Zbiek, R. M., Galluzzo, B., Long, M., et al. (2016). *Guidelines for assessment and instruction in mathematical modeling education. USA: Consortium for Mathematics and Its Applications, Society for Industrial and Applied Mathematics.*
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, y S. Khan. *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics*, 222-231.
- Blum, W., & Ferri- Borromeo, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45-58.
- Blum, W. & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, application and links to other subjects-state, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37-68. <https://doi.org/10.1007/BF00302716>
- Bornmann, L., & Mutz, R. (2015). Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(11), 2215-2222. <https://doi.org/10.1002/asi.23329>
- Czocher, J. A. (2017) Mathematical modeling cycles as a task design heuristic. *The Mathematics Enthusiast*, 14(1), pp. 129-140.
- Çakmak GÜrel, Z., & Bekdemir, M. (2022). The Teacher and Peer Intervention for Pre-service Mathematics Teachers on the Validity of Mathematical Models. *Pedagogical Research*, 7(2), em0120. doi:10.29333/pr/11800
- Çavuş Erdem, Z., Doğan, M. F., Gürbüz, R. ve Şahin, S. (2017). Matematiksel modellemenin 499 öğretim araçlarına yansımaları: Ders kitabı analizi. *Adıyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 61-86.
- Çiftçi, Ş. K., Danişman, Ş., Yalçın, M., Tosuntaş, Ş. B., Ay, Y., Sölpük, N., ve Karadağ, E. (2016). Map of scientific publication in the field of educational sciences and teacher education in Turkey: A bibliometric study. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16, 1097-1123.
- Derin, G., & Aydın, E. (2020). Matematik öğretmeni eğitiminde STEM-matematiksel modelleme birlikteliğinin problem çözme ve modelleme becerilerine etkisi. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 37, 93-121.
- Didiş Kabar, G., & İnan Tutkun, M. (2021). Investigating middle school mathematics teachers' implementation process of a mathematical modelling problem: planning of implementation and teacher interventions. *International Journal of Educational Studies in Mathematics*, 8(2), 98-123. doi:10.17278/ijesim.878364

- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z., & Şahin, S. (2019b). Using mathematical modeling for integrating STEM disciplines: A theoretical framework. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 10(3), 628-653
- Durandt, R., & Lautenbach, G. (2020). Strategic support to students' competency development in the mathematical modelling process: A qualitative study. *Perspectives in Education*, 38(1), 211-223. <http://dx.doi.org/10.18820/2519593X/pie.v38i1.15>
- Dündar, R. K. (2023). *Matematiksel modelleme. Matematik ve fen bilimleri eğitiminde yeni yaklaşımlar*.
- English, L. D. & Watters, J.J. (2004). *Mathematical modelling with young children*. In M. J. Hoines & A. B Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 335-342.
- Erdem, Z. Ç., Doğan, M. F., & Gürbüz, R. (2021). Ortaokul öğrencilerinin disiplinler arası matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 10(4), 1763-1788.
- Erdoğan, F. (2019). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme özyeterliliklerinin belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 118-130.
- González-Martín, A. S., Gueudet, G., Barquero, B., & Romo-Vázquez, A. (2021). Mathematics and other disciplines, and the role of modelling: advances and challenges. *Research and Development in University Mathematics Education*, 169-189.
- Hänze, M., Leiss, D. (2022). Using heuristic worked examples to promote solving of reality-based tasks in mathematics in lower secondary school. *Instr Sci* 50, 529–549 <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09583-8>
- Hallström, J., Schönborn, K.J. Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *IJ STEM Ed* 6, 22 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>
- Hudha, M. H., Hamidah, I., Permanasari, A., Abdullah, A. G., Rachman, I., & Matsumoto, T. (2020). Low carbon education: A review and bibliometric analysis. *European Journal of Educational Research*, 9(1), 319-329. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.1.319>
- Ioseliani, A. D., Orekhovskaya, N. A., Svintsova, M. N., Panov, E. G., Skvortsova, E. M., & Bayanova, A. R. (2023). Bibliometric analysis of articles on digital educational environments. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), 426. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13100>
- Kaiser, G. (2020). Mathematical modelling and applications in education. *Encyclopedia of mathematics education*, 553-561.
- Kaygısız, İ. & Şenel, E. A. (2023). Investigating mathematical modeling competencies of primary school students: Reflections from a model eliciting activity. *Journal of Pedagogical Research*, 7(1), 1-24. <https://doi.org/10.33902/JPR.202317062>
- Kertil, M. (2008). Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kertil, M., & Gürel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 4(1), 44-55
- Kim, S.-I., Jiang, Y., & Song, J. (2015). *The effects of interest and utility value on mathematics engagement and achievement*. In K. A. Renninger, M. Nieswandt, & S. Hidi (Eds.), *Interest in mathematics and science learning* (63–78). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Lesh, R. A., & Doerr, H. M. (2003). *Foundations of models remodeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving*. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models remodeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (3-33). Lawrence Erlbaum Associates.

- McPherson, M., Monroe, J., Jurasz, J., Rowe, A., Hendriks, R., Stanislaw, L., ... & Grieco, J. (2022). Open-source modelling infrastructure: Building decarbonization capacity in Canada. *Energy Strategy Reviews*, 44, 100961.
- Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Matematik Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Öztürk, H. (2023). Kareye Tamamlama Yöntemi ve Aritmetik-Geometrik Ortalama Eşitsizliğiyle İki Aşamalı Tedarik Zinciri Modelinin Çözümü ve Analizi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*.
- Pollak, H. O. (2012). *Introduction: What is mathematical modeling?* In H. Gould., D. R. Murray & A. Sanfratello (Eds.), *mathematical modeling handbook*, (8-9). Consortium for Mathematics and Its applications.
- Sağiroğlu, D., & Karataş, İ. (2018). Matematik Öğretmenlerinin Matematiksel Modelleme Yöntemine Yönelik Etkinlik Oluşturma ve Uygulama Süreçlerinin İncelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 102-135. doi:10.17522/balikesirnef.506423
- Schukajlow, S., Liess, D., Pekrun, R., Blum, W., Müller, M., & Messner, R. (2012). Teaching methods for modelling problems and students' task-specific enjoyment, value, interest and self-efficacy expectations. *Educational Studies in Mathematics*, 79, 215–237.
- Schukajlow, S., Kolter, J. & Blum, W., (2015). Scaffolding mathematical modelling with a solution plan. *ZDM Mathematics Education*, 47, 1241–1254. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0707-2>
- Sokolowski, A. (2015). The effect of math modeling on student's emerging understanding. *The IAFOR Journal of Education*, 3(3), 142–156.
- Sriraman, B., & Lesh, R. A. (2006). Modeling conceptions revisited. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik-ZDM*, 38(3), 247-254.
- Setyaningsih, I., Indarti, N., & Jie, F. (2018). Bibliometric analysis of the term “green manufacturing”. *International Journal of Management Concepts and Philosophy*, 11(3), 315–339. <https://doi.org/10.1504/ijmcp.2018.093500>
- Stender, P., & Kaiser, G. (2015). Scaffolding in Complex Modelling Situations. *ZDM*, 47(7), 1255-1267. doi: 10.1007/s11858-015-0741-0
- Suh H, Han S. (2019). Promoting Sustainability in University Classrooms Using a STEM Project with Mathematical Modeling. *Sustainability*. 11(11):3080. <https://doi.org/10.3390/su11113080>
- Tekin Dede, A., & Bukova Güzel, E. (2023a). Developing a Framework to Support Teachers' Implementation of Mathematical Modelling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. doi:10.1080/0020739X.2023.2204098
- Tekin Dede, A., & Bukova Guzel, E. (2023b). Reflections from Planning and Implementing a Modelling Task. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 18(1), em0728. doi:10.29333/iejme/12821
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Young, C. Y., Georgiopoulos, M., Hagen, S. C., Geiger, C. L., Dagley-Falls, M. A., Islas, A. L., et al. (2011). Improving student learning in calculus through applications. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42(5), 591–604.