



(ISSN: 2587-0238)

Taşpınar-Şener. Z. (2023). The Impact Of Technology-Mediated Applications on Mathematics Achievement: A Meta-Analytical Review, *International Journal of Education Technology and Scientific Researches*, 8(23), 1977-2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35826/ijetsar.624>

Article Type (Makale Türü): Research Article

THE IMPACT OF TECHNOLOGY-MEDIATED APPLICATIONS ON MATHEMATICS ACHIEVEMENT: A META-ANALYTICAL REVIEW

Zehra TAŞPINAR ŞENER

Asist. Prof. Dr., Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey, taspinar@yildiz.edu.tr

ORCID: 0000-0001-8914-784X

Received: 17.02.2023

Accepted: 16.08.2023

Published: 01.09.2023

ABSTRACT

This meta-analytic review aims to explore the impact of technology use on academic achievement in mathematics courses. In this regard, the studies published between February 2019-2023 were examined with the search on Web of Science (WoS) and Scopus databases, and a total of 14 studies with the specified criteria were included in the meta-analysis. A total of 22 effect sizes covering 1065 sample numbers were obtained. Considering the results of the meta-analysis conducted with the random effects model, the overall effect of technology on academic achievement was found to be at a moderate level (EF=0.605). Of all the studies included in the meta-analysis, only one study had a negative effect size, while the others had a positive value. The study with a negative value was based on instructing the students in the control group through learning by doing without technology. The analysis results of the mixed effects model revealed no significant difference across the effect sizes in terms of the implementation time and grade level. The effect of technology on academic achievement in mathematics courses significantly differed across sample size. Accordingly, the effect value grows as the number of samples increases. This study evaluated qualified studies including technology-enhanced applications in a general framework. There is a need for many studies that reveal the effect of technology in terms of various dimensions and factors after the pandemic.

Keywords: Mathematics achievement; teaching of mathematics; meta-analysis

INTRODUCTION

One of the most significant issues in mathematics education research is to reveal how students can learn more effectively. In this regard, many different methods and their effect on learning have been identified. With the rapid infusion of technology in our lives, studies regarding the impact of technology integration in schools on learning mathematics have been gaining tremendous momentum especially in the last 20 years. The vast majority of the human population across the world has easier access to technology and the use of technology has a great impact on their lives. The OECD's Programme for International Student Assessment (PISA) report published in 2012 highlights that 96% of 15-year-old students in OECD countries had a computer at home, while 72% used a desktop, laptop or tablet computer at school (OECD, 2013). Moreover, digital technology has become a trend in mathematics education in response to the introduction of a different type of structure in a mathematics classroom due to the Covid-19 pandemic (Borba, 2021). Therefore, computers, tablets and various technological devices will now be an indispensable part of education. According to the same report, although only 42% of students in Korea and 38% of those in Shanghai-China used computers at school, academic performance in these countries was much higher. Located in the center of Silicon Valley, Waldorf Schools have been in a great effort to train their students in a technology-free system, which led to a great impact all over the world with a view to promoting problem solving and creativity (Waldorf of Peninsula | 21st Century Smart Education - Silicon Valley (waldorfpeninsula.org)). Although many countries endeavor to increase their technological equipment, the use of technology in education is still a controversial issue.

Use of Technology in Education

The use of technology (information and communication technologies) in mathematics education has been present in significant conferences such as ICMI and ICME over the last 30 years, and the incorporation of technology into mathematics education has been discussed for many years (Borba et al., 2016; Menghini et al., 2008). Some structural changes have been made in the course contents and curricula in relation to these developments. Investments in digital technologies were maximized in many countries, especially in EU countries especially due to the effect of the pandemic (European Commission (EACEA, 2019)).

Countries developing policies for the use of technology in education have taken many steps such as equipping classrooms with technological tools, increasing the opportunities for teachers and students to access technology, developing their technological competencies, producing new technologies, preparing software and content in education, etc. (EACEA, 2019; Loureiro, Linhares & Ramos; 2012; National Plan for Educational Use of Information and Communications Technology, 2010; Preliminary Report Malaysia Education Blueprint, 2013). To exemplify, serious infrastructure studies were carried out for the use of technology in learning processes in Turkey, and the Education Information Network (EBA), which was implemented by the Ministry of National Education (MoNE) in 2010 within the scope of the Fatih Project, was designed to provide additional electronic content to the curriculum (MoNE, 2018).

Numerous studies have been conducted on improving infrastructure related to the use of technology in education, providing various trainings to teachers, students and parents on software and hardware skills, developing software and interactive applications suitable for the curriculum in Portugal since 2018 (Loureiro, Linhares & Ramos; 2012). Known for its effective practices in education, Singapore has implemented 4 different master plans since 1997 to enrich learning environments and integrate technology. Since 2019, the Education Technology (Edtech) plan has been continually renewed and implemented to reflect an evolving plan that better responds to rapid advances in technology and the driving forces affecting education (Soo, Karthikeyan, Lim, Bartholomaeus, & Yelland, 2023; EdTech Plan | MOE). Every country has taken similar steps on the use of technology in education as they can be effective in the short term for policy makers. It is still a matter of debate how effective technology is in terms of increasing the quality of education. With the integration of technology in mathematics courses, it may be probable to visualize and make abstract mathematics subjects more understandable. It is also possible to have students engage in learning environments prepared through various software (Çavuş & Deniz, 2022). Mobile technologies, augmented reality applications, digital games and various educational software may be incorporated into mathematics education. To illustrate, augmented reality applications are particularly used in the field of geometry learning to visualize geometric shapes (Koparan, Dinar, Koparan & Haldan, 2023), to understand 3D objects from various angles (Flores-Bascunana et al. 2020).

Similarly, many studies were conducted on the dynamic mathematics software geogebra, which includes different applications for each learning area such as geometry, algebra, and data analysis. Some studies also revealed that geogebra had a positive effect on students' academic achievement, their attitudes and skills (Juandi and Priatna, 2018; Juandi, Kusumah, Tamur, Perbowo, & Wijaya, 2020). However, there are also studies showing that students' mathematical skills developed through using GeoGebra software are not better than those with traditional approaches (Priyono & Hermanto, 2015).

In their meta-analysis study on examining the impact of mobile technologies upon elementary school mathematics achievement, Fabian Topping and Barron (2016) concluded that the overall effect size of a total of 60 studies was small ($ES=0.48$). Therefore, many studies were carried out on different uses of technology in education. A holistic approach to demonstrating the effectiveness of these studies in learning environments is paramount in terms of technological investments and planning.

In this regard, answers to the following questions were sought:

- What is the impact of technology integration in mathematics instruction on academic achievement compared to non-technological learning environments?
- Does the impact of technology on academic achievement in mathematics courses differ across the implementation time?
- Does the impact of technology on academic achievement in mathematics courses vary across grade level?

- Does the impact of technology on academic achievement in mathematics courses differ across the sample size?

METHOD

This study employed a meta-analytical review method to examine the studies regarding the effect of technology use on mathematics lessons. Meta-analysis is a statistical tool for estimating the considerable variation in effect sizes overall (homogeneity of effect sizes) (Field & Gillett, 2010).

Data Collection

This study followed the systematic review proposed by Moher, et. al (2009) in the process of study selection such as identification, screening, eligibility and including.

Identification

Experimental studies, using different methods with technology integration, were scanned through Web of Science (WoS) and Scopus databases during the identification process. WoS covers SCI-Expanded (Science Citation Index-Expanded), SSCI (Social Science Citation Index) and A&HCI (Arts and Humanities Citation Index) citation indexes. WoS indexes the best journals in terms of citation impact per article (Lopez-Illescas, Moya-Aneon, & Moed, 2008). Thus, WOS is known as the database of the most prestigious journals, whose effectiveness is welcomed by all over the world. In this respect, researchers have the opportunity to observe the latest trends in the world. However, the number of best-cited journals is limited. This study also involves the SCOPUS database, which is popular especially in recent years in terms of indexing criteria and which has a wider impact area. While WoS indexes internationally diverse journals, iScopus tends to index more regional publications from different geographical regions (Mongeon & Paul-Hus, 2016). Hence, the present study includes both studies with high scientific value and those conducted in different geographical regions. The most significant criterion for this study was to reach studies with high research value and whose refereeing process was seriously processed, which further resulted in the use of limited number of indexes.

In service of this aim, the study applied the following key terms in both databases: 'mathematics education' 'technology' 'achievement' 'impact' and 'experimental'. As a limitation of publication, education & education research options were used between the years 2020-2023 (February) due to the large number of publications especially in the field of health and engineering. A total of 54 articles were reached in the WOS database.

The same key terms were used in the Scopus database, and the subject area was determined as social sciences. As a result, the researcher had a total of 5908 studies published between 2020-2023. Experimental studies were selected by searching the abstract parts of the studies as 'experimental group' and 'control group', and 192 studies were obtained. These studies were downloaded from the scopus database to the MC Excel format and the title or abstract of each were read. Some of the studies employed meta-analysis, meta-synthesis, or

comparisons between different countries, while others used experimental designs without a control group. The full texts of a total of 27 studies were selected with reference to the aim of the study.

Screening

The obtained results with the above key terms were reviewed based on the following inclusion criteria.

The specified criteria determined for the inclusion of the studies in this meta-analysis study are as follows:

They must be published between 2020-2023 and written in English,

They must be experimental studies with pretest-posttest control groups, and that they must employ technology-mediated methods in the experimental group and non-technological methods in the control group,

Eligibility

The full texts of all the studies were read and those suitable for the purpose of the study were identified considering the criteria noted above. Some studies were excluded while sorting and listing the selected studies. The criteria for excluded articles are depicted as follows.

Studies using technology-aided methods in both experimental and control groups,

Studies without a control group,

Studies that measure achievement in STEM or different disciplines rather than mathematics.

The same study scanned in both Scopus and WoS databases is registered in the WoS database.

Inclusion

This study involves 15 articles that investigated mathematics achievement with technology-based learning in the experimental group and non-technological learning in the control group. A coding form was generated before the statistical analysis, and the data related to each study was recorded in this form. The coding form consists of two parts. The first part includes information regarding the author, journal name, country, publication year, participants, technology and mathematics-learning area used for the experimental group, and the second part involves data [sample size (N), mean (X), standard deviation (SD)] necessary to calculate the effect size of the studies.

Data Analysis

Data were analyzed through the use of the CMA package program. The CMA program is a user-friendly program that can calculate the effect size by using many different meta-analysis calculation methods. Hence, both the

overall effect size was calculated and the effect of different moderators such as the participants' education level and the participant group on the effect size was identified. The study used sample size, arithmetic mean and standard deviation, or u value, t value, etc. of the control and experimental groups to calculate the effect sizes via the interface of the CMA software. This meta-analytic review employed Hedge's g coefficient as an effect size index. Rosenthal's Safe N statistics and funnel plot were used to determine the publication bias of the studies.

FINDINGS

Table 1 summarizes the descriptive data regarding the studies.

Table 1. Descriptive Data Regarding the Studies Used in the Meta-Analysis

	Country	Programme	Subject	N	Time	Grade
Zulnaidi, Oktavika & Hidayat (2020).	Indonesia	Geogebra	Functions Limit functions	80	4 weeks	High
Liburd & Jen (2021)	Caribbean	Geogebra	Coordinate geometry	35	3 weeks	High School
Wang, Kao & Wang (2021)	Taiwan	Mobile learning system (text, graphics, and other multimedia)	Multiplication	93	8 40-min sessions.	Primary
Alabdulaziz & Alhammadi, (2021).	Saudi Arabia	Educational social network (EDMODO)	Rational Numbers	102	4 weeks	Middle School
Birgin Uzun, Yazici (2021)	Turkey	Dynamic software environment(Geogebra)-	Linear equations and slope	52	(8*40 minutes)	8 th grade
Kliziene et.al. (2021)	Lithuania	e-virtual teaching/learning platform EDUKA.	Numbers and calculations Phenomena, equations, and inequalities Geometry, measures, and measurements Statistics Communication and general problem-solving skills	178	eight months.	Elementary school
Lin & Cheng (2022)	Taiwan	Game-based learning-board game	Prime Factorization	22	2 weeks	6 th grade
Žakelj & Klančar (2022)	Slovenia	Dynamic software	Geometry	125	12-h long course	8 th grade
Dokic, Boricic & Jelic (2022)	Serbia	Dynamic software (mathematica) and short movies	3D geometry	74	4 weeks	4 th grade
Kong, Mohd Matore (2022)	Malaysia	STEM (computers and projectors)	Three-dimensional geometric shapes	74	1 week	Middle School
Nogueira, et al. (2022)	Brazil	Learning digital technology	Logic-math	43	16-h long course 8x2	5 th -grade

Mitrović, Božić & Takači (2022)	Serbia	Dynamic software environment(Geogebra)	Graphical representation of functions	204	14 weeks	Undergraduate
Bedada & Machaba (2022)	Ethiopia	GeoGebra on STEM	Trigonometric functions	46	4 weeks	Grade 12
Tang et. al (2022)	Indonesia	Microlectures with video	Direct and Inverse Proportions.	62	2 weeks	Middle School

As in Table 1, the studies investigating the effects of technology-mediated applications in the last 3 years were carried out in East Asian countries such as Indonesia, Taiwan, Malaysia, Central and South America such as the Caribbean and Brazil, Eastern Europe such as Lithuania, Serbia, and Asian-European countries like Turkey. Digital software, mobile applications and video-projector, especially geogebra, were used as technology integration. Some studies only used technological devices such as computers and projectors, while others utilized different software and applications.

Likewise, some studies applied technology integration and different disciplines such as STEM in the experimental group. Therefore, it may be incorrect to establish a relationship between the size of the effect coefficients for the technology integration type of the studies. Subjects related to geometry, numbers and algebra learning areas were preferred among the learning areas of mathematics course. The total number of samples used in the studies consisted of 1065 people. The participants were mostly primary, secondary, and high school graduates, yet only one study was conducted with pre-service teachers. The implementation time was distributed over a wide range from a week to a term.

Figure 1 displays the funnel plot to examine the publication bias in the studies included in the meta-analysis before determining the overall effect size of the studies.

Publication bias is one of the considerations in meta-analysis studies. Funnel plot, Rosenthal's N statistics and Orwin's safe N analysis were used to identify publication bias. The funnel scatter plot is depicted as follows.

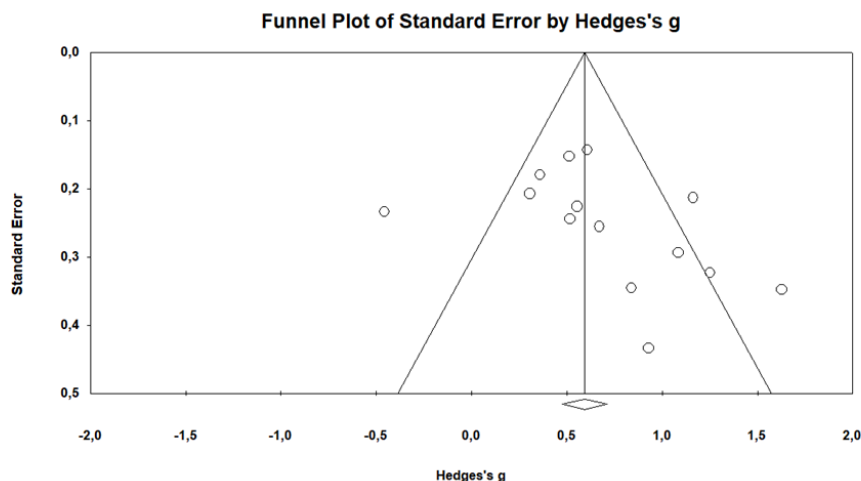


Figure 1. Funnel Scatter Plot of Effect Sizes

On analyzing the funnel scatter plot in Figure 1, the individual effect sizes were distributed close to symmetrical, pointing that there is no possible publication bias. However, the funnel plot alone is insufficient (Dinçer, 2014). Therefore, the present study used Rosenthal's safe N publication bias statistic. The results are presented in Table 2.

Table 2. Publication Bias Statistics Related to the Studies

Publication Bias	Value
Z value for observed studies	10,332
P value for observed studies	0,000
Alpha	0,005
Direction	2,000
Z value for Alpha	1,959
Number of observed studies	14
Safe N number	376

As in Table 2, the results of Rosenthal's safe N statistics revealed the safe N number as 376. This value means that 376 non-significant studies are included in order for the double-tailed p value to exceed .05, namely, the significance value (Şen, Yıldırım, 2020). In other words, 376 publications would invalidate the meta-analysis results. Since this value is large, it may be wise to mention that the publication bias is low.

Orwin's fail-safe number analysis was also performed to test the publication bias in the study (Orwin, 1983).

Table 3. Analysis on Orwin's Fail-Safe Number

Hedges' g in the reviewed studies	0,593
Criterion for 'trivial Hedges' g	0,01
Average Hedges' g for missing studies	0,00
Number of missing studies required to reduce hedges' g below 0.01	818

Orwin's fail-safe number determines the number of studies that may be missing in a meta-analysis process (Borenstein, Hedges, Higgins ve Rothstein, 2009). This study is considered reliable. Because there are 818 studies required to reduce the average effect size of 0.593 calculated according to the fixed effects model to 0.01 and to evaluate the overall effect size value as insignificant. Indeed, it is impossible to reach 818 studies that reported the effect of technology-aided applications on academic achievement in mathematics courses. Hence, there is no publication bias in this meta-analytic review.

Model Selection

A selection must be made on which model is suitable to analyze whether the effect sizes differ in meta-analytic reviews. A fixed effects model assumes that a single effect size value is common to all studies, namely, their standard deviations are zero. A random effects model proposes that the effect sizes in the studies are distributed and they do not rely on a single value (Bakioğlu & Göktaş, 2018; Dinçer, 2014; Hedges & Vevea, 1998). An appropriate model is selected according to the Q and p values through the heterogeneity test. Table 4 displays the data regarding the heterogeneity test.

Table 4. Data on Heterogeneity Test

Homogeneity value (Q)	Degree of Freedom (df)	I ²	p
48,550	13	73,223	0,000

Table 4 suggests the analysis results of 14 studies; accordingly, the Q value was 48,550, df was 13, and the p value was at the level of significance ($p < 0.05$). A significant difference was identified across studies due to the P value, meaning that the studies were heterogeneous. In this regard, the overall effect was calculated according to the random effects model. Since the Q value is greater than the .05 significance value in the X2 table ($X^2 = 22,362$ for $df = 13$), it may be reasonable to assume that the studies have a heterogeneous structure.

Table 5 summarizes the overall effect sizes according to the effect models of the studies.

Table 5. Overall Effect Size Values According to Effect Models

Model	Overall Effect Value	95% Confidence Interval for Effect Size		Standard Error
		Lower Limit	Upper Limit	
Fixed Effects	0,594	0,477	0,710	0,060
Random Effects	0,665	0,429	0,902	0,121

Table 5 shows that the overall effect size was calculated as 0.594 with a standard error of 0.060 according to the fixed effects model. The model used in calculating the overall effect size was converted to the random effects model as the studies were heterogeneous. The random effects model suggested that the standard error of 0.121 and the 95% confidence interval were 0.429 with a lower limit of 0.710 and an average effect size of 0.665 with an upper limit of 0.710. The Z-test result calculated for statistical significance was identified to be $Z = 5.513$ ($p = 0.000$). Accordingly, it is most probable that the obtained result has statistical significance.

The overall effect size value was positive and hence, the effect of technology-supported applications on academic achievement was more positive than other non-technology-based methods (methods applied in the control group). Besides, this effect value was at a medium level, namely, technology-aided applications had a moderate effect on increasing students' mathematics achievement.

The forest plot, the effect size, variance and standard error values of the studies are presented below.

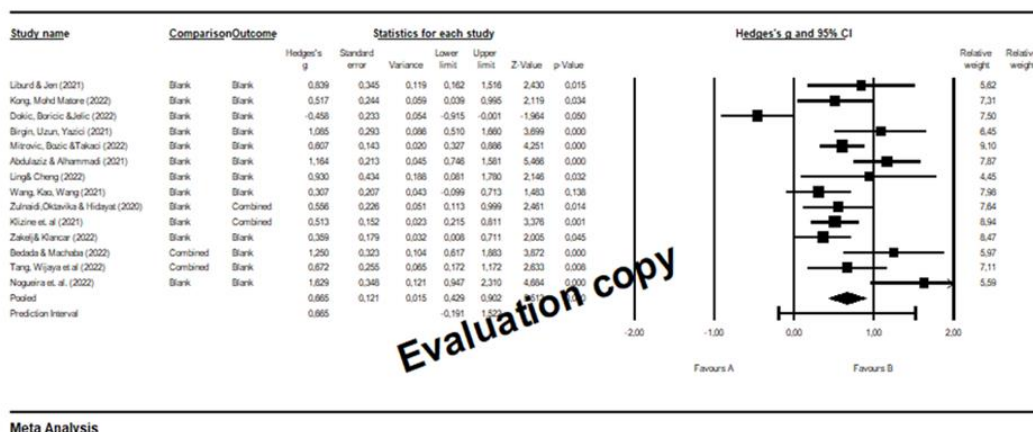


Figure 2. Forest Plot on the Effect Sizes of the Studies

The values shown as boxes in Figure.. refer to the effect size of the individual studies, and the horizontal lines on both sides of the boxes signify the lower and upper limits of the effect sizes in the 95% confidence interval. The width of the squares shows the weights of the individual studies, and diamond represents overall average effect sizes. Considering the effect sizes of the studies, the largest effect size value was determined as 1.629 and the smallest as 0.307. While 13 studies with a positive effect were in favor of the experimental group where technology-based teaching methods were applied, one study had a negative effect in favor of the control group.

Moderator Analysis Findings on Academic Achievement

Since the effect sizes were heterogeneous, moderator analyzes were employed to determine the source of this heterogeneity. Subgroup analyzes were carried out with these variables through using grade level, sample sizes and implementation time as moderator variables.

Table 6 depicts the distribution regarding the effect sizes of the studies in terms of implementation time.

Table 6. Effect Sizes of the Studies in terms of the Implementation Time

Variable	Category	k	Overall Effect Size Value	95% Confidence Interval for Effect Size	Heterogeneity Value (QB) Across Groups	df	P
time	1-3 weeks	6	0,492	0,296, 0,687	1,742	2	0.418
	4-6 weeks	5	0,707	0,062 1,353			
	More than 6 weeks	3	0,803	0,346 1,260			

The analysis results suggested that the overall effect size value was 0.492 for the studies with 1-3 weeks of implementation, 0.707 for those lasting 4-6 weeks, and 0.803 for studies with more than 10 weeks of implementation. No statistically significant difference was identified across the effect sizes (df=2; Q=1.742 (p=0.415)).

Table 7 reports on the distribution regarding the effect sizes of the studies in terms of grade level.

Table 7. Overall Effect Sizes Related to Grade Level

Variable	Category	k	Overall Effect Size Value	95% Confidence Interval for Effect Size	Heterogeneity Value (QB) Across Groups	df	P
Grade Level	Primary	3	0,141	-0,407 0,690	5,294	2	0.071
	Secondary	7	0,864	0,533 1,195			
	High	3	0,832	0,419 1,146			

The results showed that the effect sizes did not significantly differ across grade level. The effect size of the studies at the primary school level was 0.141, that of the studies at the secondary school level was 0.864 and the effect size of those at the high school level was 0.832. As there was only one study at the undergraduate level, it was not included in this table.

The distribution regarding the effect sizes of the studies in terms of the sample sizes is presented in Table 8.

Table 8. Overall Effect Size Related to Sample Size

Variable	Category	k	Overall Effect Size Value	95% Interval for Effect Size	Confidence	Heterogeneity Value (QB) Across Groups	df	P
Sample Size	20-50	4	0,141	0,836	1,536	9,040	2	0.011
	51-100	6	0,431	0,036	0,826			
	100 and over	4	0,639	0,350	0,928			

As regards the effect of the use of technology-mediated teaching method on students' academic achievement in terms of sample, the highest effect size was found as 0.141 in studies with 20-25 students, and the lowest effect was 0.431 in those with 51-100 students. The results of the heterogeneity test revealed a statistically significant difference across the sample sizes ($df=2$, $Q=9,040$, $P<.05$). Accordingly, it may be reasonable to mention that technology-based education is most effective in the sample size between 20-50.

CONCLUSION and DISCUSSION

This meta-analytic review is an attempt to explore the general impact of the technology-based mathematics education on academic achievement through combining the quantitative results of the experimental studies which were published in the WOS and SCOPUS journals between 2019-2022. Besides, some descriptive data were sought to determine the studies carried out in the last 3 years. This study also aims to investigate how academic achievement in mathematics courses varies across the students' grade level, sample sizes and the implementation time.

In service of this aim, 22 effect sizes representing 1065 sample sizes were calculated in a total of 14 studies. Upon examining the effect sizes of the studies, the smallest effect size was 0.307, while the largest was 1.629. A commonly used interpretation related to Hedges g is to refer to effect sizes as small (less than 0.5), medium (between 0.5 and 0.8) and large (0.8 and greater than 0.8) based on benchmarks suggested by Cohen (1988). In this regard, current literature involves studies in which the impact of technology on the academic achievement in the mathematics course is small together with those having a large effect. The results also suggested that 13 studies were positive and only 1 study was negative in terms of the direction of the effect sizes. As regards the study whose effect size had a negative effect, a learning environment was designed with the use of technology in the experimental group, while the students in the control group created shapes with concrete materials (learning by doing-experience) and physical manipulatives. At that point, some studies on similar learning environments may provide clues as to whether technology will hinder learning by doing. Detailed information on the learning environments in the control groups was insufficient in the studies included in the meta-analysis; therefore, an adequate analysis was not conducted about the impact of the learning environments in the control groups on the effect sizes.

The overall effect of technology on the academic achievement in the mathematics course was found to be at a medium level (ES overall = 0.665). Similar meta-analysis studies on mathematics achievement identified a low

level of positive effect (Cheung & Slavin, 2013; Tamim et. al, 2011; Ran,, Kim, Secada, 2022), and a medium level positive effect (Higgins et al. (2019). Given that this study covers studies especially after the outbreak of the pandemic, the effect of technology on academic achievement does not differ compared to those conducted in previous years. It is evident that the presence of technology does not merely affect academic achievement. It may be recommended to carry out studies that consider different variables such as attitude and motivation.

The studies included in the meta-analytic review were conducted in different and invisible countries of the world such as East Asia, Central and South America and Asian regions. This may be because the control group was designed as a completely non-technological learning environment. In fact, it is widely known that developed countries have a technological equipment in learning environments such as smart boards instead of old boards and presentation tools such as projections. Thus, it has become more arduous to find a learning environment without technological equipment, especially after the pandemic. As regards the types of technological equipment, most of the studies were determined to use a variety of technological equipment instead of a single type. To exemplify, various software or mobile applications were used with videos, and different technological hardware supported each other in the designed experimental groups. Therefore, it was not unlikely to determine as to whether the effect sizes differed across the type of technological equipment. However, similar meta-analytic reviews reported that the effect sizes noted across the type of technology. In a meta-analysis of 74 qualified studies conducted since the 1980s, Cheung & Slavin (2013) concluded that the effect size differed across educational technology type. Accordingly, supplemental technology-based applications that provide additional instruction at students' assessed levels of need had a larger effect size. Major, Francis & Tsapali (2021) investigated the impact of students' use of technology that personalizes and adapts to the learning level in low- and middle-income countries. The researchers reported that the effect of technology use was low (0.18) in a total of 16 studies conducted between 2007 and 2020. They also found that more personalized practices resulted in greater effect size. Therefore, it is utmost importance to make personalized learning with technology effective.

With reference to the moderator variables, no significant difference was noted across the effect sizes of technology-supported applications in terms of the implementation time. Similar results emerged in various studies revealing that the duration of technology-supported applications administered to the experimental group did not have a significant impact on the effect sizes (Demir, 2013; Günhan & Açıan, 2016). Similarly, grade level did not have a significant effect on effect sizes. This result is congruent with those conducted by Camnalbur & Erdoğan, 2008; Günhan & Açıan, 2016. Although Cheung and Slavin (2013) announced that technology-supported practices did not differ significantly across grade level, they found that studies conducted in primary school had a higher level of effectiveness. However, the present study suggested that the effect sizes of the studies applied in primary school were much lower than those in secondary and high schools.

It is likely that the effect sizes increase significantly as the sample size in the studies increases. The effect size was found to be 0.141 in studies with 50 or fewer participants, 0.431 in studies with 50-100 participants, and 0.639 in those with 100 or more participants. The relevant literature declared that the sample size significantly

varied across the effect sizes. However, several major meta-analyses reported that studies with small sample sizes had larger effect sizes than those with large sample sizes (Cheung & Slavin, 2011; Liao, 1999). In their meta-analytic review on examining the effect of technology use on academic achievement in Turkey, Göksu and Bolat (2020) argued that the study with the highest effect size had a sample size of 61-100. In addition, some reviews using different technologies (smart board, GeoGebra, geometry software) demonstrated that academic achievement did not significantly vary across sample size (Gündüz & Kutluca, 2019; Günhan & Açı, 2016). Hence, more studies are needed on the best sample size.

SUGGESTIONS

This study includes reviews that employ all technology-supported applications even though the number of studies in the specified indexes is limited. Thus, there is a need for more qualified studies involving technology-supported applications. It may be recommended to explore under which conditions technological applications will be more beneficial, which variables other than academic achievement are more effective, and how they influence different sample groups (gender differences, gifted children, children with learning difficulties).

ETHICAL TEXT

In this study, all the rules of the journal regarding ethical issues were followed. Any ethical violation that may arise belongs to the author of the article. The content of the article does not require ethics committee approval.

Author(s) Contribution Rate: The author's contribution rate for this article is 100%.

REFERENCES

- *Alabdulaziz, M. S., & Alhammedi, A. (2021). Effectiveness of using thinking maps through the edmodo network to develop achievement and mathematical connections skills among middle school students. *Journal of Information Technology Education. Research*, 20, 1.
- Bakioğlu, A., ve Göktaş, E. (2020). Ortaokul Matematik ve Fen Bilimleri Derslerinde İşbirlikli Öğrenmenin Başarıya Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması. *Harran Maarif Dergisi*, 5(1), 1-30. <https://doi.org/10.22596/2020.0501.1.30>
- *Bedada, T., & Machaba, F. (2022). The effect of GeoGebra on STEM students learning trigonometric functions. *Cogent Education*, 9(1), 2034240. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2034240>
- *Birgin, O., & Uzun Yazıcı, K. (2021). The effect of GeoGebra software-supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 925-939. <https://doi.org/10.1111/jcal.12532>
- Borba, M. C. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: Humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1-2), 385-400.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., ve Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.

- Camnalbur, M., ve Erdogan, Y. (2008). A Meta Analysis on the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction: Turkey Sample. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 8(2), 497-505.
- Cheung, A. C., ve Slavin, R. E. (2016). How methodological features affect effect sizes in education. *Educational Researcher*, 45(5), 283-292. <https://doi.org/10.3102/0013189X16656615>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis For The Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Çavuş, H., ve Deniz, S. (2022). The effect of technology assisted teaching on success in mathematics and geometry: A meta-analysis study. *Participatory Educational Research*, 9(2), 358-397. <https://doi.org/10.17275/per.22.45.9.2>
- Demir, S. (2013). Bilgisayar destekli matematik öğretiminin (BDMÖ) akademik başarıya etkisi: bir meta-analiz çalışması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Tokat.
- Dinçer, S. (2014). *Uygulamalı meta analiz*. Ankara: Pegem Akademi.
- *Đokić, O. J., Boričić, M. M. D., & Jelić, M. S. (2022). Comparing ICT With Physical Manipulative Supported Learning of 3D Geometry in Elementary School. *Journal of Educational Computing Research*, 59(8), 1623-1654. <https://doi.org/10.1177/073563312110013>
- European Commission/EACEA/Eurydice, 2019. *Digital Education at School in Europe*. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Fabian, K., Topping, K. J., ve Barron, I. G. (2018). Using mobile technologies for mathematics: effects on student attitudes and achievement. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1119-1139. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s11423-018-9580-3>
- Field, A.P. and Gillett, R. (2010), How to do a meta-analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 63: 665-694. <https://doi.org/10.1348/000711010X502733>
- Flores-Bascunana, M., Diago, P. D., Villena-Taranilla, R., ve Ya'nez, ~ D. F. (2020). Ya'nez, "On augmented reality for the learning of 3D-geometrić contents: A preliminary exploratory study with 6-grade primary students. *Education Sciences*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/educsci10010004>
- Gündüz, S., ve Kutluca, T. (2019). A meta-analysis study on the effect of the use of smart board in the teaching of mathematics and science to students' academic achievements. *Journal of Computer and Education Research*, 7(13), 183–204. <https://doi.org/10.18009/jcer.533986>
- Günhan, B. C., ve Ačan, H. (2016). The effect of using dynamic geometry software on the success of geometry: A meta-analysis study. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 7(1), 01-23. <https://doi.org/10.16949/turcomat.67541>
- Hedges, L. V., ve Vevea, J. L. (1998). Fixed-and random-effects models in meta-analysis. *Psychological methods*, 3(4), 486. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.3.4.486>
- Higgins, K., Huscroft-D'Angelo, J., ve Crawford, L. (2019). Effects of Technology in Mathematics on Achievement, Motivation, and Attitude: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 57(2), 283–319. <https://doi.org/10.1177/0735633117748416>

- *Kliziene, I., Taujanskiene, G., Augustiniene, A., Simonaitiene, B., & Cibulskas, G. (2021). The impact of the virtual learning platform EDUKA on the academic performance of primary school children. *Sustainability*, 13(4), 2268.
- *Kong, S. F., & Mohd Matore, M. E. E. (2021). Can a Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach enhance students' mathematics performance?. *Sustainability*, 14(1), 379. <https://doi.org/10.3390/su14010379>
- Koparan, T., Dinar, H., Koparan, E. T., ve Haldan, Z. S. (2023). Integrating augmented reality into mathematics teaching and learning and examining its effectiveness. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101245 <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101245> .
- Lin, Y. T., & Cheng, C. T. (2022). Effects of technology-enhanced board game in primary mathematics education on students' learning performance. *Applied Sciences*, 12(22), 11356. <http://dx.doi.org/10.3390/app122211356>
- Juandi, D., ve Priatna, N. (2018, May). Discovery learning model with geogebra assisted for improvement mathematical visual thinking ability. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1013, No. 1, p. 012209). IOP Publishing.
- Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., ve Wijaya, T. T. (2021). A meta-analysis of Geogebra software decade of assisted mathematics learning: what to learn and where to go?. *Heliyon*, 7(5), e06953. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953>
- Liao, Y. K. C. (1999). Hypermedia And Students'achievement: A Meta-Analysis. *EdMedia+ Innovate Learning*, 1398-1399.
- *Liburd, K. K. D., & Jen, H. Y. (2021). Investigating the effectiveness of using a technological approach on students' achievement in Mathematics—case study of a high school in a Caribbean country. *Sustainability*, 13(10), 5586. <https://doi.org/10.3390/su13105586>
- Loureiro, M. J., Linhares, R. N., ve Ramos, F. (2012). The Magellan project and Portuguese teachers' perspectives. In A paper presented at the 62nd Annual Conference of ICEM-International Council for Educational Media, Nicosia, Cyprus.
- Lopez-Illescas, C., de Moya-Anegon, F. ve Moed, H. F. (2008). Coverage and citation impact oncological journals in the Web of Science and Scopus. *Journal of Informetrics*, 2(4), 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.08.001>
- Major, L., Francis, G. A., ve Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low-and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1935-1964. <https://doi.org/10.1111/bjet.13116>
- Menghini, M., Furinghetti, F., Giacardi, L. M., ve Arzarello, F. (2008). The first century of the International Commission on Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics education (pp. 1-378). Istituto Della Enciclopedia Italiana.

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., ve Prisma Group. (2009). Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Physical therapy*, 89(9), 873-880. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Mongeon, P. ve Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213-228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- MEB, (2018). 2023 Eğitim Vizyonu. Milli Eğitim Bakanlığı.
- *Mitrović, S., Božić, R., & Takači, Đ. (2022). Efficiency of blended learning of calculus content during the Covid19 crisis. *Interactive Learning Environments*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2076129>
- National Plan for Educational Use of Information and Communications Technology (2010). <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-plan>
- *Nogueira, V. B., Teixeira, D. G., de Lima, I. A. C. N., Moreira, M. V. C., de Oliveira, B. S. C., Pedrosa, I. M. B., ... & Jeronimo, S. M. B. (2022). Towards an inclusive digital literacy: An experimental intervention study in a rural area of Brazil. *Education and Information Technologies*, 27(2), 2807-2834. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10711-z>
- Preliminary Report Malaysia Education Blueprint (2013). <https://teachformalaysia.org/wp-content/uploads/2019/08/Preliminary-report-Blueprint-English.pdf>
- Priyono, S., ve Hermanto, R. (2015). Peningkatan kemampuan representasi matematik peserta didik dengan menggunakan model problem based learning (PBL) berbantuan media software Geogebra. *JP3M (Jurnal Penelitian Pendidikan dan Pengajaran Matematika)*, 1(1), 55-64. <https://doi.org/10.37058/jp3m.v1i1.145>
- Ran, H., Kim, N. J., ve Secada, W. G. (2022). A meta-analysis on the effects of technology's functions and roles on students' mathematics achievement in K-12 classrooms. *Journal of computer assisted learning*, 38(1), 258-284. <http://dx.doi.org/10.1111/jcal.12611>
- Soo, L. M. J., Karthikeyan, N., Lim, K. M., Bartholomaeus, C., ve Yelland, N. (2023). Children in the Singapore Education System. In *Children's Lifeworlds in a Global City: Singapore* (pp. 17-34). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., ve Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational research*, 81(1), 4-28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Tang, J., Wijaya, T. T., Weinhandl, R., Houghton, T., Lavicza, Z., & Habibi, A. (2022). Effects of micro-lectures on junior high school students' achievements and learning satisfaction in mathematics lessons. *Mathematics*, 10(16), 2973. <https://doi.org/10.3390/math10162973>
- <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-plan>
- Waldorf of Peninsula | 21st Century Smart Education - Silicon Valley (waldorfpeninsula.org)
- *Wang, T. H., Kao, C. H., & Wang, T. J. (2021). Implementation of mobile learning in mathematics instruction for elementary second graders. *Mathematics*, 9(14), 1603. <https://doi.org/10.3390/math9141603>

Žakelj, A., & Klancar, A. (2022). The Role of Visual Representations in Geometry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1393-1411. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1393>

* Zulnadi, H., Oktavika, E., & Hidayat, R. (2020). Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students. *Education and Information Technologies*, 25, 51-72. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09899-y>

* Marked references are studies included in the meta-analysis.

TEKNOLOJİ TABANLI UYGULAMALARIN MATEMATİK BAŞARISINA ETKİSİ: BİR META ANALİZ ÇALIŞMASI

Öz

Bu meta analiz çalışmasında, teknoloji kullanımının matematik dersi akademik başarısına etkisini tespit etmek amaçlanmıştır. Web of Science ve Scopus veri tabanlarından yapılan tarama sonucunda, 2019-2023 Şubat ayı aralığında yayınlanan çalışmalar incelenmiş, belirlenen kriterlere sahip toplam 14 çalışma meta analize dahil edilmiştir. Toplam 1065 örneklem sayısını bulan 22 etki büyüklüğü elde edilmiştir. Meta analiz, rastgele etkiler modeline göre yapılmış ve teknolojinin matematik başarısına genel etkisinin orta düzeyde ($EB=0,605$) olduğu belirlenmiştir. Meta analize dahil edilen çalışmalar içerisinde yalnızca bir çalışmanın etki büyüklüğü negatif değer almış, diğer tüm çalışmalar ise pozitif değere sahiptir. Negatif değer alan çalışmanın kontrol grubunda, geleneksel metot yerine teknolojisiz yaparak yaşayarak öğrenme ile eğitim yapıldığı görülmüştür. Karma etkiler modeli kullanılarak yapılan moderatör analizleri sonucunda, uygulama süresi ve sınıf düzeyine göre etki büyüklüklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Örneklem büyüklüğüne göre ise teknolojinin matematik dersi akademik başarıya etkisi anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir. Buna göre örneklem sayısı büyüdükçe etki değerinin büyüdüğü tespit edilmiştir. Bu araştırmada, teknoloji tabanlı uygulamaları içeren nitelikli çalışmaların genel bir çerçevede değerlendirilmesi sağlanmıştır. Pandemi sonrası teknolojinin farklı boyutlar ve faktörler açısından etkisinin ortaya konduğu birçok çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Matematik başarısı, matematik öğretimi, meta-analiz

GİRİŞ

Matematik eğitimi araştırmalarında en önemli konulardan biri, öğrencilerin matematiği nasıl daha etkili öğrenebileceklerini ortaya çıkarmaktır. Bu doğrultuda bir çok farklı yöntem uygulanarak, bu yöntemlerin öğrenmeye etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Teknolojinin bu denli hızlı bir şekilde hayatımıza dahil olması ile birlikte, okullarda da teknoloji entegrasyonunun matematik öğrenmeye etkisine yönelik çalışmalar özellikle son 20 yılda büyük bir ivme kazanmıştır. Dünyadaki insan nüfusunun çok büyük bir çoğunluğu artık teknolojiye kolayca ulaşabilmekte ve hayatının devamında teknoloji kullanımının çok büyük bir etkisi olmaktadır. OECD's Programme for International Student Assessment's (PISA) raporuna göre, 2012'de OECD ülkelerindeki 15 yaşındaki öğrencilerin %96'sı evde bilgisayar olduğunu bildirirken, %72'si okulda masaüstü, dizüstü veya tablet bilgisayar kullandığını bildirmiştir (OECD,2013). Üstelik Covid-19 pandemisi ile birlikte dijital teknoloji, matematik sınıfına farklı türde bir yapının gelmesine yanıt olarak matematik eğitiminde bir trend haline gelmiştir (Borba,2021). Dolayısıyla bilgisayarlar, tabletler ve çeşitli teknolojik cihazların da artık eğitim dünyasının vazgeçilmez bir parçası olacağı düşünülebilir. Fakat aynı rapora göre, Kore'deki öğrencilerin yalnızca %42'si ve Şanghay-Çin'deki öğrencilerin %38'i okulda bilgisayar kullanmalarına rağmen bu ülkelerdeki akademik performansların çok daha yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Silikon Vadisi'nin merkezinde yer alan Wandorf Okulları'nın, problem çözme ve yaratıcılığı desteklemek için öğrencilerini teknolojiden uzak bir sistemde yetiştirmeye çalışmaları tüm dünyada büyük yankı uyandırmıştır (Waldorf of Peninsula | 21st Century Smart Education - Silicon Valley (waldorfpenninsula.org). Sonuç olarak, her ne kadar bir çok ülke eğitimde teknolojik donanımlarını arttırmaya çalışsa da, teknolojinin eğitimde kullanımı hala tartışmalı bir konudur.

Eğitimde Teknoloji Kullanımı

Son 30 yılda matematik eğitimde teknolojinin (bilgi ve iletişim teknolojileri) kullanımı, ICMI ve ICME gibi çok sayıda önemli konferansın önemli konuları arasında yer almış ve teknolojinin matematik eğitime nasıl entegre edileceği uzun yıllar boyu tartışılmıştır (Borba vd, 2016; Menghini ve diğerleri, 2008). Bu bağlamda, söz konusu gelişmelerle, okulların ders içeriklerinde ve müfredatlarında bazı yapısal değişikliklere gidilmiştir. Özellikle pandeminin de etkisiyle, dijital teknolojilere yatırım, başta AB ülkeleri olmak üzere birçok ülkede maksimize hale getirilmeye çalışılmaktadır (European Commission (EACEA, 2019)). Eğitimde teknoloji kullanımına yönelik politika geliştiren ülkelerin, derslikleri teknolojik donanımla donatma, öğretmen ve öğrencilerin teknolojiye ulaşım fırsatlarını arttırma ve teknolojik yeterliklerini geliştirme, yeni teknolojiler üretme, eğitimde kullanılacak yazılım ve içerik hazırlama vb gibi birçok adım attıkları görülmektedir (EACEA, 2019; Loureiro, Linhares ve Ramos, 2012; National Plan for Educational Use of Information and Communications Technology, 2010; Preliminary Report Malaysia Education Blueprint, 2013). Örneğin Türkiye'de öğrenme süreçlerinde teknoloji kullanımına yönelik ciddi altyapı çalışmaları yapılmış, Fatih Projesi kapsamında Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından 2010'da uygulanmaya başlayan Eğitim Bilişim Açı (EBA), eğitim öğretim programına destek olacak biçimde elektronik içerik sağlamak için tasarlanmıştır (MEB, 2018). Portekiz'de 2018 yılından itibaren eğitimde teknoloji kullanımı üzerine altyapı çalışmalarının iyileştirilmesi, yazılım ve donanım becerilerine yönelik öğretmen, öğrenci ve velilere

çeşitli eğitimler verilmesi, müfredata uygun yazılımlar ve interaktif uygulamaların geliştirilmesi gibi çalışmalar yapılmıştır (Loureiro, Linhares ve Ramos ,2012). Eğitimde etkili uygulamalarıyla bilinen Singapur, 1997'den bu yana öğrenme ortamlarını zenginleştirerek teknolojiyi entegre edebilmek için 4 farklı ana plan (masterplan) uygulamış, 2019'dan bu yana ise, teknolojideki hızlı gelişmelere ve eğitimi etkileyen itici güçlere daha iyi yanıt veren gelişen bir planı yansıtmak için eğitim Teknolojisi (Edtech) planı, sürekli yenilerek uygulanmaktadır (Soo, Karthikeyan, Lim, Bartholomaeus, ve Yelland, 2023; EdTech Plan | MOE). Eğitimde teknoloji kullanımına yönelik çalışmalar, ülkelerin yönetiminde yer alan politika yapımcılar için de, eğitimde yapılan yenilikler anlamında gözle görülür, kısa vadede etkili olabilecek bir adım olduğundan, her ülkede benzer adımların atıldığı bilinmektedir. Bir diğer yandan, eğitimde niteliğin artırılması açısından teknolojinin ne denli etkili olduğu hala tartışılan bir konudur.

Matematik eğitimi açısından bakıldığında, matematik dersi içerisinde teknoloji entegrasyonu ile, soyut olan matematik konularının görselleştirilmesi, daha anlaşılır hale getirilmesi söz konusu olabilir. Ayrıca çeşitli yazılımlar aracılığıyla hazırlanan öğrenme ortamlarında, derse dikkat çekmek de mümkündür (Çavuş ve Deniz, 2022). Matematik eğitiminde teknoloji kullanımının, çeşitli eğitimsel yazılımların yanında, mobil teknolojiler, artırılmış gerçeklik uygulamaları, dijital oyunlar aracılığı ile gerçekleştirildiği söylenebilir. Örneğin artırılmış gerçeklik uygulamaları, özellikle geometri öğrenme alanında, geometrik şekillerin görselleştirilmesi (Koparan, Dinar, Koparan ve Haldan,2023), 3 boyutlu nesnelerin çeşitli açılardan daha iyi anlaşılması (Flores- Bascunana vd. 2020) amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Benzer şekilde, geometri, cebir, veri analizi gibi her öğrenme alanına yönelik farklı uygulamalar içeren dinamik matematik yazılımı geogebra ile ilgili çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu çalışmalar, geogebanın öğrencilerin akademik başarılarına, aynı zamanda tutum ve becerilerine olumlu etkisinin olduğu yönünde çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır (Juandi and Priatna, 2018; Juandi, Kusumah, Tamur, Perbowo, ve Wijaya, 2020). Fakat aynı zamanda, öğrencilerin GeoGebra yazılımı kullanılarak öğretilen matematiksel becerilerinin, geleneksel yaklaşımlarla öğretilenlerden daha iyi olmadığını ortaya koyan çalışmalar da vardır (Priyono ve Hermanto, 2015). Fabian Topping ve Barron (2016), mobil teknolojilerin ilkökul matematik başarısına etkisini incelediği meta analiz çalışmasında toplam 60 çalışmanın genel etki büyüklüğünü küçük düzeyde (EB=0,48) olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla yapılan çalışmalara bakıldığında, teknolojinin eğitimde farklı kullanım alanlarına yönelik çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların bütüncül olarak öğrenme ortamlarında ne denli etkili olduğunu ortaya koymak ise, teknolojiye yapılan yatırımlar ve planlamalar açısından önemlidir.

Bu bağlamda bu çalışmada aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

- Teknolojinin kullanılmadığı öğrenme ortamları ile karşılaştırıldığında, matematik öğretiminde teknoloji entegrasyonunun matematik dersi akademik başarısına etkisi nedir?
- Teknolojinin matematik başarısına etkisi, uygulama süresine göre farklılaşmakta mıdır?
- Teknolojinin matematik başarısına etkisi, sınıf düzeyine göre farklılaşmakta mıdır?

- Teknolojinin matematik dersi akademik başarıya etkisi, örneklem büyüklüğüne göre farklılaşmakta mıdır?

YÖNTEM

Bu çalışmada, teknoloji kullanımının matematik derslerine etkisini belirleyen çalışmaları incelemek amacıyla meta analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz, çalışmalardaki genel etki büyüklüğünü ortaya koymak ve etki büyüklükleri arasındaki değişkenliği (etki boyutlarının homojenliği) tahmin etmek için kullanılan bir analiz yöntemidir (Field ve Gillett, 2010).

Araştırmaların Seçilmesi Süreci

Çalışma kapsamına dâhil olan araştırmaların belirlenmesi sürecinde Moher vd. (2009)'in ortaya koyduğu sistematik tarama; tanımlama, tarama, uygunluk ve dahil etme süreci izlenmiştir.

Tanımlama

Tanımlama sürecinde, Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanlarında teknoloji entegrasyonu ile farklı yöntemlerin uygulandığı deneysel çalışmalar taranmıştır. WoS; SCI-Expanded (Science Citation Index-Expanded), SSCI (Social Science Citation Index) ve AHCI (Arts and Humanities Citation Index) atıf dizinlerini kapsamaktadır. WoS'un, makale başına düşen atıf sayısı baz alındığında en iyi dergileri dizinlediği bilinmektedir (Lopez-Illescas, Moya-Anegon ve Moed, 2008). Dolayısıyla, WOS, tüm dünyaca etkinliği kabul görmüş, en prestijli dergilerin yer aldığı veri tabanı olarak bilinmektedir. Bu yönüyle araştırmacılar dünyadaki en yeni eğilim ve trendleri gözleme olanağı bulmaktadırlar. Fakat en iyi atıf alan dergilerin sayısı da sınırlıdır. Bu doğrultuda, yine indeksleme kriterleri açısından özellikle son yıllarda göze çarpan, daha geniş etki alanı bulunan SCOPUS veri tabanı da bu çalışma kapsamına alınmıştır. WoS'un uluslararası niteliğe sahip dergileri indekslediği bilinmektedir fakat Scopus'un daha çok farklı coğrafik bölgelerden yerel yayınları da indeksleme eğiliminde olduğu söylenebilir (Mongeon ve Paul Hus, 2016). Böylelikle, hem bilimsel değeri yüksek olan ve literatüre yön veren çalışmalar, hem de farklı coğrafi bölgelerde yapılmış çalışmalara ulaşabilmek amaçlanmıştır. Fakat bu çalışma için en önemli olan kriter araştırma değeri yüksek olan, hakemlik süreci ciddi bir şekilde işlenmiş çalışmalara ulaşabilmek olmuştur. Bu nedenle taranan indeksler sınırlı tutulmuştur.

Bu amaç doğrultusunda 'mathematics education' 'technology' 'achievement' 'effect' ve 'experimental' anahtar kelimeleri kullanılarak her iki veri tabanında da aramalar yapılmıştır. Yayın sınırlandırması olarak, 2020-2023 (şubat) yılları arası ve özellikle sağlık ve mühendislik alanında da çok sayıda yayın çıkması nedeniyle, eğitim ve eğitim araştırmaları seçenekleri kullanılmıştır. WOS veri tabanında toplam 54 makaleye ulaşılmıştır.

Scopus veri tabanında ise, aynı anahtar kelimelerle tarama yapılmış ve konu alanı olarak sosyal bilimler seçeneği ile tarama yapılmıştır. Sonuç olarak 2020-2023 yılları arasında yayımlanan toplam 5908 çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmaların içerisinde deneysel olanları seçmek amacıyla, çalışmaların özet metinlerinde 'experimental

group' ve 'control group' aramaları yapılmış ve 192 çalışma elde edilmiştir. Bu çalışmalar scopus veri tabanından MC Excel formatına indirilerek her birinin başlık veya özet metinleri okunmuştur. Çalışmalardan bir kısmının meta analiz, meta sentez, ya da farklı ülkeler arasındaki karşılaştırmalar türünden olduğu, bir kısmının ise kontrol grupsuz deneysel desen olduğu tespit edilmiştir. Okunan özet metinlerden çalışmanın amacına uygun olan toplam 27 çalışmanın tam metinlerine ulaşılmıştır.

Tarama

Yukarıdaki anahtar kelimelerle elde edilen sonuçlar aşağıdaki dahil edilme kriterleri baz alınarak gözden geçirilmiştir.

Araştırma kapsamına alınan çalışmalar için kullanılan ölçütler aşağıda verilmiştir.

- Çalışmaların 2020-2023 yılları arasında yayınlanmış ve İngilizce dilinde yazılmış olması
- Öntest-sontest kontrol gruplu deneysel çalışmalar olması ve bu çalışmalarda deney grubunda teknoloji destekli yöntemlerle, kontrol grubunda ise teknolojinin kullanılmadığı bir yöntemle öğretim yapılmış olması,

Uygunluk

Uygunluk aşamasında, elde edilen tüm çalışmaların tam metinleri okunarak çalışmanın amacına uygun olanlar tespit edilmiştir. Bu aşamada, bazı çalışmalar kapsam dışı kalmıştır. Kapsam dışı bırakılan makalelere yönelik ölçütler aşağıda verilmiştir.

- Hem deney hem kontrol grubunda teknoloji tabanlı yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar,
- Kontrol grubunun olmadığı çalışmalar,
- Matematik dersine yönelik başarı yerine STEM ya da farklı disiplinlere yönelik başarıların ölçüldüğü çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır.

Ayrıca aynı çalışmanın hem Scopus hem de WoS veri tabanında olması durumunda, WoS veri tabanına kayıtlı olarak işlenmiştir.

Dahil Etme

Sonuç olarak, deney grubunda teknoloji tabanlı öğrenme, kontrol grubunda ise teknolojinin kullanılmadığı bir öğrenme ile gerçekleşen ve bu deneysel çalışma sonucunda matematik başarısını ölçen 15 makale çalışma kapsamına alınmıştır. İstatistiksel analizlerden önce, bir kodlama formu oluşturulmuş ve her çalışmaya ait veriler bu forma işlenmiştir. Kodlama formu iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, yazar, dergi adı, ülke, yayın yılı, katılımcı grubu, deney grubu için kullanılan teknoloji ve matematik öğrenme alanı bilgileri yer alırken, ikinci bölümde; örneklem büyüklüğü, ortalama ve standart sapma değerleri yer almaktadır.

Verilerin Analizi

Bu araştırmada veriler CMA paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. CMA programı, birçok farklı meta analiz hesaplama yöntemlerini bir arada kullanarak etki büyüklüğünü hesaplayabilen kullanıcı dostu bir programdır. Böylelikle hem genel etki büyüklüğü hesaplanmış hem de katılımcı grubu eğitim düzeyi, katılımcı grubu gibi farklı moderatörlerin etki büyüklüğüne etkisi tespit edilmiştir.

Etki büyüklüklerinin hesaplanması için CMA yazılımına ait arayüzde kontrol ve deney gruplarının örneklem büyüklüğü, aritmetik ortalaması ve standart sapması, veya u değeri, t değeri vb. gibi test istatistik değerlerinin girilebileceği formatlar seçilmiştir. Etki büyüklükleri Hedges's g katsayısına göre hesaplanmıştır. Araştırmanın yayın yanlılığı incelenirken Rosenthal'ın güvenli N istatistiği ve huni grafiği kullanılmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen araştırmaların betimsel verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Meta Analize Dahil Edilen Çalışmaların Betimsel Verileri

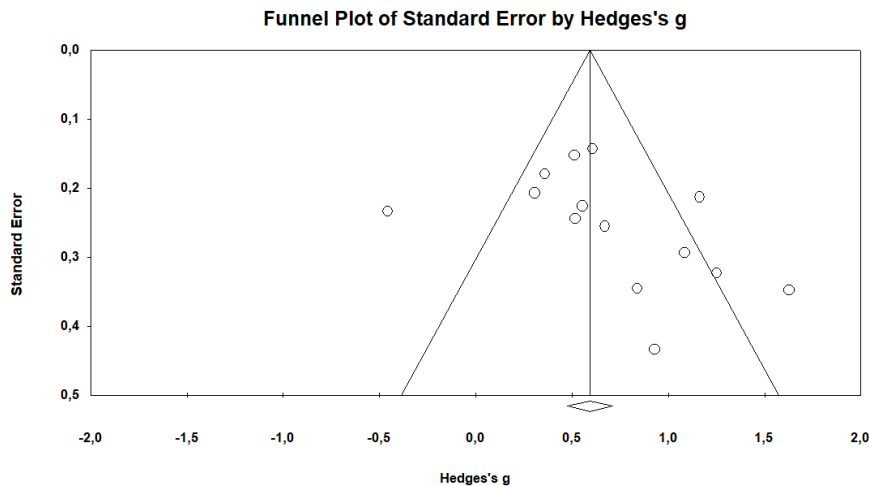
	Country	Program	Subject	N	Time	Grade
Zulnaidi, Oktavika ve Hidayat (2020).	Endonezya	Dinamik yazılım (Geogebra)	Fonksiyonlar Limit fonksiyonlar	80	4 hafta	Lise
Liburd ve Jen (2021)	Karayipler	Dinamik yazılım (Geogebra)	Koordinat geometri	35	3 hafta	Lise
Wang, Kao ve Wang (2021)	Tayvan	Mobil Öğrenme	Çarpma	93	8 ders saati	İlkokul
Birgin Uzun, Yazici (2021)	Türkiye	Dinamik yazılım (Geogebra)	Lineer denklemler	52	8 ders saati	8. sınıf
Kliziene vd. (2021)	Litvanya	Sanal öğrenme platformu- EDUKA.	Sayılar ve denklemler Denklemler-eşitsizlikler Geometri ve Ölçme İstatistik Genel problem çözme becerileri	178	8 ay	İlkokul
Žakelj & Klančar (2022)	Slovenya	Dinamik yazılım	Geometri	125	12 ders saati	8 th grade
Mitrović, Božić ve Takači (2022)	Sırbistan	Dinamik yazılım (Geogebra)	Fonksiyonlarda grafik gösterimler	204	14 hafta	Okul öncesi
Nogueira, vd. (2022)	Brezilya	Dijital teknoloji öğretimi (EDMODO)	Mantık	43	16 ders saati (8x2)	5. sınıf
Alabdulaziz ve Alhammedi (2021).	Suudi Arabistan		Rasyonel Sayılar	102	20 ders saati- 4 hafta	Ortaokul
Kong, Mohd Matore (2022)	Malezya	STEM (bilgisayar ve projektör)	3 boyutlu geometrik şekiller	74	1 hafta	Ortaokul

Dokic , Boricic ve Jelic (2022)	Sırbistan	Dinamik yazılım (mathematica) and kısa filmler	3D geometri	74	4 Hafta	İlkokul
Lin ve Cheng (2022)	Tayvan	Oyun tabanlı öğrenme	Asal çarpanlar	22	2 hafta	Orta okul
Bedada ve Machaba (2022)	Etiyopya	GeoGebra STEM	Trigonometrik fonksiyonlar	46	4 hafta	Lise
Tang vd. (2022)	Endonezya	Videolu dersler	mikro Doğru ve ters orantı	62	2 hafta	Orta okul

Tabloya bakıldığında, son 3 yılda teknoloji tabanlı uygulamaların etkisini inceleyen çalışmaların Endonezya, Tayvan, Malezya gibi Doğu Asya ülkelerinde, Karayipler ve Brezilya gibi Orta ve Güney Amerika, Litvanya,, Sırbistan gibi doğu Avrupa ve Türkiye gibi Asya- Avrupa ülkelerinde yapıldığı görülmektedir. Teknoloji entegrasyonu olarak başta geogebra olmak üzere dijital yazılımlar, mobil uygulamalar ve video-projektör gibi teknolojik araçların kullanıldığı söylenebilir. Burada, bazı çalışmaların yalnızca bilgisayar, projeksiyon gibi teknolojik cihazları kullandığı, bazı çalışmaların ise, bunların yanında farklı yazılımlar ve uygulamaları kullandıkları görülmektedir. Benzer şekilde, bazı çalışmaların deney grubuna teknoloji entegrasyonunun yanında, STEM gibi farklı disiplinlerin bir arada olduğu bir uygulama yaptığı görülmektedir. Dolayısıyla, çalışmaların teknoloji entegrasyon türüne yönelik etki katsayılarının büyüklüğü arasında bir ilişki kurmanın doğru olmadığı düşünülmektedir. Matematik dersi öğrenme alanları içerisinde, geometri, sayılar ve cebir öğrenme alanına yönelik konuların tercih edildiği görülmektedir. Çalışmalarda kullanılan toplam örneklem sayısı 1065 kişidir. Katılımcılar ilkokul- ortaokul- lise düzeyinde iken yalnızca bir çalışmada öğretmen adayları ile çalışıldığı tespit edilmiştir. Uygulamaların yapıldığı zaman dilimine bakıldığında ise, bir haftadan bir döneme kadar çok geniş bir yelpazeye dağılım gösterdiği görülmektedir.

Çalışmaların genel etki büyüklüğü belirlenmeden önce meta-analize dâhil edilen çalışmalarda yayın yanlılığı olup olmadığını incelemek için huni grafiği Şekil 1’de verilmiştir.

Meta analiz çalışmalarında üzerinde durulması gereken konulardan biri yayın yanlılığıdır. Araştırmada yayın yanlılığı durumu, huni grafiği, Rosenthal’ın N istatistiği ve Orwin’in güvenli N Analizi ile incelenmiştir. Huni saçılım grafiği aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1. Etki Büyüklüklerinin Huni Saçılım Grafiği

Şekil 1’ de huni saçılım grafiği incelendiğinde, çalışmaların etki büyüklüklerinin simetriğe yakın bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Buna göre, çalışmada yayın yanlılığı olmadığı söylenebilir. Fakat huni grafiğinin tek başına yeterli olmadığı bilinmektedir (Dinçer, 2014). Huni grafiğine ek olarak, Rosenthal’ın güvenli N yayın yanlılığı istatistiği kullanılmış ve sonuçları tabloda verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmaların Yayın Yanlılığı İstatistikleri

Yanlılık Durumu	Değer
Gözlenen çalışmalar için Z değeri	10,332
Gözlenen çalışmalar için P değeri	0,000
Alfa	0,005
Yön	2,000
Alpha için Z değeri	1,959
Gözlenen çalışma sayısı	14
Güvenli N sayısı	376

Tablo 2’de görüldüğü gibi, Rosenthal’ın güvenli N istatistiği sonucunda güvenli N sayısı 376 olarak bulunmuştur. Bu değer, çift kuyruklu p değerinin .05’ yani anlamlılık değerini aşması için, 376 anlamlı olmayan çalışmanın dahil edilmesi anlamına gelmektedir (Şen, Yıldırım, 2020). Başka bir deyişle, meta analiz sonuçlarını geçersiz kılacak yayın sayısı 376’dır. Bu değer büyük bir değer olduğundan, araştırmancının yayın yanlılığının düşük olduğu söylenebilir.

Yayın yanlılığı için, Rosenthal’ın N istatistiği dışında, Bu araştırmadaki yayın yanlılığını test etmek amacıyla Orwin yöntemine göre hata koruma sayısı analizi gerçekleştirilmiştir (Orwin, 1983).

Tablo 3. Orwin’in Hata Koruma Sayısı Analizi

İncelenen çalışmalardaki Hedges’s g	0,593
Önemsiz bir Hedges’s g için ölçüt	0,01
Kayıp çalışmalar için ortalama Hedges’s g	0,00
Hedges’s g değerini 0,01’in altına çekmek için gereken kayıp çalışma sayısı	818

Bilindiği üzere Orwin’in hata koruma sayısı meta analizde eksik olabilecek çalışma sayısını tespit etmektedir (Borenstein, Hedges, Higgins ve Rothstein, 2009). Bu araştırmada sabit etkiler modeline göre hesaplanan ortalama etki büyüklüğü 0,593 değerinin, 0,01 değerine inebilmesi ve genel etki büyüklük değerinin önemsiz olarak değerlendirilebilmesi için gerekli çalışma sayısı 818 olduğundan araştırmancının güvenilir olduğu söylenebilir. Nitekim teknoloji tabanlı uygulamaların matematik dersi akademik başarısına etkisini bildiren 818 çalışmaya ulaşmak imkansızdır. Bu nedenle bu araştırmada yayın yanlılığı olmadığı söylenebilir.

Model Seçimi

Meta analiz çalışmalarında, çalışmaya dahil edilen etki büyüklüklerinin farklılaşıp farklılaşmadığına göre model seçimi yapmak gerekmektedir. Bu bağlamda, analize dahil edilen tüm çalışmaların aynı etki büyüklük değerine sahip olduğu, yani standart sapmalarının sıfır olduğu tespit edilirse, sabit etkiler modeli; çalışmalardaki etki büyüklükleri dağılım gösterir ve tek bir değere dayanmaz ise rastgele etkiler modeli kullanılmalıdır (Bakioğlu ve

Göktaş, 2018; Dinçer, 2014; Hedges ve Vevea, 1998). Model seçiminde heterojenlik testi sonucunda elde edilen Q ve p değerlerine göre, uygun model seçimi yapılmaktadır. Aşağıdaki tabloda heterojenlik testinin verileri verilmiştir.

Tablo 4. Heterojenlik Testine Ait Veriler

Homojenlik değeri (Q)	Serbestlik Derecesi (df)	I ²	p
48,550	13	73,223	0,000

Tablo 4'te görüldüğü gibi, 14 çalışmaya ait analiz sonucunda, Q değeri 48,550, df 13 ve p değeri anlamlılık düzeyindedir ($p < 0,05$). P değeri nedeniyle çalışmalar arasında anlamlı bir farklılık olduğu, bu nedenle çalışmaların heterojen olduğu söylenebilir. Bu durumda, genel etki hesaplaması, rastgele etkiler modeline göre yapılmıştır. Ayrıca, bulunan Q değeri, X² tablosunda .05 anlamlılık değerinden (df=13 için X²=22,362) büyük olduğundan, çalışmaların heterojen bir yapıda olduğu söylenebilir.

Tablo 5'de çalışmaların etki modellerine göre genel etki büyüklükleri verilmiştir.

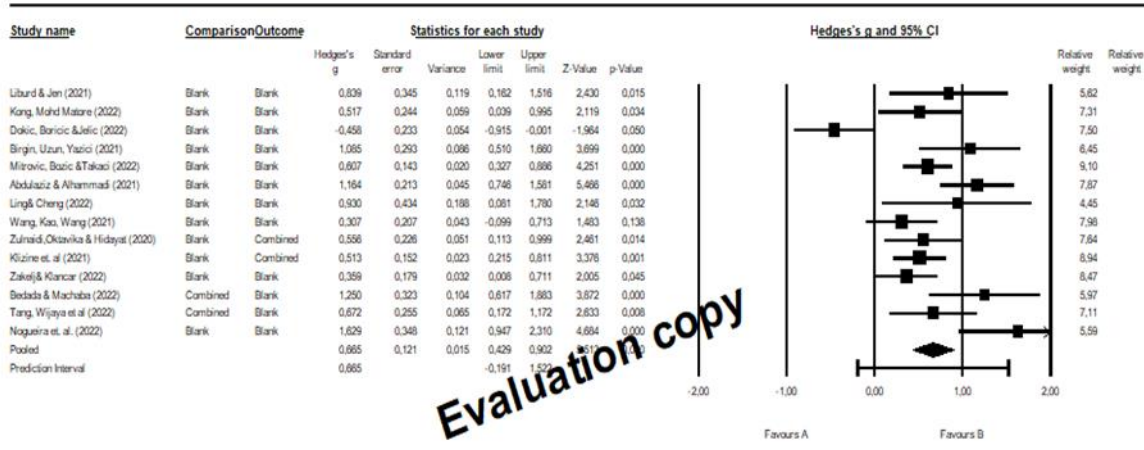
Tablo 5. Etki Modellerine Göre Genel Etki Büyüklüğü Değerleri

Model	Genel Etki Büyüklüğü Değeri	Etki Büyüklüğü İçin %95 Güven Aralığı		Standart Hata
		Alt Sınır	Üst Sınır	
Sabit etkiler	0,594	0,477	0,710	0,060
Rastgele Etkiler	0,665	0,429	0,902	0,121

Tablo 5'te görüldüğü gibi, genel etki büyüklüğü sabit etkiler modeline göre 0,060 standart hatayla 0,594 olarak hesaplanmıştır. Ancak araştırmaya dahil edilen çalışmalar heterojen yapıda olduğundan, genel etki büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılan model, rastgele etkiler modeline çevrilmiştir. Rastgele etkiler modeline göre ise, 0,121 standart hata ve %95 güven aralığının alt sınırı 0,429 ve üst sınırı 0,710 ile ortalama etki büyüklüğü değerinin 0,665 olduğu görülmektedir. İstatistiksel anlamlılık amacıyla hesaplanan Z- testi sonucu Z değeri Z=5,513 ($p=0,000$) olarak bulunmuştur. Buna göre ulaşılan sonucun istatistiksel anlamlılığa sahip olduğu söylenebilir.

Genel etki büyüklüğü değerinin pozitif olması, teknoloji tabanlı uygulamaların, akademik başarıya etkisinin teknoloji tabanlı olmayan diğer yöntemlere göre (kontrol grubunda uygulanan yöntemler) daha olumlu sonuçlar ortaya koyduğu söylenebilir. Ayrıca bu etki değerinin orta düzeyde bir değer olduğu, bir diğer deyişle, teknoloji tabanlı uygulamaların, öğrencilerin matematik başarılarını arttırmada orta düzey bir etkisinin olduğu sonucuna varılabilir.

Çalışmalara ait etki büyüklüğü, standart hata ve varyans değerleri ile birlikte orman grafiği (forest plot) aşağıda verilmiştir.



Meta Analysis

Şekil 2. Çalışmaların Etki Büyüklüklerini Veren Orman Grafiği

Şekilde kare şeklinde gösterilen değerler, araştırmaya dahil edilen her bir çalışmanın etki büyüklüğünü, karelerin sağ ve sol yanındaki çizgiler ise, %95 güven aralığındaki etki büyüklüklerinin alt ve üst sınırlarını göstermektedir. Karelerin genişliği, bireysel çalışmaların ağırlıklarını, en altta yer alan eşkenar dörtgen şeklinde gösterilen değer ise, çalışmaların genel etki büyüklüğünü göstermektedir. Çalışmalara ait etki büyüklükleri incelendiğinde, en büyük etki büyüklüğü değeri 1,629, en küçük etki büyüklüğü değerinin, 0,307 olduğu görülmektedir. Pozitif etkiye sahip 13 çalışma teknoloji tabanlı öğretim yöntemlerinin uygulandığı deney grubu lehine bir etkiye sahipken, negatif etkiye sahip bir çalışma kontrol grubu lehine bir etkiye sahiptir.

Akademik Başarıya İlişkin Moderatör Analizi Bulguları

Bu çalışmada elde edilen etki büyüklüklerinin heterojen yapıda olması nedeniyle, bu heterojenliğin kaynağının belirlenmesi açısından moderatör analizleri yapılmıştır. Moderatör değişken olarak sınıf düzeyi, örneklem büyüklükleri, uygulama süresi kullanılarak bu değişkenlerle alt grup analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaların etki büyüklüklerinin uygulanma süresine göre dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6. Uygulanma Sürelerine Göre Çalışmaların Etki Büyüklükleri

Değişken	Kategori	k	Genel Etki Büyüklüğü Değeri	Etki Büyüklüğü için %95 Güven Aralığı	Gruplar Arası Heterojenlik Değeri (QB)	df	P
Zaman	1-3 hafta	6	0,492	0,296, 0,687	1,742	2	0.418
	4-6 hafta	5	0,707	0,062, 1,353			
	6 haftadan fazla	3	0,803	0,346, 1,260			

Tablodaki analiz sonuçlarına göre, genel etki büyüklüğü değeri, uygulama süresi 1-3 hafta arası değişen çalışmalar için 0,492, 4-6 hafta arası süren çalışmalar için 0,707 ve 10 haftanın üzerinde süren çalışmalar için 0,803 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklükleri arasında anlamlı fark olup olmadığını belirlemek için yapılan heterojenlik testi

sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($df=2$; $Q=1,742$ ($p=0,415$)). Buna göre teknoloji destekli matematik öğretiminde öğrencilerin akademik başarıları, araştırmanın uygulanma süresine göre anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

İkinci moderatör olarak seçilen sınıf düzeyine göre çalışmaların etki büyüklükleri dağılımı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Sınıf Düzeyine Yönelik Genel Etki Büyüklükleri

Değişken	Kategori	k	Genel Etki Büyüklüğü Değeri	Etki Büyüklüğü İçin %95 Güven Aralığı	Gruplar Arası Heterojenlik Değeri (QB)	df	P	
Sınıf Düzeyi	Primary	3	0,141	-0,407	0,690	5,294	2	0.071
	Middle	7	0,864	0,533	1,195			
	High	3	0,832	0,419	1,146			

Sınıf düzeyine bakıldığında, etki büyüklüklerinin anlamlı bir şekilde farklılaşmadığı söylenebilir. Buna rağmen ilkökul düzeyindeki çalışmaların etki büyüklüğü 0,141 iken, ortaokul düzeyindeki çalışmaların etki büyüklüğü 0,864 ve lise düzeyindeki çalışmaların etki büyüklüğü 0,832’dir. Lisans düzeyinde yalnızca bir çalışma olduğu için, bu tabloya dahil edilmemiştir.

Örneklem büyüklüklerine göre çalışmaların etki büyüklüklerinin dağılımı ise Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Örneklem Büyüklüklerine Yönelik Genel Etki Büyüklüğü

Değişken	Kategori	k	Genel Etki Büyüklüğü Değeri	Etki Büyüklüğü İçin %95 Güven Aralığı	Gruplar Arası Heterojenlik Değeri (QB)	df	P	
Örneklem Büyüklüğü	20-50	4	0,141	0,836	1,536	9,040	2	0.011
	51-100	6	0,431	0,036	0,826			
	100 üzeri	4	0,639	0,350	0,928			

Teknoloji tabanlı öğretimin öğrencilerin akademik başarılarına olan etkisi örneklem büyüklüğü açısından ele alındığında, en yüksek etki büyüklüğünün 0,141 ile öğrenci sayısı 20-25 arasında olan çalışmalarda, en düşük etki büyüklüğünün ise 0,431 ile öğrenci sayısının 51-100 arası olan çalışmalarda olduğu görülmektedir. Yapılan heterojenlik testi sonucuna bakıldığında örneklem büyüklükleri arasında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($df=2$, $Q=9,040$, $P<.05$). Dolayısıyla, teknoloji tabanlı eğitimin en etkili olduğu örneklem büyüklüğünün 20-50 arasında olduğu söylenebilir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, 2019-2022 yılları arasında WOS ve SCOPUS veri tabanlarında taranan dergilerde yayınlanmış çalışmaların sonuçları meta analiz yöntemi ile birleştirilerek, matematik eğitiminde kullanılan teknolojinin, akademik başarıya genel etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Aynı zamanda, araştırmaya yönelik bazı betimsel veriler paylaşarak, bu alanda son 3 yılda yapılan çalışmaların ne yönde olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Tüm

bunlarla birlikte, araştırmalarda katılımcıların eğitim düzeyi, örneklem büyüklükleri ve uygulamaların süresine göre matematik dersi akademik başarısının nasıl değiştiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, toplam 14 çalışmadan 1065 örneklem büyüklüğünü temsil eden 22 etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Çalışmaların etki büyüklüğüne bakıldığında, en küçük etki büyüklüğü 0,307 iken, en büyük etki büyüklüğünün ise 1,629 olduğu tespit edilmiştir. Cohen (1988)'in sınıflandırmasına göre, Hedges g değeri 0.5 'ten küçük ise "küçük etki", 0.5 - 0.8 arasında ise "orta etki", 0.8'den büyük ise "büyük veya geniş etki" diye adlandırılmaktadır. O halde teknolojinin matematik dersi akademik başarısına etkisinin küçük düzeyde etkisinin olduğu çalışmaların yanı sıra geniş-büyük düzeyde etkisinin olduğu çalışmaların olduğu da söylenebilir. Etki büyüklüklerinin yönlerine bakıldığında, 13 çalışmanın pozitif, yalnızca 1 çalışmanın negatif olduğu görülmektedir. Negatif etki eden çalışmaya bakıldığında, deney grubunda teknoloji kullanımı ile bir öğrenme ortamı tasarlanmışken, kontrol grubunda fiziksel manipülatiflerle öğrencilerin somut materyallerle şekilleri elde etmeleri (yaparak- yaşayarak öğrenme) üzerine bir öğrenme ortamı sağlanmıştır. Bu durumda, benzer öğrenme ortamlarına yönelik benzer çalışmalar, teknolojinin yaparak-yaşayarak öğrenmenin önüne geçip geçmeyeceği konusunda ipuçları verebilir. Meta analize dahil edilen çalışmalarda, kontrol gruplarındaki öğrenme ortamlarının ayrıntılı bilgisi yeterince verilmediği için bu çalışmada kontrol gruplarındaki öğrenme ortamlarının etki büyüklüklerine etkisine yönelik yeterli bir analiz yapılmamıştır.

Teknolojinin matematik dersi akademik başarısına genel etkisine bakıldığında orta düzeyde (EB genel=0,665) bulunmuştur. Matematik başarısına yönelik yapılan benzer meta analiz çalışmalarına bakıldığında, düşük düzeyde pozitif etkisinin (Cheung ve Slavin, 2013; Tamim vd., 2011; Ran,, Kim, Secada, 2022) olduğu çalışmalar olduğu gibi, orta düzeyde pozitif etki bulunan (Higgins vd. (2019) çalışmalara da rastlanmıştır. Bu çalışmanın özellikle pandeminin ortaya çıkmasından sonraki çalışmaları kapsadığı göz önünde bulundurulduğunda, teknolojinin varlığının, geçmiş yıllardaki çalışmalara kıyasla akademik başarıya etkisinin farklılaşmadığı söylenebilir. Yalnız teknolojinin varlığının yalnızca akademik başarıya etki etmediği bilinmektedir. Bu nedenle, matematik dersine yönelik tutum, motivasyon gibi farklı değişkenlerin de göz önünde bulundurulduğu çalışmaların yapılması önerilebilir.

Bu araştırmada meta analize dahil olan çalışmalara bakıldığında, çalışmaların yapıldığı ülkelerin, doğu Asya, Orta ve Güney Amerika ve Asya bölgeleri gibi dünyanın çok farklı ve göz önünde bulunmayan ülkelerinde yapıldığı görülmektedir. Bu durum, özellikle kontrol grubunun tamamen teknolojiden bağımsız bir öğrenme ortamı olarak tasarlanmasından kaynaklı olabilir. Nitekim, artık gelişmiş ülkelerde öğrenme ortamlarında mutlaka bir teknolojik donanımın olduğu bilinmektedir. Örneğin eski tahtalar yerine akıllı tahtaların olması, sınıflarda projeksiyon gibi sunum araçlarının yer alması örnek olarak gösterilebilir. Dolayısıyla özellikle pandemi sonrası teknolojik donanımın olmadığı bir öğrenme ortamı bulmak eskiye göre daha zor hale gelmiştir. Kullanılan teknolojik donanım türlerine bakıldığında da, bir çok çalışmada tek bir tür kullanmak yerine, farklı teknolojik donanımların birlikte kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, çeşitli yazılımların ya da mobil uygulamaların videolarla birlikte kullanıldığı ve tasarlanan deney gruplarında farklı teknolojik donanımların birbirini desteklediği belirlenmiştir.

Dolayısıyla bu çalışmada, etki büyüklüklerinin teknolojik donanım türüne göre farklılaşp farklılaşmadığını belirlemek mümkün olmamıştır. Fakat yapılan benzer meta analiz çalışmalarına bakıldığında, kullanılan teknoloji türüne göre etki büyüklüklerinin değiştiğini bildiren çalışmalara rastlanmıştır. Örneğin Cheung ve Slavin (2013), 1980’li yıllardan itibaren yapılan toplam 74 araştırmanın meta analizini elde ettiği çalışmasında, teknolojinin kullanım türüne göre etki büyüklüğünün farklılaştığını bildirmiştir. Buna göre öğrencilerin ihtiyaçları doğrultusunda ek eğitimler sağlayan tamamlayıcı teknoloji tabanlı uygulamaların daha büyük etki büyüklüğüne sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Major, Francis ve Tsapali (2021), düşük ve orta gelirli ülkelerde öğrencilerin kişiselleştiren ve öğrenme düzeyine uyum sağlayan teknoloji kullanımının etkisini incelediği çalışmasında, 2007-2020 yılları arasında yapılmış toplam 16 çalışmada teknoloji kullanımının etkisinin düşük düzeyde (0,18) pozitif yönlü olduğu sonucuna ulaşmıştır. Daha fazla kişiselleştirilmiş uygulamaların, daha büyük etki büyüklüğüne neden olduğunu bildirmiştir. Dolayısıyla, uygulanan teknolojinin türünün de önemli olduğu söylenebilir.

Moderatör değişkenlere bakıldığında, teknoloji tabanlı uygulamaların, uygulanma sürelerine göre etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Benzer çalışmalara bakıldığında da, deney grubuna uygulanan teknoloji tabanlı uygulamaların sürelerinin, etki büyüklükleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Demir, 2013; Günhan ve Açıan, 2016). Benzer şekilde Sınıf düzeyinin de, etki büyüklüklerinin farklılaşmasında anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Sınıf düzeyinin moderatör olarak alındığı çalışmalara bakıldığında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Camnalbur ve Erdoğan, 2008; Günhan ve Açıan, 2016). Cheung ve Slavin (2013), teknoloji tabanlı uygulamaların sınıf düzeyine göre anlamlı düzeyde farklılaşmadığını bildirirse de, ilkökulda uygulanan çalışmaların daha yüksek etki düzeyinde olduğunu bildirmiştir. Fakat bu çalışmada, ilkökulda uygulanan çalışmaların etki büyüklüklerinin, ortaokul ve liseye göre çok daha düşük olduğu söylenebilir.

Çalışmalardaki örneklem büyüklüğü arttıkça, etki büyüklüklerinin anlamlı bir şekilde arttığı söylenebilir. Zira, 50 ve daha az sayıdaki katılımcılarla yapılan çalışmalarda etki büyüklüğü 0,141, 50-100 arası katılımcı ile yapılan çalışmalarda 0,431 ve 100 ve üzeri katılımcı ile yapılan çalışmalarda etki büyüklüğü 0,639 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda da, örneklem büyüklüğünün etki büyüklükleri üzerinde anlamlı bir şekilde farklılaştığı görülmektedir. Fakat küçük örneklem büyüklüğüne sahip çalışmaların, büyük örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalara göre daha büyük etki büyüklüğüne sahip olduğunu bildiren çalışmalar vardır (Cheung ve Slavin, 2011; Liao, 1999). Aynı zamanda, Göksu ve Bolat (2020), Türkiye’de teknoloji kullanımının akademik başarıya etkisini inceleyen meta analiz çalışmalarında, en yüksek etki büyüklüğüne sahip çalışmanın 61-100 arası örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalar olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, farklı teknolojilerin (akıllı tahta, GeoGebra, geometri yazılımları) kullanıldığı meta analiz çalışmalarında, örneklem büyüklüğünün akademik başarı üzerindeki etkisinin farklılaşmadığı çalışmalara da rastlanmıştır (Gündüz ve Kutluca, 2019; Günhan ve Açıan, 2016). Dolayısıyla, en iyi örneklem büyüklüğü hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.

ÖNERİLER

Bu çalışma, teknoloji içeren tüm uygulamaların kullanıldığı çalışmaları içermektedir. Buna rağmen bu araştırma için belirlenen indekslerdeki çalışma sayısının sınırlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, teknoloji tabanlı

uygulamaları içeren daha fazla sayıda nitelikli çalışmaya ihtiyaç vardır. Teknolojik uygulamaların hangi koşullarda daha faydalı olacağı, akademik başarı dışında hangi değişkenlerde daha etkili olduğu ayrıca farklı örneklem gruplarına göre (örneğin cinsiyet farklılıkları, üstün zekalılar, öğrenme güçlükleri olan çocuklar) nasıl etkisinin olduğu gibi sorular hala önemini korumaktadır.

ETİK METNİ

Bu çalışmada derginin etik durumlara ilişkin koyduğu tüm kurallara uyulmuştur. Ortaya çıkabilecek her türlü etik ihlal makalenin yazarına aittir. Çalışma, etik kurul izni gerektirmemektedir.

Yazar Katkı Oranı: Bu makalede yazarın katkı oranı %100'dür.

KAYNAKÇA

- *Alabdulaziz, M. S., & Alhammedi, A. (2021). Effectiveness of using thinking maps through the edmodo network to develop achievement and mathematical connections skills among middle school students. *Journal of Information Technology Education. Research*, 20, 1.
- Bakioğlu, A., ve Göktaş, E. (2020). Ortaokul Matematik ve Fen Bilimleri Derslerinde İşbirlikli Öğrenmenin Başarıya Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması. *Harran Maarif Dergisi*, 5(1), 1-30. <https://doi.org/10.22596/2020.0501.1.30>
- *Bedada, T., & Machaba, F. (2022). The effect of GeoGebra on STEM students learning trigonometric functions. *Cogent Education*, 9(1), 2034240. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2034240>
- *Birgin, O., & Uzun Yazıcı, K. (2021). The effect of GeoGebra software-supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 925-939. <https://doi.org/10.1111/jcal.12532>
- Borba, M. C. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: Humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1-2), 385-400.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., ve Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Camnalbur, M., ve Erdogan, Y. (2008). A Meta Analysis on the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction: Turkey Sample. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 8(2), 497-505.
- Cheung, A. C., ve Slavin, R. E. (2016). How methodological features affect effect sizes in education. *Educational Researcher*, 45(5), 283-292. <https://doi.org/10.3102/0013189X16656615>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis For The Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Çavuş, H., ve Deniz, S. (2022). The effect of technology assisted teaching on success in mathematics and geometry: A meta-analysis study. *Participatory Educational Research*, 9(2), 358-397. <https://doi.org/10.17275/per.22.45.9.2>

- Demir, S. (2013). Bilgisayar destekli matematik öğretiminin (BDMÖ) akademik başarıya etkisi: bir meta-analiz çalışması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Dinçer, S. (2014). Uygulamalı meta analiz. Ankara: Pegem Akademi.
- *Đokić, O. J., Boričić, M. M. D., & Jelić, M. S. (2022). Comparing ICT With Physical Manipulative Supported Learning of 3D Geometry in Elementary School. *Journal of Educational Computing Research*, 59(8), 1623-1654. <https://doi.org/10.1177/073563312110013>
- European Commission/EACEA/Eurydice, 2019. Digital Education at School in Europe. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Fabian, K., Topping, K. J., ve Barron, I. G. (2018). Using mobile technologies for mathematics: effects on student attitudes and achievement. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1119-1139. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s11423-018-9580-3>
- Field, A.P. and Gillett, R. (2010), How to do a meta-analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 63: 665-694. <https://doi.org/10.1348/000711010X502733>
- Flores-Bascunana, M., Diago, P. D., Villena-Taranilla, R., ve Ya'nez, ~ D. F. (2020). Ya'nez, "On augmented reality for the learning of 3D-geometric contents: A preliminary exploratory study with 6-grade primary students. *Education Sciences*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/educsci10010004>
- Gündüz, S., ve Kutluca, T. (2019). A meta-analysis study on the effect of the use of smart board in the teaching of mathematics and science to students' academic achievements. *Journal of Computer and Education Research*, 7(13), 183–204. <https://doi.org/10.18009/jcer.533986>
- Günhan, B. C., ve Açıan, H. (2016). The effect of using dynamic geometry software on the success of geometry: A meta-analysis study. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 7(1), 01-23. <https://doi.org/10.16949/turcomat.67541>
- Hedges, L. V., ve Vevea, J. L. (1998). Fixed-and random-effects models in meta-analysis. *Psychological methods*, 3(4), 486. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.3.4.486>
- Higgins, K., Huscroft-D'Angelo, J., ve Crawford, L. (2019). Effects of Technology in Mathematics on Achievement, Motivation, and Attitude: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 57(2), 283–319. <https://doi.org/10.1177/0735633117748416>
- *Kliziene, I., Taujanskiene, G., Augustiniene, A., Simonaitiene, B., & Cibulskas, G. (2021). The impact of the virtual learning platform EDUKA on the academic performance of primary school children. *Sustainability*, 13(4), 2268.
- *Kong, S. F., & Mohd Matore, M. E. E. (2021). Can a Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach enhance students' mathematics performance?. *Sustainability*, 14(1), 379. <https://doi.org/10.3390/su14010379>
- Koparan, T., Dinar, H., Koparan, E. T., ve Haldan, Z. S. (2023). Integrating augmented reality into mathematics teaching and learning and examining its effectiveness. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101245 <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101245> .

- Lin, Y. T., & Cheng, C. T. (2022). Effects of technology-enhanced board game in primary mathematics education on students' learning performance. *Applied Sciences*, 12(22), 11356. <http://dx.doi.org/10.3390/app122211356>
- Juandi, D., ve Priatna, N. (2018, May). Discovery learning model with geogebra assisted for improvement mathematical visual thinking ability. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1013, No. 1, p. 012209). IOP Publishing.
- Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., ve Wijaya, T. T. (2021). A meta-analysis of Geogebra software decade of assisted mathematics learning: what to learn and where to go?. *Heliyon*, 7(5), e06953. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953>
- Liao, Y. K. C. (1999). *Hypermedia And Students'achievement: A Meta-Analysis*. EdMedia+ Innovate Learning, 1398-1399.
- *Liburd, K. K. D., & Jen, H. Y. (2021). Investigating the effectiveness of using a technological approach on students' achievement in Mathematics—case study of a high school in a Caribbean country. *Sustainability*, 13(10), 5586. <https://doi.org/10.3390/su13105586>
- Loureiro, M. J., Linhares, R. N., ve Ramos, F. (2012). The Magellan project and Portuguese teachers' perspectives. In A paper presented at the 62nd Annual Conference of ICEM-International Council for Educational Media, Nicosia, Cyprus.
- Lopez-Illescas, C., de Moya-Anegon, F. ve Moed, H. F. (2008). Coverage and citation impact oncological journals in the Web of Science and Scopus. *Journal of Informetrics*, 2(4), 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.08.001>
- Major, L., Francis, G. A., ve Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low-and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1935-1964. <https://doi.org/10.1111/bjet.13116>
- Menghini, M., Furinghetti, F., Giacardi, L. M., ve Arzarello, F. (2008). The first century of the International Commission on Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics education (pp. 1-378). Istituto Della Enciclopedia Italiana.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., ve Prisma Group. (2009). Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Physical therapy*, 89(9), 873-880. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Mongeon, P. ve Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213-228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- MEB, (2018). 2023 Eğitim Vizyonu. Milli Eğitim Bakanlığı.
- *Mitrović, S., Božić, R., & Takači, Đ. (2022). Efficiency of blended learning of calculus content during the Covid19 crisis. *Interactive Learning Environments*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2076129>
- National Plan for Educational Use of Information and Communications Technology (2010). <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-plan>

- *Nogueira, V. B., Teixeira, D. G., de Lima, I. A. C. N., Moreira, M. V. C., de Oliveira, B. S. C., Pedrosa, I. M. B., ... & Jeronimo, S. M. B. (2022). Towards an inclusive digital literacy: An experimental intervention study in a rural area of Brazil. *Education and Information Technologies*, 27(2), 2807-2834. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10711-z>
- Preliminary Report Malaysia Education Blueprint (2013). <https://teachformalaysia.org/wp-content/uploads/2019/08/Preliminary-report-Blueprint-English.pdf>
- Priyono, S., ve Hermanto, R. (2015). Peningkatan kemampuan representasi matematik peserta didik dengan menggunakan model problem based learning (PBL) berbantuan media software Geogebra. *JP3M (Jurnal Penelitian Pendidikan dan Pengajaran Matematika)*, 1(1), 55-64. <https://doi.org/10.37058/jp3m.v1i1.145>
- Ran, H., Kim, N. J., ve Secada, W. G. (2022). A meta-analysis on the effects of technology's functions and roles on students' mathematics achievement in K-12 classrooms. *Journal of computer assisted learning*, 38(1), 258-284. <http://dx.doi.org/10.1111/jcal.12611>
- Soo, L. M. J., Karthikeyan, N., Lim, K. M., Bartholomaeus, C., ve Yelland, N. (2023). Children in the Singapore Education System. In *Children's Lifeworlds in a Global City: Singapore* (pp. 17-34). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., ve Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational research*, 81(1), 4-28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Tang, J., Wijaya, T. T., Weinhandl, R., Houghton, T., Lavicza, Z., & Habibi, A. (2022). Effects of micro-lectures on junior high school students' achievements and learning satisfaction in mathematics lessons. *Mathematics*, 10(16), 2973. <https://doi.org/10.3390/math10162973>
- <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-plan>
- Waldorf of Peninsula | 21st Century Smart Education - Silicon Valley (waldorfpenninsula.org)
- *Wang, T. H., Kao, C. H., & Wang, T. J. (2021). Implementation of mobile learning in mathematics instruction for elementary second graders. *Mathematics*, 9(14), 1603. <https://doi.org/10.3390/math9141603>
- Žakelj, A., & Klancar, A. (2022). The Role of Visual Representations in Geometry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1393-1411. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1393>
- * Zulnaidi, H., Oktavika, E., & Hidayat, R. (2020). Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students. *Education and Information Technologies*, 25, 51-72. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09899-y>
- *İşaretli kaynaklar meta analize dahil edilen çalışmalardır.