



Using Virtual Reality in Primary Education: A Systematic Review

Eyüp YÜNKÜL¹

Abstract

The concept of virtual reality is defined as a set of technologies that support the creation of highly interactive three-dimensional spatial environments that represent real or unreal situations. Virtual Reality (VR) technologies have become a powerful and promising tool in education due to their unique technological features that make them different from other Information Communication Technologies (ICT) applications. For this reason, it is important to use VR in educational institutions and to investigate its effect on learning. In this direction, the aim of the research is to make a systematic compilation of research on virtual reality applications in education. 38 articles selected according to certain criteria were included. Content analysis was used in the research. According to the research findings, it was determined that quantitative methods were mostly used in the articles, most research was conducted at the 5th and 6th-grade levels, and virtual reality was mostly used in science teaching. In addition, the results showed that learning environments that include virtual and augmented reality elements can improve learners' spatial thinking and problem-solving skills. At the end of the research, it was suggested that mixed methods should be preferred, and different databases should be used for future studies on virtual reality.

Anahtar Kelimeler

Virtual reality
Instructional technology
Systematic review

About Article

Sending date: 06.06.2022
Acceptance Date: 06.08.2022
E-Publication Date: 31.08.2022

¹ Assist. Prof. Dr., Balıkesir Üniversitesi, Türkiye, eyunkul@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6177-3766>

Introduction

Virtual Reality (VR) technologies have become a powerful and promising tool in education due to their unique technological features that make them different from other Information Communication Technologies (ICT) applications. Accordingly, the concept of virtual reality can be defined as a mosaic of technologies that support the creation of highly interactive three-dimensional spatial environments that represent real or unreal situations. Within this scope, virtual reality applications can be used pedagogically with their unique technological features that allow users to enter/focus in the created virtual environment, enable multi-sensor channels to ensure user interaction, and promote intuitive real-time interaction through natural manipulations (Mikropoulos and Bellou, 2013). At this point, virtual reality needs to be defined correctly and integrated into education programs in the most efficient way. As a result of this integration, the individual will be able to have a modern way of thinking and benefit from innovations in the most efficient way. In this sense, the study is a compilation of the usability of virtual reality applications in the field of education.

The word "virtual" is defined as imagined, hypothetical, or predictive, which has no place in reality (TDK, 2019). The concept of virtual reality, which is formed by the combination of these two words, is defined as an artificial and interactive environment where one or more people can participate electronically and physically interfere with objects, a simulation of reality, or an artificial and interactive environment that has established its own reality (Heim, 1993).

Virtual reality technology, a system to be perceived as realistically as possible, introduces a new perception of reality in a simulated environment of the new age (Guttentag, 2010; Jenny, 2017; Punako Jr, 2018). Everything in virtual reality technology has a digital and virtual infrastructure. Unlike augmented reality, virtual reality aims to keep users away from the real world and to re-create themselves on the virtual ground with full concentration (Kounavis, Kasimati, and Zamani, 2012).

In this sense, it is possible to say that virtual reality and augmented reality have been researched, used, and developed in many fields such as medicine, design, engineering, plastic surgery, advertising, tourism, architecture, robotics, military, social networks, and education (Kim, Kim, and Kim, 2017; Özel and Uluyol, 2016; Wang, Wu, Wang, Chi, and Wang, 2018; Yung, Khoo-Lattimore, and Potter, 2021). Images in virtual reality environments can be presented as a copy of real-world objects and can be controlled with auxiliary tools (Stull, 2009). Virtual reality, which increases the interaction of machines and humans and effectively addresses the human senses with multimedia, can also appeal to the senses by exceeding the visual and auditory interaction, thus increasing the power of communication. In this respect, virtual reality is a concept that attracts attention in many different fields, as well as pointing to a very important point in the framework of education. It is said that virtual reality technologies have strengths and can provide serious benefits that can support education. Since it is frequently emphasized in the literature that the use of virtual reality encourages student participation in education, facilitates the transfer of knowledge to the real world, and provides an experience that encourages learning by doing (Boda and Brown, 2020a; Dalari, 2019; Peng and Lee, 2020; Putman and Id-Deen, 2019; Subramanian and Marsic, 2001; Trindade, Fiolhais, and Almeida, 2002). At the same time, it creates an active educational environment by rejecting passive learning. In this sense, some studies emphasize the importance of supporting the use of virtual reality in education. For example, Christopoulos, Conrad, and Shukla (2018) argue that the coexistence of both virtual and traditional learning environments will significantly increase success in education.

In addition to the unavoidable development of technology, the increase in criticism of traditional learning has also been effective in the attention given to education. Upon the criticism of some of the deficiencies of traditional learning, many computer-assisted alternative applications have begun to focus on eliminating the deficiencies. Augmented and virtual reality applications have thus begun to be integrated into learning processes. With virtual reality technology, a proactive process in which experiential learning is at the forefront can be achieved. In an environment that is very similar to the real world, one can almost truly experience that virtual space by living it (Feng, González, Amor, Lovreglio, and Cabrera-Guerrero, 2018; Yifan, Wu, Huang, Cohen-Or, and Sorkine-Hornung, 2019). For example, Serious Games can be shown as one of the applications in which virtual reality is supported by equipment, which is focused on behavior and analysis (immersive virtual reality) rather

than entertainment (Connolly et al., 2012). Feng et al. (2018) stated that 'serious games' attract more and more attention and their applications are increasing. This situation creates a high impact in terms of making virtual reality more visible and preferable especially in education. With serious games, an environment where the designed situation in a room is experienced exactly and the person can interact with the virtual environment with the equipment (gloves, helmet, etc.) and receive clear feedback can be achieved. These exemplary applications and games are one of the biggest proofs of stepping into a brand-new era in education.

Many researchers agree that advanced virtual reality applications can produce effective results in different fields. For example, the belief that it will be highly beneficial in terms of visiting an exhibition in a museum in 3D, learning the environment by interacting socially, empowering people with social and psychological virtual dialogues, or adopting ideal behaviors to be preferred in emergencies is getting stronger (Bailenson et al., 2008; Carrozzino and Bergamasco, 2010; Li et al., 2017).

Apart from this, many different studies can be found on the use of virtual reality and augmented reality as accessible and easily applicable in daily education (Elmqaddem, 2019). For example, measuring the effect of virtual reality in a flipped classroom (Ji and Han, 2019), evaluating learning, measuring the effect of virtual reality-based game programs in quizzes and trials (Al-Azawei, Baiee, and Mohammed, 2019), and the effect of using virtual reality in education on increasing creativity (Hu and Han, 2019; Ji and Han, 2019). There are studies that touch on different points in the use of virtual reality. It can be said that such studies are important evidence that the use of virtual reality in education is increasing. As a result of these studies, a different perspective has also been opened and teachers' perspectives on the use of virtual reality have also become a subject of examination (Patterson and Han, 2019) because teachers' perspectives on the use of virtual reality are of course important in terms of better understanding, explaining, and increasing the use of virtual reality applications in education.

In the literature, it is possible to encounter some studies that focus on the result rather than the user and try to reveal the learning outcomes at the point of realizing the learning experience with virtual reality equipment (Alhalabi, 2016; Gutierrez-Maldonado, Andres-Pueyo, and Talarn-Caparrós, 2015; Huang, Chen, and Chou, 2016). For instance, some studies examine only the application areas of Helmet Mounted Display (virtual reality headset systems) in education and practice (Andreoli et al., 2016; Jensen and Konradsen, 2018), about the use of virtual reality glasses in education (Çankaya, 2019) and Three-Dimensional Multi-User Virtual Environments (MUVE) to measure their contribution to education (Mantziou, Papachristos, and Mikropoulos, 2018).

There are studies investigating the use of virtual reality in the analysis and facilitation of dance learning (Yang, Liu, Jiang, Song, and Lu, 2018), the use of virtual reality tools in learning Chinese (Xie, Ryder, and Chen, 2019), the use of virtual reality to learn swimming (Guo, 2016) and teach music (Degli Innocenti et al., 2019), the use of virtual reality in mathematics teaching (Xu and Ke, 2016), and the use of virtual reality to measure success in learning a second language and verbal proficiency (Chinese) (Xie et al., 2019). It is possible to see studies in which the use of virtual reality in increasing the effectiveness of English language learning (Yang, and Liao, 2014) is directly examined in detail over different dimensions of education. Therefore, these studies show that the subject is popular and has become prominent as it has been increasingly studied in subjective fields in education.

Based on all these studies, it can be said that Virtual Reality applications are an appropriate field that should be discussed and developed, especially in education. Virtual reality is different from traditional methods for reasons such as increasing the attractiveness of the taught content, being sustainable and always open to development, creating a new and modern image, being versatile, providing convenience, making it fun, making it accessible, providing professionalism, providing effectiveness and efficiency, and providing satisfaction. It is thought that it can be much more useful and therefore it is recommended to increase its effective use in education. From this point of view, this study aims to define the concept in the first place and at the same time to profile the work integrity in the field by compiling the articles. In addition, it has been determined that there is no systematic

compilation of studies on the use of virtual reality at the primary education level. In this sense, it can be said that it can be a study that will contribute to the field. This study, which aims to systematically compile the research on virtual reality application in education, answers to the following questions were sought:

1. What are the aims of the research?
2. What are the keywords used in research?
3. What are the research designs and data collection tools?
4. Who constituted the participants of the studies?
5. What are the important results of the research?

Method

The systematic review method was used in this study, which aims to examine the research on the use of Virtual Reality in education. Systematic Review (SR) is the systematic and unbiased examining of studies on the same subject in accordance with the determined criteria in order to find an answer to a research question prepared on a certain subject, evaluating the validity of the studies found and combining them by synthesizing (Çınar, 2021). In this study, it was aimed to identify and evaluate the studies examined in the ERIC database, which is the field index in social sciences, related to the use of VR in education. The reason for choosing the ERIC database is that it is a well-known and comprehensive database in the field of social sciences and offers access to many articles.

High methodological quality in the systematic compilation process and good reporting will contribute significantly to the interpretation and generalization of research results (Çınar, 2021). Accordingly, in a good systematic review, a research question is formed, inclusion and exclusion criteria are determined, a protocol is made, a comprehensive literature review is made, the quality and validity of the data are evaluated, and finally the findings are synthesized, interpreted, and reported (Möller and Myles, 2016). In this direction, the stages of the systematic compilation process are to reveal the purpose clearly and understandably, to select the relevant studies according to the determined criteria, to determine the critical features of the selected studies, and finally to synthesize in line with the data obtained (Çınar, 2021).

Research articles published in the last 4 years (2018-2021) were examined in order to determine the latest trends in the related subject. There were 64 research studies published in the ERIC database between 2018-2021. The keyword "Virtual Reality" was used while searching. In addition, "primary school", "secondary school", and "research article" filters were used for the purpose of the research. While deciding on the studies included in the evaluation, attention was paid to the fact that the studies were only related to the use of virtual reality in education. Some of these studies were excluded from the scope of the research due to access problems, irrelevant subjects, and sample differences. In this context, in the study using the systematic review method, research articles published between 2018-2021 on the use of VR in education, open to access, in which the participants were primary and secondary school students, were used. As a result, 38 articles were examined within the scope of the research. The research process is given in Figure 1.

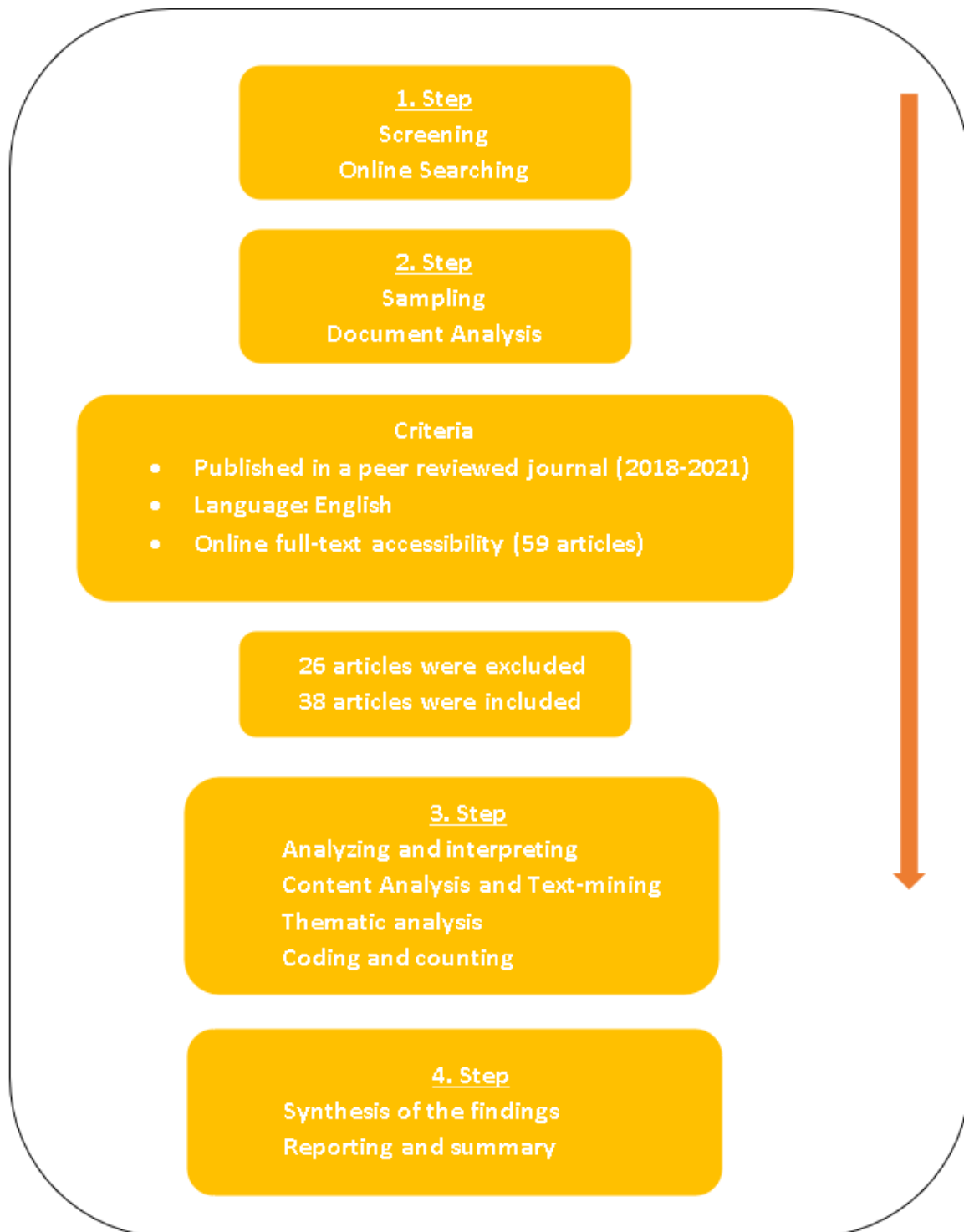


Figure 1. Research process

Reliability

The codes and information in the downloaded articles were entered into an excel table. The researcher and three colleagues reviewed the publications in detail.

Results

In this section, the purpose of the articles within the scope of the research, the keywords used, research designs and data collection tools, participants, and important results were examined. Figure 2 shows the distribution of articles by years.

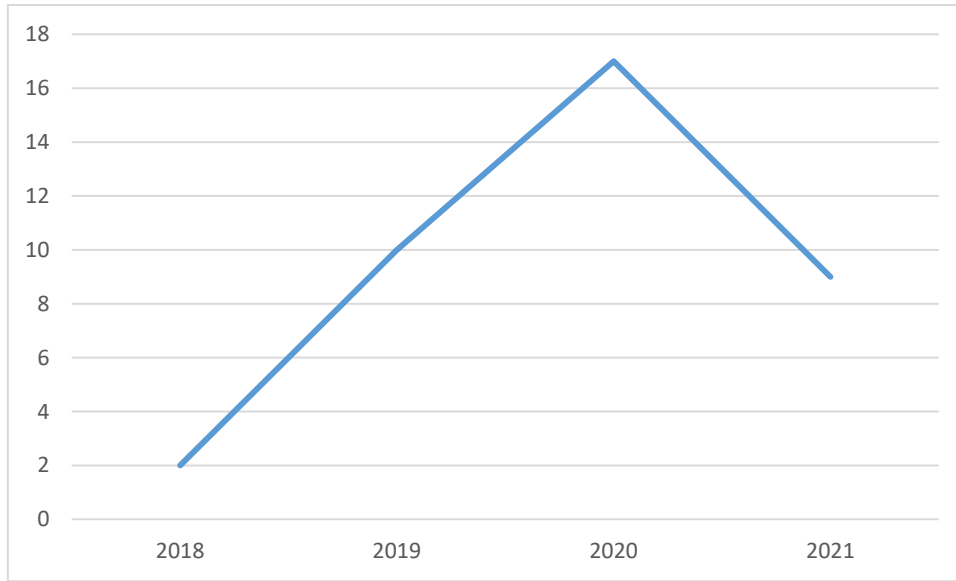


Figure 2. Distribution of articles by years

After 2018, there has been a rapid and significant increase in the number of articles. However, we see that the number of articles decreased in 2021. This can be caused by the negative effect of the COVID-19 pandemic on education because it has become very difficult for researchers to study, practice, and access the participants.

1. *Aims of research*

Since the use of Virtual Reality in primary education was examined within the scope of this study, the participants in the articles examined were between the 4th -8th grades. It is seen that there are students in classes. Mostly, the effect of virtual reality on course success in these studies (Çakıroğlu, Aydın, Özkan, Turan, and Cihan, 2021; Chang, Hsu, Kuo, and Jong, 2020; Chen, Chang, and Chuang, 2022; Liu, Wang, Lei, Wang, and Ren, 2020; Liu, Lin, Wang, Yeh, and Kalyuga, 2021; Putman and Id-Deen, 2019; Sarioğlu and Girgin, 2020; Weng, Rathinasabapathi, Weng, and Zagita, 2019; Wu, Guo, Wang, and Zeng, 2021), perception and attitude towards the lesson (Boda and Brown, 2020b; Cheng and Tsai, 2020; Putman and Id-Deen, 2019; Sarioğlu and Girgin, 2020; Yıldırım, Şahin Topalcengiz, Arıkan, and Timur, 2020), effect on students' visuospatial skills (Han, 2021; Petersen, Klingenberg, Mayer, and Makransky, 2020; Purcell, 2020) and testing multimedia design principles (Chen et al., 2022; Harvey, Deuel, and Marlatt, 2019; Liu et al., 2021; Maher and Buchanan, 2021) are discussed.

When these articles, which were systematically compiled, are examined in general, it has been observed that the effect of virtual reality applications on learner success, especially in science education, has been investigated. In addition, it was examined whether the attitudes of the students towards the lesson changed after the virtual reality application.

2. *Keywords used*

While most of the articles in the study included various keywords, we did not find any keywords related to some studies. Parallel to the distribution of topics in the articles, virtual reality (Boda and Brown, 2020a; Bill Brown, Boda, Ribay, Wilsey, and Perez, 2021; Çakıroğlu et al., 2021; Chang, Hsu, Chen, and Jong, 2020; Chen et al., 2022; Demitriadou, Stavroulia, and Lanitis, 2020; Gumonan and Fabregas, 2021; Hite, et al., 2019; Hu and Han, 2019; Liu et al., 2021; Peng and Lee,

2020 ; Sontay and Karamustafaoglu, 2021; Tai and Chen, 2021) and science education (Bill Brown, et al., 2021; Çakıroğlu et al., 2021; Hite, et al., 2019; Peng and Lee, 2020; Wu et al. al., 2021) were used.

3. *Research designs and data collection tools*

The research designs examined within the scope of the study show diversity. In this direction, it is seen that quantitative research methods, qualitative research methods, and mixed research methods are used in the articles. Table 1 includes the research methods and data collection tools used in the articles.

Table 1. Research methods used in the studies

Method	Data Collection Tool	Articles
Quantitative (Descriptive)	Questionnaire	(Chang et al., 2020; Chen et al., 2022; Dimitriadou et al., 2020; Hu and Han, 2019; Liu et al., 2021; Peng and Lee, 2020; Sontay and Karamustafaoglu, 2021)
	Attitude Scale	(Boda and Brown, 2020b; Cheng and Tsai, 2020; Hite, et al., 2019)
	Achievement test	(Acar, 2020; Chen et al., 2022; Peng and Lee, 2020; Wu et al., 2021)
	Information collection form	(Cheng and Tsai, 2020; Liu et al., 2021; Wu et al., 2021)
	Open-ended form	(Hite, et al., 2019; Sun, Pan, Wan, Li, and Wu, 2021)
Qualitative (Case study, Phenomenology)	Interview form	(Han, 2021; Patterson and Han, 2019; Putman and Id-Deen, 2019; Sontay and Karamustafaoglu, 2021)
	Open-ended form	(Han, 2021; Harron, Petrosino, and Jenevein, 2019)
Mixed method	Interview form and survey	(Brown, Pérez, Ribay, Boda, and Wilsey, 2021; Lee and Shea, 2020; Tai and Chen, 2021)
	Report	(Boda and Brown, 2020a; Chang, et al., 2020; Yang, Chen, Zheng, and Hwang, 2021)
Other	Content analysis	(Han, 2021)
	Application development	(Gumonán and Fabregas, 2021)
	Experimental	(Çakıroğlu et al., 2021; Dalari, 2019; Hite, Childers, Jones, Corin, and Pereyra, 2021; Martončík, Babjáčová, Čupková, Köverová, and Kačmárová, 2020; Tai and Chen, 2021)

When Table 1 is examined, various research methods preferred in articles naturally contain different data collection tools. However, it can be said that quantitative methods are mostly chosen, and the number of articles using qualitative and mixed methods is close to each other. There was no meta-analysis study related to virtual reality, which is the subject of our study.

4. Participants

The scope of our research includes the primary education level. For this reason, the articles mostly included participants between the 4th and 8th grades as a sample. There were students studying in the classrooms. However, it is seen that teachers working in primary education also take part in the studies as participants. The grade levels of the participating students are given in Table 2.

Table 1. Grade levels of the participants in the articles

Participants	Articles
4th grade students	(Çakıroğlu et al., 2021; Purcell, 2020)
5th grade students	(Brown et al., 2021; Chang, Hsu, Kuo, et al., 2020; Cheng and Tsai, 2020; Dalari, 2019; Martončik et al., 2020; Wu et al., 2021)
6th grade students	(Hu and Han, 2019; Liu et al., 2020; Peng and Lee, 2020; Sontay and Karamustafaoglu, 2021; Sun et al., 2021; Wu et al., 2021)
7th grade students	(Acar, 2020; Bennett, Uink, and Cross, 2020; Gumonan and Fabregas, 2021; Hite et al., 2021)
8th grade students	(Chen et al., 2022; Harvey et al., 2019; Petersen et al., 2020; Tai and Chen, 2021)

When Table 2 is examined, it is seen that the 5th grade students were mostly studied in the studies. This is followed by 6th graders. It is clear that the least studied participants were the 4th-grade students.

5. Important results in the articles

The main themes were formed by examining the results in the articles. Table 3 includes these main themes and sub-themes. Some results, however, were not given in the virtual reality environment development studies; these studies were not included in the table.

Table 2. Important results in the articles

Themes	Results	Articles
Success	As a result of the research, it was concluded that the use of virtual reality technology in teaching the subject of cell has a significant effect on the success of the students.	(Sarioğlu and Girgin, 2020)
	It shows a significant impact on students' learning outcomes.	(Wu et al., 2021)
	It has led to more efficient learning and understanding of mathematical concepts compared to traditional teaching methods.	(Dimitriadou et al., 2020)
	VR practice has had significant effects on foreign learning.	(Chen et al., 2022)
	It showed that listening comprehension and retention were significantly higher with VR play than with video watchers.	(Tai and Chen, 2021)
	It helped them activate their prior knowledge and make appropriate inferences.	(Tai and Chen, 2021)
	It reduced anxiety and thus aided cognition.	(Tai and Chen, 2021)
Attitude	He revealed that he achieved high academic achievement and participation scores (cognitive, behavioral, emotional, and social).	(Liu et al., 2020)
	As a result of the research, it was concluded that the use of virtual reality technology in teaching the subject of cell has a significant effect on students' attitudes toward the lesson.	(Sarioğlu and Girgin, 2020)
	The virtual reality environment had positive effects on students with weaker learning attitudes.	(Wu et al., 2021)
	We found that all students using VR improved their attitudes towards science.	(Bill Brown, et al., 2021)
	In particular, students with lower self-efficacy levels may have participated more in VR environments and had more positive learning attitudes.	(Cheng and Tsai, 2020)

Table 3. Important results in the articles (Continued)

Themes	Results	Articles
Visualization	The findings of this study allowed the use of VR for teachers to visualize abstract topics.	(Harron et al., 2019)
Enrichment	The findings of this study show that the use of VR allows enriching teaching.	(Harron et al., 2019)
Foreign language	This article showed that simulated games in virtual reality can be applied to improve the pronunciation skills of English learners.	(Aleml and Khatony, 2020)
Science teaching	It shows that students have improved their perceptions of the connection between science content and socio-political application to social justice issues.	(Wu et al., 2021)
	It has been stated that teachers can have the types of experiences they think would be good for VR in science classrooms.	Harron et al., 2019)
	Discovering very large or very small size scales	
	Experimental results have shown that the use of VR in science education has beneficial results.	(Liu et al., 2020)
	It increased learning success in natural sciences.	(Chang et al., 2020)
	It has shown that it is effective in better understanding the systems in our body.	(Sontay and Karamustafaoglu, 2021)
Practise	The implications highlight the potential to leverage VR technology as a science education delivery tool that clearly gives students the opportunity to combine content learning with social action.	(B. Brown, Ribay, Pérez, Boda, and Wilsey, 2020)
	It offers the opportunity to visit inaccessible or unsafe places.	(Dalari, 2019)
	Overall, the results show that iPad-based play enables children to cross the road in an immersive environment without risk, and can be a useful, evidence-based addition to existing road safety education in UK schools.	(Purcell, 2020)
Problem solving	It shows that it has a significant impact on students' problem-solving abilities.	(Wu et al., 2021)
	The hands-on approach improved their problem-solving and metacognitive skills.	(Chang et al., 2020)
	It can help students answer questions and solve problems more effectively.	(Chang et al., 2020)(Chang, Hsu, Kuo, et al., 2020)
Spatial thinking	The use of augmented reality and virtual reality has produced positive results, especially for students with low spatial abilities.	(Weng et al., 2019)
	Visiting three-dimensional virtual museums improves students' spatial intelligence skills thanks to virtual reality.	(Dalari, 2019)
	When evaluated using Piaget's cognitive development inventory, analyzes showed that sixth-grade students' understandings of spatial rotation and angular geometry correlated positively with reported perceived control and negatively with distraction.	(Hite, et al., 2019)
Interaction	The virtual reality application has increased the interaction.	(Demitriadou et al., 2020)
	It brought student participation from the edge to the centre.	(Tai and Chen, 2021)
	Interactive student participation has a significant positive effect on higher-level competence development.	(Sun et al., 2021)
	Virtual reality-based learning environment provides high student-content interaction.	(Çakıroğlu et al., 2021)
	The platform was found to provide students with greater access to information and control and foster interactions.	(Maher and Buchanan, 2021)
Interesting	Virtual reality applications contain interesting elements.	(Han, 2021)
	These applications provide a real and augmented virtual presence perception.	(Han, 2021)
		(Tai and Chen, 2021)
Negative	Interviews revealed that most gamers find listening to VR-enabled EFL interesting and beneficial.	(Han, 2021)
	However, they also expressed concerns about health and safety, psychological side effects, technical malfunctions and low social interaction.	(Chen et al., 2022)
Complement	The application had no effect on intrinsic cognitive load.	(Lee and Shea, 2020)

Table 4. Important results in the articles (Continued)

Themes	Results	Articles
Motivation	It showed that he began to see VR applications as complementary educational tools. SG practice had significant effects on cognition and creative motivation. It also increased their motivation to learn.	(Chen et al., 2022) (Chang et al., 2020)(Chang, Hsu, Kuo, et al., 2020) (Sontay and Karamustafaoglu, 2021)
Cognitive load	It has been shown that it is effective in increasing students' motivation to science lessons. VR practice had significant effects on foreign learning and related cognitive load.	(Chen et al., 2022) (Tai and Chen, 2021)
Entertainment and Satisfaction	It prevented excessive cognitive load.	(Sontay and Karamustafaoglu, 2021)
spatial thinking	It has proven effective in making lessons fun. Students had fun experiences in learning with VR.	(Cheng and Tsai, 2020) (Yang et al., 2021)

As a result of the content analysis for the results section of the articles, we see that the themes of academic achievement, attitude, interaction, problem solving, interesting, science teaching, and attitude come to the fore. Since the participants in the articles were mostly students, the results focused on factors such as learner success, learner attitude, and learner interaction with the content. It has been found that mostly positive results are reflected in VR, but there are also negative results such as "low social interaction" and "inability to reduce cognitive load". In addition to the results mentioned above, important themes such as fun, satisfaction, motivation and complement were also included.

Discussion, Conclusion and Recommendations

In this systematic review, 38 articles on the use of virtual reality in education were examined. Accordingly, it has been observed that quite a lot of work has been conducted between 2019-2021. Quantitative research methods were used in most of the studies, followed by qualitative research and mixed research methods. It has been determined that questionnaires, attitude scales, achievement tests, interview forms, and questionnaires are mostly used as data collection forms. It has also been seen that experimental design is frequently used in studies. It is expected to use an experimental design in an applied subject such as virtual reality. This result is consistent with the result of Çankaya's study (2019). On the other hand, although mixed methods were used in some studies, the number of these studies was insufficient. Both quantitative and qualitative techniques are used in the same research, and it is very effective in seeking answers to research problems (Adnan and Gökçek, 2012).

When the participants in the articles were examined, it was seen that the 5th and 6th grades were mostly studied. In addition, there are studies at the 4th, 7th, and 8th-grade levels. There was no study about virtual reality before the 4th grade. Children over the age of 12 or 13 can use this technology, depending on the age limit imposed on VR technology by several manufacturers (Araiza-Alba, Keane, and Kaufman, 2022). For this reason, it is natural that studies are concentrated at the 5th, 6th, 7th, and 8th-grade levels and that there are no studies on learners at lower-grade levels. In addition, it has been stated in the literature that the participants in virtual reality studies in education are mostly at the high school and undergraduate levels, and there are few studies at the primary and secondary school level (Çankaya, 2019). Among the reasons for this, the discussion of whether VR is suitable for learners at lower education levels can be cited.

In keyword analysis, it is seen that "virtual reality" and "science education" are used the most. We can say that the keyword "virtual reality" is preferred because it represents the main subject of our research. The fact that virtual reality applications are mostly made in the field of science is the reason why the keyword "science teaching" is among the most used ones. This situation is compatible with the studies of Durukan, Artun, and Temur (2020) and Tekdal and Saygmer (2016).

When the results in the articles included in the research are examined, it is seen that the use of VR in primary and secondary school lessons has a positive effect on the success of the students. Among the reasons for this are that virtual reality technology concretizes the subjects and increases their intelligibility (Elmqaddem, 2019; Topuz, 2018), makes the lesson interesting (Hopp, Pfiel,

Schuster, Tiefenbacher, and Reiner, 2020), and enables student participation (Detyna and Kadiri, May 2020; Nesenbergs, Abolins, Ormanis, and Mednis, 2020).

According to the findings of our research, another important aspect of the use of virtual reality in education is that it positively affects the attitude of the learners towards the lesson. It is natural for the attitudes to be at a high level when the learner's success is high because there is a positive correlation between learners' attitudes towards lessons and their success (Özkal, Güngör, and Çetingöz, 2004).

The theme of "teaching science" shows that virtual reality applications in education are mostly used in the field of science. According to the results in the articles, it has been revealed that virtual reality gives very successful results mostly in experimental research in this field (Liou and Chang, 2018; Pirker, Kopf, Kainz, Dengel, and Buchbauer, 2021). These results are in line with the results of our study. In addition, there are systematic review studies (Agbo, Sanusi, Oyelere, and Suhonen, 2021; Durukan et al., 2020) examining the use of VR, especially in science.

Another remarkable issue among the results of the articles is the positive effect of VR on the problem-solving skills of learners. In addition, it was stated that students' answering questions and solving them effectively had a positive effect. This can be explained by the fact that the surrounding VR environment is interesting, enjoyable, and engaging. There are studies in the literature that support this result (Hwang and Hu, 2013; Kim, So, and Park, 2022). One of the important factors affecting this situation is the VR environment design.

The results in the articles showed that the VR environment together with the augmented reality environment can improve the spatial thinking skills of the learners. This result was reported by Buja et al. (2013) and shows parallelism with the study. When the results are examined, it is seen that the element of interaction in the virtual reality environment also comes to the fore. The type of interaction in question is learner-content (objects, etc.) interaction. At the same time, more than one user can interact in the same environment (Karasar, 2004). In the literature, it is stated that the interactive participation of learners in VR environments increases success and motivation for the lesson (Hudson, Matson-Barkat, Pallamin, and Jegou, 2019; Pan and Zhou, 2013). Apart from these, among the results in the articles, it was seen that VR environments increased the motivation of the learners towards the lesson and were interesting and entertaining.

In light of these results, the following recommendations can be made.

- It is recommended to focus on mixed designs while conducting virtual reality research.
- It is recommended to increase the number of studies investigating the positive/negative effects of VR on learners at primary and secondary school levels.
- Considering that VR environments are interesting, it is recommended to work with content developer experts in line with the importance of content design.
- It is recommended to carry out studies in other fields, such as VR research, which focuses on the field of science.
- When appropriate conditions occur, VR environments should be integrated into the lessons and used as a supportive element in teaching.
- This study was created from the articles in the ERIC database. It will be useful to examine the articles in other databases.
- This study is a systematic review study examining the use of virtual reality in primary and secondary schools. In future research, studies can be conducted in which different levels are determined as participants.

References

- Acar, A. (2020). The effect of virtual reality enhanced learning environment on the 7th-grade students' reading and writing skills in English. In *Malaysian Online Journal of Educational Sciences 7Th-Grade Students' Reading and Writing Skills in English* (Vol. 8, pp. 22–33).
- Adnan, B., & Gökçek, T. (2012). Karma yöntem araştırmalarına genel bir bakış. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(42), 1–21.

- Agbo, F. J., Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., & Suhonen, J. (2021). Application of virtual reality in computer science education: a systemic review based on bibliometric and content analysis methods. *Education Sciences*, 11(3), 142.
- Al-Azawei, A., Baiee, W. R., & Mohammed, M. A. (2019). Learners' experience towards e-assessment tools: A comparative study on virtual reality and moodle Quiz. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(5).
- Alemi, M., & Khatony, S. (2020). Virtual reality assisted pronunciation training (vrapt) for young efl learners. *Teaching English with Technology*, 20(4), 59–81.
- Alhalabi, W. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 919–925.
- Andreoli, R., Corolla, A., Faggiano, A., Malandrino, D., Pirozzi, D., Ranaldi, M., ... Scarano, V. (2016). Immersivity and playability evaluation of a game experience in cultural heritage. In *Euro-Mediterranean Conference* (pp. 814–824). Springer.
- Araiza-Alba, P., Keane, T., & Kaufman, J. (2022). Are we ready for virtual reality in K–12 classrooms? *Technology, Pedagogy and Education*, 1–21.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47.
- Bailenson, J. N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A. C., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). The use of immersive virtual reality in the learning sciences: Digital transformations of teachers, students, and social context. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(1), 102–141.
- Bennett, R., Uink, B., & Cross, S. (2020). Beyond the social: Cumulative implications of COVID-19 for first nations university students in Australia. *Social Sciences & Humanities Open*, 2(1), 100083.
- Boda, P. A., & Brown, B. (2020a). Designing for relationality in virtual reality: Context-specific learning as a primer for content relevancy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 691–702. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09849-1>
- Boda, P. A., & Brown, B. (2020b). Priming urban learners' attitudes toward the relevancy of science: A mixed-methods study testing the importance of context. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(4), 567–596. <https://doi.org/10.1002/tea.21604>
- Brown, B., Ribay, K., Pérez, G., Boda, P. A., & Wilsey, M. (2020). A virtual bridge to cultural access: Culturally relevant virtual reality and its impact on science students. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(2), 86–97. <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i2.45>
- Brown, Bill, Boda, P., Ribay, K., Wilsey, M., & Perez, G. (2021). A technological bridge to equity: how VR designed through culturally relevant principles impact students appreciation of science. *Learning, Media and Technology*, 46(4), 564–584. <https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1948427>
- Brown, B., Pérez, G., Ribay, K., Boda, P. A., & Wilsey, M. (2021). Teaching Culturally Relevant Science in Virtual Reality: “When a Problem Comes, You Can Solve It with Science.” *Journal of Science Teacher Education*, 32(1), 7–38. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1778248>
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536–544.
- Çakiroğlu, Ü., Aydın, M., Özkan, A., Turan, Ş., & Cihan, A. (2021). Perceived learning in virtual reality and animation-based learning environments: A case of the understanding our body topic. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5109–5126. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10522-2>
- Çankaya, S. (2019). Use of VR headsets in education: A systematic review study. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 2(1), 74–88.
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452–458.
- Chang, S. C., Hsu, T. C., Chen, Y. N., & Jong, M. S. yung. (2020). The effects of spherical video-based virtual reality implementation on students' natural science learning effectiveness. *Interactive Learning Environments*, 28(7), 915–929. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1548490>
- Chang, S. C., Hsu, T. C., Kuo, W. C., & Jong, M. S. Y. (2020). Effects of applying a VR-based two-tier test strategy to promote elementary students' learning performance in a Geology class. *British Journal of Educational Technology*, 51(1), 148–165. <https://doi.org/10.1111/bjet.12790>

- Chen, Y. C., Chang, Y. S., & Chuang, M. J. (2022). Virtual reality application influences cognitive load-mediated creativity components and creative performance in engineering design. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 6–18. <https://doi.org/10.1111/jcal.12588>
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2139–2158. <https://doi.org/10.1111/bjet.12956>
- Christopoulos, A., Conrad, M., & Shukla, M. (2018). Increasing student engagement through virtual interactions: How? *Virtual Reality*, 22(4), 353–369.
- Çımar, N. (2021). İyi bir sistematik derleme nasıl yazılmalı? *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(2), 310–314.
- Connolly, A. C., Guntupalli, J. S., Gors, J., Hanke, M., Halchenko, Y. O., Wu, Y.-C., ... Haxby, J. V. (2012). The representation of biological classes in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 32(8), 2608–2618.
- Cranmer, C. (2017). *Preserving the emerging: virtual reality and 360-degree video*. An internship research report. Netherlands Institute for Sound and Vision ...
- Dalari, A. (2019). The subject of arts education through the use of new technologies. The case of the virtual museum. *Australian Educational Computing*, 34(1), 1–9.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32.
- Degli Innocenti, E., Geronazzo, M., Vescovi, D., Nordahl, R., Serafin, S., Ludovico, L. A., & Avanzini, F. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers & Education*, 139, 102–117.
- Demitriadou, E., Stavroulia, K. E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381–401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Detyna, M., & Kadiri, M. (2020). Virtual reality in the HE classroom: feasibility, and the potential to embed in the curriculum. *Journal of Geography in Higher Education*, 44(3), 474–485.
- Durukan, A., Artun, H., & Temur, A. (2020). Virtual Reality in Science Education: A Descriptive Review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132–142.
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3).
- Feng, Z., González, V. A., Amor, R., Lovreglio, R., & Cabrera-Guerrero, G. (2018). Immersive virtual reality serious games for evacuation training and research: A systematic literature review. *Computers & Education*, 127, 252–266.
- Fritz, F., Susperregui, A., & Linaza, M. T. (2005). Enhancing cultural tourism experiences with augmented reality technologies. 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural ...
- Goh, E., & Sigala, M. (2020). Integrating Information & Communication Technologies (ICT) into classroom instruction: teaching tips for hospitality educators from a diffusion of innovation approach. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 20(2), 156–165.
- Gumonon, K. M. V., & Fabregas, A. (2021). ASI AVR: Asian Studies Virtual Reality Game a Learning Tool. *International Journal of Computing Sciences Research*, 5(1), 475–488. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.53>
- Guo, H. (2016). Application of Virtual Reality Technology in Swimming Teaching. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(11).
- Gutierrez-Maldonado, J., Andres-Pueyo, A., & Talarn-Caparrós, A. (2015). Virtual reality to train teachers in ADHD detection. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 769–772). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637–651.
- Han, I. (2021). Immersive virtual field trips and elementary students' perceptions. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 179–195. <https://doi.org/10.1111/bjet.12946>
- Harron, J. R., Petrosino, A. J., & Jenevein, S. (2019). Using Virtual Reality to Augment Museum-Based

- Field Trips in a Preservice Elementary Science Methods Course. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(4), 687–707.
- Harvey, M., Deuel, A., & Marlatt, R. (2019). “To Be, or Not to Be”: Modernizing Shakespeare With Multimodal Learning Stations. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 63(5), 559–568. <https://doi.org/10.1002/jaal.1023>
- Heim, M. (1993). *The metaphysics of virtual reality*. Oxford University Press on Demand.
- Hite, R. L., Jones, M. G., Childers, G. M., Ennes, M., Chesnutt, K., Pereyra, M., & Cayton, E. (2019). Investigating potential relationships between adolescents’ cognitive development and perceptions of presence in 3-d, haptic-enabled, virtual reality science instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 265–284. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9764-y>
- Hite, R., Childers, G., Jones, G., Corin, E., & Pereyra, M. (2021). Describing the experiences of students with ADHD learning science content with emerging technologies. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 24(1), 1–34. <https://doi.org/10.14448/jsesd.13.0012>
- Hopp, M., Pfiel, S., Schuster, R. M., Tiefenbacher, F., & Reiner, M. (2020). A debate about implementing immersive technology for higher education: Pre-study examining the usability of virtual reality for lectures. *Human Systems Management*, 39(4), 565–571.
- Hu, X., & Han, Z. R. (2019). Effects of gesture-based match-to-sample instruction via virtual reality technology for Chinese students with autism spectrum disorders. *International Journal of Developmental Disabilities*, 65(5), 327–336. <https://doi.org/10.1080/20473869.2019.1602350>
- Huang, T.-C., Chen, C.-C., & Chou, Y.-W. (2016). Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers & Education*, 96, 72–82.
- Hudson, S., Matson-Barkat, S., Pallamin, N., & Jegou, G. (2019). With or without you? Interaction and immersion in a virtual reality experience. *Journal of Business Research*, 100, 459–468.
- Hwang, W.-Y., & Hu, S.-S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. *Computers & Education*, 62, 308–319.
- Jenny, S. (2017). Enhancing tourism with augmented and virtual reality.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529.
- Ji, Y., & Han, Y. (2019). Monitoring indicators of the flipped classroom learning process based on data mining-taking the course of" virtual reality technology" as an example. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3).
- Karasar, Ş. (2004). Eğitimde yeni iletişim teknolojileri-internet ve sanal yüksek eğitim.
- Kim, H., So, H.-J., & Park, J.-Y. (2022). Examining the effect of socially engaged art education with virtual reality on creative problem solving. *Educational Technology & Society*, 25(2), 117–129.
- Kim, Y., Kim, H., & Kim, Y. O. (2017). Virtual reality and augmented reality in plastic surgery: a review. *Archives of Plastic Surgery*, 44(3), 179.
- Kounavis, C. D., Kasimati, A. E., & Zamani, E. D. (2012). Enhancing the tourism experience through mobile augmented reality: Challenges and prospects. *International Journal of Engineering Business Management*, 4, 10.
- Lee, C. K., & Shea, M. (2020). Exploring the use of virtual reality by pre-service elementary teachers for teaching science in the elementary classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(2), 163–177. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1726234>
- Li, L., Yu, F., Shi, D., Shi, J., Tian, Z., Yang, J., ... Jiang, Q. (2017). Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal of Translational Research*, 9(9), 3867.
- Liou, W.-K., & Chang, C.-Y. (2018). Virtual reality classroom applied to science education. In *2018 23rd International Scientific-Professional Conference on Information Technology (IT)* (pp. 1–4). IEEE.
- Liu, R., Wang, L., Lei, J., Wang, Q., & Ren, Y. (2020). Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students’ learning performance in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2034–2049. <https://doi.org/10.1111/bjet.13028>
- Liu, T. C., Lin, Y. C., Wang, T. N., Yeh, S. C., & Kalyuga, S. (2021). Studying the effect of redundancy in a virtual reality classroom. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 1183–1200. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09991-6>

- Maher, D., & Buchanan, J. (2021). 360 Degree representation: Desktop virtual reality combined with analytics in the primary school classroom. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(4), 609–622. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2021.1939770>
- Mantziou, O., Papachristos, N. M., & Mikropoulos, T. A. (2018). Learning activities as enactments of learning affordances in MUVES: A review-based classification. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1737–1765.
- Martončík, M., Babjáčková, J., Čupková, L., Köverová, N., & Kačmárová, M. (2020). Simulation of vocational activities: experimental evidence of (no) changes in vocational interests. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40461-020-00093-w>
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5–14.
- Möller, A. M., & Myles, P. S. (2016). What makes a good systematic review and meta-analysis? *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 117(4), 428–430.
- Nesenbergs, K., Abolins, V., Ormanis, J., & Mednis, A. (2020). Use of augmented and virtual reality in remote higher education: A systematic umbrella review. *Education Sciences*, 11(1), 8.
- Özel, C., & Uluyol, Ç. (2016). Development of an augmented reality application and students' opinions. *Turkish Journal of Social Research*, 20(3), 793–823.
- Özkal, N., Güngör, A., & Çetingöz, D. (2004). Sosyal bilgiler dersine ilişkin öğretmen görüşleri ve öğrencilerin bu derse yönelik tutumları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 40(40), 600–615.
- Pan, J., & Zhou, W. (2013). Can success lead to happiness? The moderators between career success and happiness. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 51(1), 63–80.
- Patterson, T., & Han, I. (2019). Learning to teach with virtual reality: Lessons from one elementary teacher. *TechTrends*, 63(4), 463–469. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00401-6>
- Peng, L.-W., & Lee, C.-Y. (2020). Virtualizing science to maximize self-efficacy, value, and motivation for tomorrow's science workforce. *Excellence in Education Journal*, 9(3), 49–81. Retrieved from http://silk.library.umass.edu/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/virtualizing-science-maximize-self-efficacy-value/docview/2535415291/se-2?accountid=14572%0Ahttps://resolver.ebscohost.com/openurl?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc
- Petersen, G. B., Klingenberg, S., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2020). The virtual field trip: Investigating how to optimize immersive virtual learning in climate change education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2098–2114. <https://doi.org/10.1111/bjet.12991>
- Pirker, J., Kopf, J., Kainz, A., Dengel, A., & Buchbauer, B. (2021). The potential of virtual reality for computer science education-engaging students through immersive visualizations. In *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)* (pp. 297–302). IEEE.
- Punako Jr, R. (2018). Computer-supported collaborative learning using augmented and virtual reality in museum education. Nova Southeastern University.
- Purcell, C. (2020). Teaching children road safety using a simulated environment. *Journal of Education and Educational Development*, 7(1), 44. <https://doi.org/10.22555/joeed.v7i1.2948>
- Putman, S., & Id-Deen, L. (2019). “I can see it!” math understanding through virtual reality. *Educational Leadership*, 76(5), 36–40. Retrieved from <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=155d1502-d648-41d1-b88a-bfcf10c57d56%40pdc-v-sessmgr02&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3D#db=f5h&AN=134555679>
- Sarioğlu, S., & GİrgİN, S. (2020). The effect of using virtual reality in 6th grade science course the cell topic on students' academic achievements and attitudes towards the course. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 109–125. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.16>
- Sontay, G., & Karamustafaoglu, O. (2021). Science Teaching with Augmented Reality Applications: Student Views about “Systems in Our Body” Unit. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 9(3), 13–23. Retrieved from https://www.proquest.com/scholarly-journals/science-teaching-with-augmented-reality/docview/2608788089/se-2?accountid=14649%0Ahttps://library.unisa.edu.au/go/openurl?ctx_ver=Z39.88-

- 2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rfr_id=info:sid/ProQ%3Aeric&rft_val_fmt=in
- Stull, A. T. (2009). *Anatomy learning in virtual reality: A cognitive investigation*. University of California, Santa Barbara.
- Subramanian, R., & Marsic, I. (2001). ViBE: Virtual biology experiments. In *Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web* (pp. 316–325).
- Sun, F. R., Pan, L. F., Wan, R. G., Li, H., & Wu, S. J. (2021). Detecting the effect of student engagement in an SVVR school-based course on higher level competence development in elementary schools by SEM. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 3–16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558258>
- Tai, T. Y., & Chen, H. H. J. (2021). The Impact of Immersive Virtual Reality on EFL Learners' Listening Comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1272–1293. <https://doi.org/10.1177/0735633121994291>
- Tekdal, M., & Saygıner, Ş. (2016). Eğitsel anlamda artırılmış gerçeklik kullanımı: bir içerik analizi çalışması.
- Topuz, Y. (2018). Anatomi eğitiminde sanal gerçeklik ve üç boyutlu masaüstü materyallerin akademik başarı ve bilişsel yük açısından karşılaştırılması. Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Trindade, J., Fiolhais, C., & Almeida, L. (2002). Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*, 33(4), 471–488.
- Vaughan-Nichols, S. J. (2009). Augmented reality: No longer a novelty? *Computer*, 42(12), 19–22.
- Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H.-L., & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1204.
- Wedyan, M., Al-Jumaily, A., & Dorgham, O. (2020). The use of augmented reality in the diagnosis and treatment of autistic children: a review and a new system. *Multimedia Tools and Applications*, 79(25), 18245–18291.
- Weng, C., Rathinasabapathi, A., Weng, A., & Zagita, C. (2019). *Mixed Reality in Science Education as a Learning Support: A Revitalized Science Book*. *Journal of Educational Computing Research* (Vol. 57). <https://doi.org/10.1177/0735633118757017>
- Wu, J., Guo, R., Wang, Z., & Zeng, R. (2021). Integrating spherical video-based virtual reality into elementary school students' scientific inquiry instruction: effects on their problem-solving performance. *Interactive Learning Environments*, 29(3), 496–509. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1587469>
- Xie, Y., Ryder, L., & Chen, Y. (2019). Using interactive virtual reality tools in an advanced Chinese language class: A case study. *TechTrends*, 63(3), 251–259.
- Xu, X., & Ke, F. (2016). Designing a virtual-reality-based, gamelike math learning environment. *American Journal of Distance Education*, 30(1), 27–38.
- Yang, M.-T., & Liao, W.-C. (2014). Computer-assisted culture learning in an online augmented reality environment based on free-hand gesture interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(2), 107–117.
- Yang, G., Chen, Y. T., Zheng, X. L., & Hwang, G. J. (2021). From experiencing to expressing: A virtual reality approach to facilitating pupils' descriptive paper writing performance and learning behavior engagement. *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 807–823. <https://doi.org/10.1111/bjet.13056>
- Yang, J., Liu, T., Jiang, B., Song, H., & Lu, W. (2018). 3D panoramic virtual reality video quality assessment based on 3D convolutional neural networks. *IEEE Access*, 6, 38669–38682.
- Yifan, W., Wu, S., Huang, H., Cohen-Or, D., & Sorkine-Hornung, O. (2019). Patch-based progressive 3d point set upsampling. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 5958–5967).
- Yıldırım, B., Şahin Topalcengiz, E., Arıkan, G., & Timur, S. (2020). Using virtual reality in the classroom: reflections of STEM teachers on the use of teaching and learning tools. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.711779>
- Yovcheva, Z., Buhalis, D., & Gatzidis, C. (2012). Smartphone augmented reality applications for tourism. *E-Review of Tourism Research (Ertr)*, 10(2), 63–66.

Yung, R., Khoo-Lattimore, C., & Potter, L. E. (2021). Virtual reality and tourism marketing: conceptualizing a framework on presence, emotion, and intention. *Current Issues in Tourism*, 24(11), 1505–1525.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





İlköğretimde Sanal Gerçeklik kullanımı: Sistemik Derleme

Eyüp YÜNKÜL¹

Özet

Sanal gerçeklik kavramı, gerçek ya da gerçek olmayan durumları temsil eden yüksek etkileşimli üç boyutlu mekansal ortamların oluşturulmasını destekleyen teknolojiler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Sanal Gerçeklik (SG) teknolojilerini diğer Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) uygulamalarından farklı kılan benzersiz teknolojik özellikleri nedeniyle eğitimde güçlü ve gelecek vaat eden bir araç haline gelmiştir. Bu nedenle SG'nin eğitim kurumlarında kullanılması ve öğrenmeye etkisinin araştırılması önemlidir. Bu doğrultuda araştırmanın amacı eğitimde sanal gerçeklik uygulaması ile ilgili yapılmış araştırmaların sistemik derlemesini yapmaktır. Belli kriterlere göre seçilen 38 makale araştırma kapsamına alınmıştır. Araştırmada içerik analizi kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre makalelerde en çok nicel yöntemlerin kullanıldığı, katılımcı olarak en çok 5. ve 6. sınıf düzeylerinde araştırma yapıldığı ve en çok fen bilgisi öğretiminde sanal gerçeklik kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca sonuçlar, sanal gerçeklik artırılmış gerçeklik ortamı ile birlikte öğrenenlerin uzamsal düşünme becerilerini ve problem çözme becerilerini geliştirebileceğini göstermiştir. Araştırma sonunda sanal gerçeklik ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalar için karma yöntemlerin tercih edilmesi ve farklı veri tabanlarının kullanılması önerisi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Sanal gerçeklik
Öğretim teknolojisi
Sistemik derleme

About Article

Gönderim Tarihi: 06.06.2022
Kabul Tarihi: 06.08.2022
E-Yayın Tarihi: 31.08.2022

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye, eyunkul@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6177-3766>

Giriş

Günlük faaliyetlerimizde teknolojinin önemli konuma sahip olduğu ve hızla geliştiği bir toplumda yaşamaktayız. Teknolojinin bu hızlı gelişimi dünyayı, tüm alanları ve sektörleri yeniden biçimlendirmektedir. Değişen çağ ile birlikte talepler doğrultusunda arz da farklılaşmaktadır. Beklentinin ve ihtiyaçların değiştiği günümüzde yeni dönem insanının isteklerinin tahmin ve tatmin edilmesi elbette ki öncesine göre daha zor olmaktadır.

Katılım sağladığı her konudan değer üretmeyi, müdahaleyi ve etkileşimi bekleyen yeni dönem insanı için ürün ve hizmetlerin tatmin yeteneğinin azaldığı söylenebilmektedir. Çünkü ihtiyaç duyulandan fazlasına kolayca ulaşılan bu çağda her zaman daha iyisi mevcuttur. Bu sebeple eğitimde de yeniliklerin takip edilmesi ve içinde bulunulan çağın getirilerine, düşünüş biçimine uyum sağlamış, tam anlamıyla entegre olmuş bir yaklaşım gerekli hale gelmektedir. Goh ve Sigala'ye (2020) göre, Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) öğrenme sürecinin desteklenmesi için en güçlü araçlardan biri olarak kabul edilmektedir. Katkıları temel olarak teknolojik özelliklerinden, veri ve bilgileri kaydetme, yönetme, temsil etme ve iletme şekillerinden gelir. Bu özellikler, kısa sürede yüksek miktarda veri ve bilginin yönetimi, dinamik etkileşimli ve çoklu gösterimler yoluyla bilgi sunumu ve iletişim ile ilgilidir. BİT'in öğrenme sürecine sağladığı temel katkı, bahsedilen teknolojik özelliklerden kaynaklanan bazı özellikleri beraberinde getirmektedir. Bu katkı, temel olarak öğrenciler ve öğretmenler için öğrenme sürecine aktif katılım, eğitim senaryoları aracılığıyla eylem ve geri bildirim ve belirli bir teorik modele dayalı anlamlı öğrenme etkinlikleri ile zihinsel modellerin oluşturulmasını destekleyen süreçleri içerir. Bu görüş, Dalgarno ve Lee'nin (2010) "teknolojilerin kendilerinin doğrudan öğrenmeye neden olmadıkları ancak öğrenmeye yol açabilecek bazı görevleri karşılayabilecekleri" anlayışı ile uyumludur.

Çalışmaya konu olan Sanal Gerçeklik teknolojileri ise, onları diğer BİT uygulamalarından farklı kılan benzersiz teknolojik özellikleri nedeniyle eğitimde güçlü ve gelecek vaat eden bir araç haline gelmiştir. Bu bilgiler ışığında, sanal gerçeklik kavramı, gerçek ya da gerçek olmayan durumları temsil eden yüksek etkileşimli üç boyutlu mekansal ortamların oluşturulmasını destekleyen teknolojiler mozaiki olarak tanımlanabilmektedir. Bu tanımdan yola çıkarak, sanal gerçeklik uygulamalarının; kullanıcının, oluşturulan sanal ortamın içine girme/odaklanma, kullanıcı etkileşimini sağlamak için çok sensörlü kanallar ve kullanıcının bu ortamda gerçek zamanlı olarak doğal manipülasyonlar yoluyla sezgisel etkileşimini sağlayan benzersiz teknolojik özellikleri ile pedagojik olarak kullanılabilmesini göstermektedir (Mikropoulos ve Bellou, 2013). Bu noktada sanal gerçekliğin doğru biçimde tanımlanması ve eğitim programlarına en verimli şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Bu entegrasyon sonucunda yeni çağın bireyi, çağın düşünüş biçimi ve çağın getirileriyle en verimli şekilde donatılmış olacaktır. Bu anlamda yapılan çalışma da sanal gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanılabilirliği üzerine bir derleme niteliği taşımaktadır.

Sanal kelimesi gerçekte yeri olmayıp zihinde tasarlanan, mevhum, farazi, tahminî biçiminde tanımlanır (TDK, 2019). Bu iki kelimenin birleşimiyle oluşan sanal gerçeklik kavramı ise bir ya da birden fazla kişinin, elektronik olarak katılıp, nesnelere fiziki müdahalede bulunabildiği, gerçekliğin bir benzetimi ya da kendi gerçekliğini kendisi kurmuş, yapay ve etkileşimli bir ortam olarak tanımlanmaktadır (Heim, 1993).

Bilgisayar tarafından oluşturulmuş sanal bir ortamda, sürükleyici, gerçekçi, çoklu duygusal etkileşim içeren, gerçek zamanlı bir keşif deneyimi sunmayı hedefleyen, bilgisayar teknolojileri ile yaratılan üç boyutlu bir ortamı kullanarak bambaşka bir dünyanın kapılarını açan, var olmayan ya da orada yer almayan nesnelere, alanların; olabildiğince gerçekçi biçimde algılanmasını sağlamaya yönelik bir sistemi ifade eden sanal gerçeklik teknolojisi, yeni çağa ait simüle edilmiş bir ortamda yeni bir gerçeklik algısı ortaya atmaktadır (Guttentag, 2010; Jenny, 2017; Punako Jr, 2018). Sanal gerçeklik teknolojisinde her şey dijital ve sanal bir altyapıya sahiptir. Bu durum kullanıcıların artırılmış gerçeklikten farklı olarak gerçek dünyadan uzaklaşmasını ve tam konsantre biçimde sanal zeminde kendini yeniden var edebilmesini hedeflemektedir (Kounavis, Kasimati ve Zamani, 2012).

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin bu anlamda tıp, tasarım, mühendislik, plastik cerrahi, reklam, turizm, mimarlık, robotik, askeriye, sosyal ağlar ve eğitim gibi birçok alanda araştırıldığını, kullanıldığını ve geliştiğini söyleyebilmek mümkündür (Kim, Kim ve Kim, 2017; Özel ve Uluyol,

2016; Wang, Wu, Wang, Chi ve Wang, 2018; Yung, Khoo-Lattimore ve Potter, 2021). Sanal gerçeklik ortamlarındaki görüntüler gerçek dünyadaki nesnelere bir kopyası olarak sunulabilmekte ve yardımcı araçlar ile denetim altına alınabilmektedir (Stull, 2009). Makinenin ve insanın etkileşimini arttıran ve çoklu ortam (multimedya) ile insan duyularına etkin bir şekilde hitap eden sanal gerçeklik, görsel ve işitsel etkileşimi de aşarak, hislere de hitap edebilmekte, böylece iletişimin kuvvetini arttırmaktadır. Bu yönüyle sanal gerçeklik birçok farklı alanda dikkat çeken bir kavram olmasının yanı sıra eğitim çerçevesinde de oldukça önemli bir noktaya işaret etmektedir. Sanal gerçeklik teknolojilerinin eğitimi destekleyen güçlü yanlarının olduğu ve eğitimi destekleyebilecek ciddi faydalar sağlayabileceği söylenmektedir. Çünkü sanal gerçeklik kullanımının eğitimde öğrencinin katılımını teşvik ettiği, bilgiyi gerçek dünyaya aktarmayı kolaylaştırdığı, yaparak öğrenmeyi teşvik ederek bilgiyi yerleştirebildiği bir deneyim sunduğu literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Boda ve Brown, 2020a; Dalari, 2019; Peng ve Lee, 2020; Putman ve Id-Deen, 2019; Subramanian ve Marsic, 2001; Trindade, Fiolhais ve Almeida, 2002). Aynı zamanda pasif bir öğrenmeyi reddederek aktif bir eğitim ortamı yaratmaktadır. Bu anlamda özellikle karşımıza çıkan bazı çalışmalar eğitimde sanal gerçeklik kullanımının desteklenmesinin önemine işaret eder. Örneğin Christopoulos, Conrad ve Shukla (2018) hem sanal hem de geleneksel öğrenme ortamının bir arada bulunmasının eğitimdeki başarıyı ciddi anlamda yükselteceğini öne sürmektedir.

Sanal gerçekliğin eğitimde dikkatleri üzerine çekmesinde teknolojinin karşı konulamaz biçimde gelişmesinin yanı sıra aslında geleneksel öğrenmeye eleştirilerin artması da etkili olmuştur. Geleneksel öğrenmenin bazı eksikliklerinin eleştirilmesi üzerine, eksikliklerin giderilmesi noktasında bilgisayar destekli birçok alternatif uygulama üzerinde durulmaya başlanmıştır. Teknolojinin öğrenme süreçlerine işlenmesinde artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamaları da böylece kendini göstermeye başlamıştır. Sanal gerçeklik teknolojisi ile özellikle deneyimsel öğrenmenin ön planda olduğu, proaktif bir süreç yakalanabilmektedir. Gerçek dünyaya çok benzeyen bir ortamın içinde kişi neredeyse gerçekten o sanal alanı yaşayarak deneyimleyebilmektedir (Feng, González, Amor, Lovreglio ve Cabrera-Guerrero, 2018; Yifan, Wu, Huang, Cohen-Or ve Sorkine-Hornung, 2019).

Örnek olarak; Serious Games (ciddi oyunlar) sanal gerçekliğin ekipmanlarla desteklendiği, eğlenceden çok davranış ve analiz odaklı (immersive virtual reality) yaygınlaşan uygulamalardan biri olarak gösterilebilir (Connolly vd., 2012). Feng vd.'in (2018) de yaptığı çalışmaya dayanarak 'ciddi oyunların' git gide daha fazla alanda dikkat çektiği ve uygulamalarının arttığı söylenebilmektedir. Bu durum sanal gerçekliğin özellikle eğitimde daha görünür ve tercih edilir olabilmesi açısından yüksek bir etki yaratmaktadır. Ciddi oyunlar ile bir odanın içerisinde tasarlanan durumun birebir yaşatıldığı ve kişinin kullandığı ekipmanlar ile (eldiven, kask vb.) sanal ortamla etkileşimde bulunabildiği, net geri bildirimler alabildiği bir ortam elde edilebilmektedir. Bu örnek uygulamalar ve oyunlar da aslında eğitimde yepyeni bir çağa adım atıldığının en büyük kanıtlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gelişmiş sanal gerçeklik uygulamalarının farklı alanlarda da etkili sonuçlar ortaya koyabileceği noktasında birçok araştırmacı hem fikir olmaktadır. Örneğin, bir müzede bir serginin 3 boyutlu olarak gezilebilmesi, sosyal anlamda karşılıklı etkileşim kurarak çevrenin öğrenilebilmesi, sosyal ve psikolojik anlamda sanal diyaloglarla kişilerin güçlendirilmesi ya da acil durumlarda tercih edilecek ideal davranışların benimsetilmesi noktasında yüksek oranda fayda sağlayacağına olan inanç git gide güçlenmektedir (Bailenson vd., 2008; Carrozzino ve Bergamasco, 2010; Li vd., 2017).

Bunun dışında günlük eğitimde, ulaşılabilir ve kolayca uygulanabilir olarak sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kullanımı üzerine birçok farklı çalışmaya rastlanabilmektedir (Elmqaddem, 2019). Örneğin, Flipped classroom'da sanal gerçekliğin etkisinin ölçülmesi (Ji ve Han, 2019), öğrenmenin değerlendirilmesi, quizler ve denemelerde sanal gerçeklik temelli oyun programlarının etkisinin ölçülmesi (Al-Azawei, Baiee ve Mohammed, 2019) eğitimde sanal gerçeklik kullanımının yaratıcılığı arttırmadaki etkisi (Hu ve Han, 2019; Ji ve Han, 2019) gibi sanal gerçeklik kullanımı noktasında farklı noktalara temas eden çalışmalar bulunmaktadır. Bu gibi çalışmaların eğitimde sanal gerçeklik kullanımının gittikçe arttığına dair önemli bir kanıt olduğu söylenebilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde ayrıca farklı bir perspektif açılarak öğretmenlerin de sanal gerçeklik kullanımına yönelik bakış açıları da inceleme konusu haline gelmiştir (Patterson ve Han, 2019). Çünkü öğretmenlerin sanal gerçeklik kullanımına bakış açıları elbette ki eğitimde sanal gerçeklik uygulamalarının kullanımının daha iyi anlaşılabilmesi, açıklanabilmesi ve arttırılabilmesi noktasında önem taşımaktadır.

Literatürde, sanal gerçeklik ekipmanlarıyla öğrenme deneyiminin gerçekleştirilmesi noktasında kullanıcıdan çok sonuca odaklanan ve öğrenme çıktılarını ortaya koymaya çalışan kimi çalışmalara da rastlamak mümkündür (Alhalabi, 2016; Gutierrez-Maldonado, Andres-Pueyo ve Talarn-Caparros, 2015; Huang, Chen ve Chou, 2016). Spesifik olarak örneğin yalnızca Helmet Mounted Display (sanal gerçeklik başlık sistemleri)'nin eğitimde ve pratikte bulunduğu uygulama alanlarını inceleme altına alan çalışmalara (Andreoli vd., 2016; Jensen ve Konradson, 2018), sanal gerçeklik gözlüklerinin eğitimde kullanımına dair (Çankaya, 2019) ve Üç Boyutlu Çok Kullanıcı Sanal Ortamların (MUVE) da eğitimdeki katkılarını ölçmeye dair çalışmalar da görülmektedir (Mantziou, Papachristos ve Mikropoulos, 2018).

Dans öğreniminin analizi ve kolaylaştırması üzerine sanal gerçekliğin kullanımı (Yang, Liu, Jiang, Song ve Lu, 2018), Çince öğrenmede sanal gerçeklik araçların kullanımı (Xie, Ryder ve Chen, 2019), yüzme öğrenmede (Guo, 2016) ve müzik öğretiminde (Degli Innocenti vd., 2019), matematik öğretiminde sanal gerçekliğin kullanımı (Xu ve Ke, 2016), ikinci bir dil öğrenme becerisi ve sözlü yeterlilikteki başarısını ölçmede sanal gerçekliğin kullanımı (Çince) (Xie vd., 2019), İngilizce dil öğrenme etkinliğinin artırılmasında sanal gerçekliğin kullanımı (Yang ve Liao, 2014) direkt olarak sanal gerçekliğin eğitimin farklı boyutları üzerinden detaylıca incelendiği çalışmalar görmek mümkündür. Yapılan çalışmalar da hem tarihsel bakımdan konunun güncel ve tercih edilir olduğunu göstermekte hem de eğitimde gittikçe öznel alanlarda incelenen bir konu haline geldiğinin ipuçlarını vermektedir.

Tüm bunlardan yola çıkarak Sanal Gerçeklik uygulamalarının özellikle eğitimde tartışılması ve geliştirilmesi gereken uygun bir alan olduğu söylenebilmektedir. Sanal gerçekliğin öğretilen içeriğin çekiciliği artırması, sürdürülebilir ve daima gelişmeye açık olması, yeni ve modern bir imaj yaratması, çok yönlü olması, kolaylık sağlaması, eğlenceli hale getirmesi, ulaşılabilir hale gelmesi, profesyonellik sağlaması, etkinlik ve verimlilik sağlaması, memnuniyet sağlaması gibi sebeplerle geleneksel metotlardan çok daha faydalı olabileceği düşünülmekte ve bu sebeple eğitimdeki etkin kullanımının artırılması önerilmektedir. Bu çalışma da buradan yola çıkarak ilk etapta kavramı tanımlayabilmeyi aynı zamanda da makalelerin bir derlemesini yaparak alandaki çalışma bütünlüğünün profilini çıkartabilmeyi hedeflemektedir. Ayrıca ilköğretim düzeyinde sanal gerçeklik kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların sistematik bir derlemesinin yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu anlamda alana katkı sağlayacak bir çalışma olabileceği söylenebilir. Eğitimde sanal gerçeklik uygulaması ile ilgili yapılmış araştırmaların sistematik derlemesini yapmayı amaçlayan bu araştırmada şu sorulara cevap aranmıştır:

1. Araştırmaların amaçları nelerdir?
2. Araştırmalarda kullanılan anahtar kelimeler nelerdir?
3. Araştırma desenleri ve veri toplama araçları nelerdir?
4. Araştırmaların katılımcılarını kimler oluşturmuştur?
5. Araştırmalardan elde edilen önemli sonuçlar nelerdir?

Yöntem

Eğitimde Sanal Gerçeklik kullanımı konusunda yapılmış araştırmaların incelenmesini amaçlayan bu çalışmada sistematik derleme yöntemi kullanılmıştır. Sistematik Derleme (SD), belli bir konuda hazırlanmış araştırma sorusuna yanıt bulmak için, belirlenmiş ölçütlere uygun olarak aynı konuda yapılmış çalışmaların sistemli ve yan tutmadan taranması, bulunan çalışmaların geçerliğinin değerlendirilmesi ve sentezlenerek birleştirilmesidir (Çınar, 2021). Bu araştırmada eğitimde SG kullanımı ile ilgili sosyal bilimlerde alan indeksi olan ERIC veri tabanında taranan çalışmaları belirleyip değerlendirmek amaçlanmıştır. ERIC veri tabanının seçilmesinin nedeni, sosyal bilimler alanında bilinen, kapsamlı bir veri tabanı olması ve birçok makaleye erişim imkanı sunmasıdır.

Sistematik derleme sürecinde metodolojik kalitenin yüksek olması, iyi bir raporlamanın yapılması, araştırma sonuçlarının yorumlanması ve genellenmesine önemli katkıda bulunacaktır (Çınar, 2021). Buna göre iyi bir sistematik derlemede sırasıyla araştırma sorusu oluşturulur, kapsama dahil etme ve çıkarma kriterleri belirlenir, protokol yapılır, kapsamlı literatür taraması yapılır, verilerin

kalitesi ve geçerliği değerlendirilir ve son olarak bulgular sentezlenir, yorumlanır ve raporlanır (Möller ve Myles, 2016). Bu doğrultuda sistematik derleme sürecinin aşamaları, amacın net ve anlaşılır olarak ortaya konması, belirlenen kriterlere göre ilgili çalışmaların seçimi, seçilen çalışmaların kritik özelliklerinin belirlenmesi ve son olarak elde edilen veriler doğrultusunda sentezleme şeklindedir (Çınar, 2021).

İlgili konuda son eğilimleri belirlemek amacıyla geçtiğimiz 4 yılda (2018-2021) yapılmış araştırma makaleleri incelenmiştir. 2018-2021 yılları arasında ERIC veri tabanında yayınlanmış 64 araştırma çalışmada yer almıştır. Tarama yapılırken “Virtual Reality” anahtar kelimesi kullanılmıştır. Ayrıca araştırmanın amacı doğrultusunda “ilkokul” (primary school), “ortaokul” (secondary school) ve “araştırma makalesi” (research article) filtreleri kullanılmıştır. Değerlendirmeye alınan araştırmalara karar verirken araştırmaların sadece eğitimde sanal gerçeklik kullanımı ile ilgili olmasına dikkat edilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları erişim sorunu, ilgisiz konu ve örneklem farklılığı nedenleri ile araştırma kapsamından çıkarılmıştır. Bu çerçevede sistematik derleme yöntemi kullanılan çalışmada araştırmaların, 2018-2021 arasında yayınlanan, eğitimde SG kullanımı ile ilgili, katılımcıların ilkokul ve ortaokul öğrencisi olduğu erişime açık araştırma makaleleri kullanılmıştır. Sonuç olarak 38 makale araştırma kapsamında incelenmiştir. Şekil 1’te araştırma süreci verilmiştir.



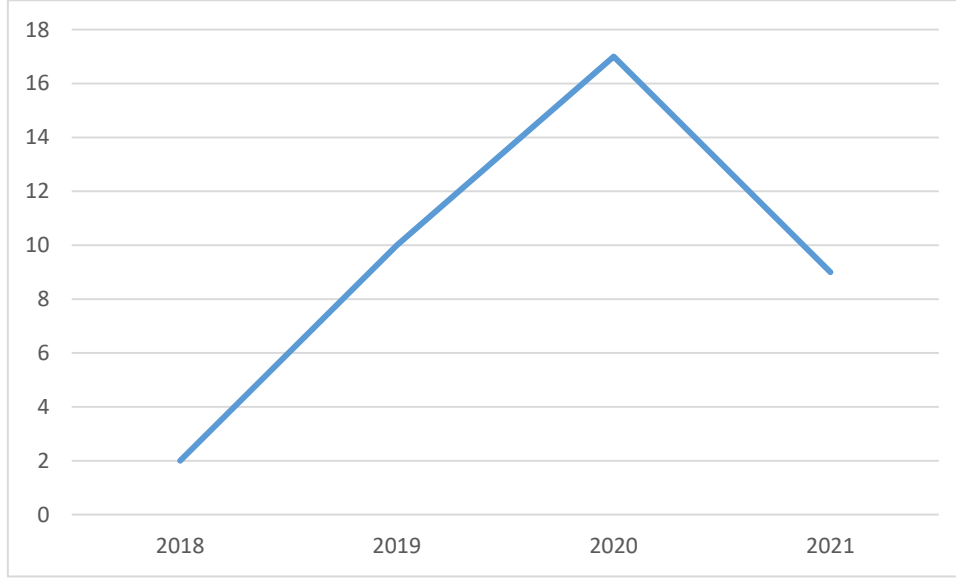
Şekil 1. Araştırma süreci

Güvenirlilik

İndirilen makalelerdeki kodlar ve bilgiler bir excel tablosuna girilmiştir. Araştırmacı ve üç çalışma arkadaşı, yayınlara ayrıntılı olarak incelemiştir.

Bulgular

Bu bölümde araştırma kapsamında yer alan makalelerin amacı, kullanılan anahtar kelimeleri, Araştırma desenleri ve veri toplama araçları, katılımcıları ve önemli sonuçları incelenmiştir. Şekil 2, makalelerin yıllara göre dağılımını göstermektedir.



Şekil 2. Makalelerin yıllara göre dağılımı

2018'den sonra makale sayısında hızlı ve önemli bir artış görülmüştür. Ancak 2021 yılında makale sayısının azaldığını görmekteyiz. Bu durum COVID-19 pandemisinin yarattığı olumsuz eğitim koşullarının etkisi olarak açıklanabilir. Çünkü araştırmacılar açısından hem çalışma, hem uygulama hem de katılımcılara erişim oldukça zorlaşmıştır.

1. Araştırmaların amaçları

Bu çalışma kapsamında ilköğretimde Sanal Gerçeklik kullanımı incelendiğinden incelemeye alınan makalelerde yer alan katılımcılar 4-8. sınıflarda öğrenim gören öğrenciler olduğu görülmektedir. Çoğunlukla bu araştırmalarda sanal gerçekliğin ders başarısına etkisi (Çakıroğlu, Aydın, Özkan, Turan ve Cihan, 2021; Chang, Hsu, Kuo ve Jong, 2020; Chen, Chang ve Chuang, 2022; Liu, Wang, Lei, Wang ve Ren, 2020; Liu, Lin, Wang, Yeh ve Kalyuga, 2021; Putman ve Id-Deen, 2019; Sarioğlu ve Girgin, 2020; Weng, Rathinasabapathi, Weng ve Zagita, 2019; Wu, Guo, Wang ve Zeng, 2021), derse yönelik algı ve tutum (Boda ve Brown, 2020b; Cheng ve Tsai, 2020; Putman ve Id-Deen, 2019; Sarioğlu ve Girgin, 2020; Yıldırım, Şahin Topalcengiz, Arıkan ve Timur, 2020), öğrencilerin görsel uzamsal becerilerine etkisi (Han, 2021; Petersen, Klingenberg, Mayer ve Makransky, 2020; Purcell, 2020) ve çoklu ortam tasarım ilkelerinin test edilmesi (Chen vd., 2022; Harvey, Deuel ve Marlatt, 2019; Liu vd., 2021; Maher ve Buchanan, 2021) ele alınmıştır.

Sistemik derlemesi yapılan bu makaleler genel olarak incelendiğinde; çoğunlukla sanal gerçeklik uygulamalarının özellikle fen eğitiminde öğrenen başarısına etkisinin araştırıldığı görülmüştür. Bununla beraber öğrencilerin derse yönelik tutumlarının da sanal gerçeklik uygulaması sonrası değişip değişmediği incelenmiştir.

2. Kullanılan anahtar kelimeler

Çalışma kapsamında yer alan makalelerin büyük oranında çeşitli anahtar kelimeler yer alırken, bazı çalışmalarda ise anahtar kelimelere rastlanmamıştır. Makalelerde en çok konu dağılımına paralel olarak sanal gerçeklik/Virtual reality (Boda ve Brown, 2020a; Bill Brown ve Boda, Ribay, Wilsey ve

Perez, 2021; Çakıroğlu vd., 2021; Chang Hsu, Chen ve Jong, 2020; Chen vd., 2022; Demitriadou, Stavroulia ve Lanitis, 2020; Gumonan ve Fabregas, 2021; Hite, vd., 2019; Hu ve Han, 2019; T. C. Liu vd., 2021; Peng ve Lee, 2020; Sontay ve Karamustafaoglu, 2021; Tai ve Chen, 2021), Fen bilimleri eğitimi (Bill Brown, vd., 2021; Çakıroğlu vd., 2021; Hite, vd., 2019; Peng ve Lee, 2020; Wu vd., 2021) kullanılmıştır.

3. Araştırma desenleri ve veri toplama araçları

Çalışma kapsamında incelenen makalelerde yer alan araştırma desenleri çeşitlilik göstermektedir. Bu doğrultuda makalelerde nicel araştırma yöntemleri, nitel araştırma yöntemleri ve her ikisini de barındıran karma araştırma yöntemi kullanıldığı görülmüştür. Tablo 1 makalelerde kullanılan araştırma yöntemlerini ve veri toplama araçlarını içermektedir.

Tablo 1. Çalışmalarda kullanılan araştırma yöntemleri

Yöntem	Veri toplama aracı	Makaleler
Nicel (Betimsel Tarama)	Anket	(Chang, Hsu, Chen ve Jong, 2020; Chen vd., 2022; Demitriadou vd., 2020; Hu ve Han, 2019; Liu vd., 2021; Peng ve Lee, 2020; Sontay ve Karamustafaoglu, 2021)
	Tutum Ölçeği	(Boda ve Brown, 2020b; Cheng ve Tsai, 2020; Hite, vd., 2019)
	Başarı Testi	(Acar, 2020; Chen vd., 2022; Peng ve Lee, 2020; Wu vd., 2021)
	Bilgi toplama formu	(Cheng ve Tsai, 2020; Liu vd., 2021; Wu vd., 2021)
	Açık uçlu form	(Hite, vd., 2019; Sun, Pan, Wan, Live ve Wu, 2021)
Nitel (Örnek olay çalışması, Olgubilim)	Görüşme formu	(Han, 2021; Patterson ve Han, 2019; Putman ve Id-Deen, 2019; Sontay ve Karamustafaoglu, 2021)
	Açık uçlu form	(Han, 2021; Harron, Petrosino ve Jenevein, 2019)
Karma yöntem	Görüşme formu ve anket	(Brown, Pérez, Ribay, Boda, ve Wilsey, 2021; Lee ve Shea, 2020; Tai ve Chen, 2021)
	Rapor	(Boda ve Brown, 2020a; Chang, Hsu, Chen, vd., 2020; G. Yang, Chen, Zheng, ve Hwang, 2021)
Çeşitli yöntemler	İçerik analizi	(Han, 2021)
	Uygulama geliştirme	(Gumonan ve Fabregas, 2021)
	Deneysel	(Çakıroğlu vd., 2021; Dalari, 2019; Hite, Childers, Jones, Corin ve Pereyra, 2021; Martončík, Babjáková, Čupková, Köverová, ve Kačmárová, 2020; Tai ve Chen, 2021)

Tablo 1 incelendiğinde makalelerde tercih edilen çeşitli araştırma yöntemleri doğal olarak içinde farklı veri toplama araçlarını barındırmaktadır. Bununla beraber en çok nicel yöntemlerin seçildiği, nitel ve karma yöntemler kullanan makale sayısının da birbirine yakın olduğu söylenebilir. Çalışmamızın konusu olan sanal gerçeklik ile ilgili meta analiz çalışmasına rastlanmamıştır.

4. Katılımcılar

Araştırmamızın kapsamında ilköğretim kademesi yer almaktadır. Bu nedenle makalelerde örneklem olarak çoğunlukla 4-8. Sınıflarda öğrenim gören öğrencilerin yer almıştır. Bununla beraber ilköğretimde görev yapan öğretmenler de katılımcı olarak çalışmalarda yer aldıkları görülmektedir. Katılımcı olarak yer alan öğrencilerin ve öğretmenlerin sınıf düzeyleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Makalelerde yer alan katılımcıların sınıf düzeyleri

Katılımcılar	Makaleler
4. sınıf öğrencileri	(Çakıroğlu vd., 2021; Purcell, 2020)
5. sınıf öğrencileri	(Brown vd., 2021; Chang vd., 2020; Cheng ve Tsai, 2020; Dalari, 2019; Martončík vd., 2020; Wu vd., 2021)
6. sınıf öğrencileri	(Hu ve Han, 2019; R. Liu vd., 2020; Peng ve Lee, 2020; Sontay ve Karamustafaoglu, 2021; Sun vd., 2021; Wu vd., 2021)
7. sınıf öğrencileri	(Acar, 2020; Bennett, Uink ve Cross, 2020; Gumonan ve Fabregas, 2021; Hite vd., 2021)
8. sınıf öğrencileri	(Chen vd., 2022; Harvey vd., 2019; Petersen vd., 2020; Tai ve Chen, 2021)

Tablo 2 incelendiğinde çalışmalarda en çok 5. Sınıf öğrencileri katılımcı olarak yer almıştır. Bunu 6. Sınıf öğrencileri takip etmektedir. En az çalışma yapılan katılımcılar ise 4. Sınıf öğrencileri olduğu görülmektedir.

5. Makalelerde yer alan önemli sonuçlar

Makalelerde yer alan sonuçlar incelenerek ana temalar oluşturulmuştur. Tablo 3’te bu ana temalar ve altında alt temalara yer verilmiştir. Ayrıca sanal gerçeklik ortamı geliştirme çalışmalarında araştırma sonucu verilmediğinden bu çalışmalar tabloda yer almamıştır.

Tablo 3. Makalelerde yer alan önemli sonuçlar

Temalar	Sonuçlar	Makaleler
Başarı	Araştırma sonucunda hücre konusu öğretiminde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanılmasının öğrencilerin başarıları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.	(Sarioğlu ve GİrgIn, 2020)
	Öğrencilerin öğrenme çıktıları üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.	(Wu vd., 2021)
	Geleneksel öğretim yöntemlerine kıyasla matematiksel kavramların daha verimli bir şekilde öğrenilmesine ve anlaşılmasına yol açmıştır.	(Demetriadou vd., 2020)
	SG uygulamasının yabancı öğrenme üzerinde belirgin etkileri olmuştur.	(Chen vd., 2022)
	SG oyunu ile dinlediğini anlama ve akılda tutmanın video izleyenlerden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gösterdi.	(Tai ve Chen, 2021)
	Ön bilgilerini etkinleştirmelerine ve uygun çıkarımlar yapmalarına yardımcı oldu.	(Tai ve Chen, 2021)
	Kaygıyı azalttı ve böylece kavramaya yardımcı oldu.	(Tai ve Chen, 2021)
	Yüksek akademik başarı ve katılım puanları (bilişsel, davranışsal, duygusal ve sosyal) elde ettiğini ortaya koydu.	(Liu vd., 2020)

Tablo 4. Makalelerde yer alan önemli sonuçlar (Devamı)

Temalar	Sonuçlar	Makaleler
Tutum	Araştırma sonucunda hücre konusu öğretiminde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanılmasının öğrencilerin derse yönelik tutumları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Sanal gerçeklik ortamının öğrenme tutumları daha zayıf olan öğrenciler üzerinde olumlu etkileri olmuştur. VR'yi kullanan tüm öğrencilerin bilime karşı tutumlarını geliştirdiğini gördük. Özellikle, daha düşük öz yeterlilik düzeyine sahip öğrenciler, SG ortamlarına daha fazla katılmış ve olumlu öğrenme tutumlarına daha fazla sahip olmuş olabilirler.	(Sarioğlu ve Girgin, 2020) (Wu vd., 2021) (Bill Brown, vd., 2021) (Cheng ve Tsai, 2020)
Görselleştirme	Bu çalışmanın bulguları, VR kullanımının öğretmenlerin soyut konuları görselleştirmesine olanak tanımıştır.	(Harron vd., 2019)
Zenginleştirme	Bu çalışmanın bulguları, VR kullanımının öğretimi zenginleştirmesine olanak tanıdığını göstermektedir.	(Harron vd., 2019)
Yabancı dil	Bu makale, sanal gerçeklik içindeki simüle edilmiş oyunların İngilizce öğrenenlerin telaffuz becerilerini geliştirmede uygulanabileceğini göstermiştir.	(Alemi ve Khatony, 2020)
Fen bilgisi öğretimi	öğrencilerin fen içeriği ile sosyal adalet konularına sosyo-politik uygulaması arasındaki bağlantıya ilişkin algılarını geliştirdiğini göstermektedir. Öğretmenlerin fen sınıflarında VR için iyi olacağını düşündükleri deneyim türleri yaşayabileceği belirtilmiştir. çok büyük veya çok küçük boyut ölçeklerini keşfetme Deneysel sonuçlar SG'nin fen eğitiminde kullanımının yararlı sonuçları olduğunu göstermiştir.	(Wu vd., 2021) Harron vd., 2019) (Liu vd., 2020)
	Doğa bilimlerindeki öğrenme başarısını artırdı.	(Chang vd., 2020)
	Vücudumuzdaki sistemleri daha iyi anlamada etkili olduğunu göstermiştir.	(Sontay ve Karamustafaoglu, 2021)
Uygulama olanağı	Çıkarımlar, öğrencilere içerik öğrenimi ile sosyal eylemi birleştirme fırsatını açıkça veren bir bilim eğitimi sağlama aracı olarak VR teknolojisinden yararlanma potansiyelini vurgular. Erişilemeyen veya güvenli olmayan yerleri ziyaret etme imkanı sunmaktadır. Genel olarak, sonuçlar, iPad tabanlı oyunun çocukların sürükleyici bir ortamda, risk almadan yoldan karşıya geçmelerini sağladığını ve Birleşik Krallık okullarındaki mevcut yol güvenliği eğitimine yararlı, kanıta dayalı bir katkı sağlayabileceğini gösteriyor.	(Brown vd, 2020) (Dalari, 2019) (Purcell, 2020)

Tablo 5. Makalelerde yer alan önemli sonuçlar (Devamı)

Temalar	Sonuçlar	Makaleler
Problem Çözme	Öğrencilerin problem çözme yetenekleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.	(Wu vd., 2021)
	Uygulamalı yaklaşım onların problem çözme ve üstbilişsel becerilerini geliştirdi.	(Chang vd., 2020)
	Öğrencilerin soruları yanıtlamasına ve sorunları daha etkin bir şekilde çözmesine yardımcı olabileceğini bulduk.	(Chang vd., 2020) (Chang vd., 2020)
Uzamsal düşünme	Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kullanılması özellikle düşük uzamsal yetenekli öğrenciler için olumlu sonuçlar doğurmuştur.	(Weng vd., 2019)
	Üç boyutlu sanal müzeleri ziyaret etmek, sanal gerçeklik sayesinde öğrencilerin uzamsal zeka becerilerini geliştirir.	(Dalari, 2019)
	Piaget'in bilişsel gelişim envanteri kullanılarak değerlendirildiğinde, analizler altıncı sınıf öğrencilerinin uzamsal rotasyon ve açısal geometri anlayışlarının bildirilen algılanan kontrol ile pozitif, dikkat dağınıklığı ile negatif korelasyon gösterdiğini gösterdi.	(Hite, vd., 2019)
Etkileşim	Sanal gerçeklik uygulaması etkileşimi artırmıştır.	(Demetriadou vd., 2020)
	Öğrencinin katılımını kenardan merkeze getirdi.	(Tai ve Chen, 2021)
	Etkileşimli öğrenci katılımı üst düzey yeterlilik gelişimi üzerinde önemli bir olumlu etkisi vardır.	(Sun vd., 2021)
	Sanal gerçeklik temelli öğrenme ortamı yüksek öğrenci-içerik etkileşimi sağlamaktadır.	(Çakıroğlu vd., 2021)
	Platformun öğrencilere bilgi ve kontrole daha fazla erişim sağladığı ve etkileşimleri desteklediği tespit edildi.	(Maher ve Buchanan, 2021)
İlgi çekici	Sanal gerçeklik uygulamaları ilgi çekici unsurlar barındırmaktadır.	(Han, 2021)
	Bu uygulamalar gerçek ve artırılmış bir sanal varlık algısı sağlamaktadır.	(Han, 2021)
	Görüşmeler, MVR oyuncularının çoğunun MVR destekli EFL dinlemeyi ilgi çekici ve faydalı bulduğunu ortaya koydu.	(Tai ve Chen, 2021)
Olumsuz	Bununla birlikte, sağlık ve güvenlik, psikolojik yan etkiler, teknik arızalar ve düşük sosyal etkileşim ile ilgili endişelerini de dile getirdiler.	(Han, 2021)
	Uygulamanın içsel bilişsel yük üzerinde hiçbir etkisi yoktu.	(Chen vd., 2022)
Tamamlayıcı	VR uygulamalarını tamamlayıcı eğitim araçları olarak görmeye başladığını gösterdi.	(Lee ve Shea, 2020)
Motivasyon	SG uygulamasının biliş ve yaratıcı motivasyon üzerinde belirgin etkileri oldu,	(Chen vd., 2022)
	Aynı zamanda öğrenme motivasyonlarını da artırdı.	(Chang vd., 2020)(Chang vd., 2020)

Öğrencilerin fen dersine olan motivasyonunu (Sontay ve Karamustafaoglu, artırmada etkili olduğunu göstermiştir. 2021)

Tablo 6. Makalelerde yer alan önemli sonuçlar (Devamı)

Temalar	Sonuçlar	Makaleler
Bilişsel yük	SG uygulamasının yabancı öğrenme ve ilgili bilişsel yük üzerinde belirgin etkileri vardı. Aşırı bilişsel yükü önledi.	(Chen vd., 2022) (Tai ve Chen, 2021)
Eğlence ve Memnuniyet	Dersleri eğlenceli hale getirmede etkili olduğunu göstermiştir. SG ile öğrenmede öğrenciler eğlenceli deneyimler gerçekleştirmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda deney grubundaki öğrencilerin SG ile öğrenme yönteminden kontrol grubu öğrencilerine göre geleneksel öğrenme yönteminden daha memnun oldukları tespit edilmiştir.	(Sontay ve Karamustafaoglu, 2021) (Cheng ve Tsai, 2020) (Yang vd., 2021)

Makalelerde yer alan sonuçlar kısmına yönelik yapılan içerik analizi sonucunda akademik başarı, tutum, etkileşim, problem çözme, ilgi çekici, fen bilgisi öğretimi, tutum temalarının ön plana çıktığını görmekteyiz. Makalelerde yer alan katılımcılar çoğunlukla öğrenciler olduğundan sonuçlar da öğrenen başarısı, öğrenen tutumu, öğrenenin içerikle etkileşimi gibi unsurlara odaklanılmıştır. SG ile ilgili çoğunlukla olumlu sonuçların yansıtıldığı, ancak bununla beraber “düşük sosyal etkileşim” ve “bilişsel yükü azaltmada yetersiz olması” gibi olumsuz sonuçların da yer aldığı tespit edilmiştir. Yukarıda belirtilen sonuçların yanı sıra eğlence, memnuniyet, motivasyon ve tamamlayıcı gibi önemli temalara da yer verilmiştir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Sistemik derleme yapılan bu çalışmada eğitimde sanal gerçeklik kullanımı ile ilgili 38 makale incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre 2019-2021 yılları arasında oldukça fazla çalışma yapıldığı görülmüştür. Çalışmaların büyük bir kısmında nicel araştırma yöntemleri kullanılırken, bunu nitel araştırma ve karma araştırma yöntemleri takip etmiştir. Veri toplama formu olarak en çok anket, tutum ölçeği, başarı testi, görüşme formu ve anket kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışmalarda deneysel desene sıklıkla yer verildiği görülmüştür. Sanal gerçeklik gibi uygulamalı bir konuda deneysel desen kullanılması beklenen bir durumdur. Bu sonuç, Çankaya (2019) çalışmasının sonucu ile uyumludur. Diğer yandan çalışmalarda karma yöntemlere de yer verilse de bunun sayısının yetersiz olduğu görülmüştür. Hem nicel hem de nitel tekniklerin aynı çalışmada kullanıldığı ile araştırma problemlerine cevap aranmasında oldukça etkilidir (Adnan ve Gökçek, 2012).

Makalelerde yer alan katılımcılar incelendiğinde en çok 5. ve 6. sınıfların yer aldığı görülmüştür. Bunun yanı sıra 4, 7 ve 8. sınıf düzeyinde de çalışmalar mevcuttur. 4. sınıf öncesinde sanal gerçeklik ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Birkaç üretici tarafından VR teknolojisine getirilen yaş sınırına göre 12 veya 13 yaşından büyük çocukların bu teknolojiyi kullanabileceğini belirtiyor (Araiza-Alba, Keane ve Kaufman, 2022). Bu nedenle çalışmaların 5, 6, 7 ve 8. sınıf düzeyinde araştırmaların yoğunlaşması ve daha düşük sınıf düzeyindeki öğrenenlerle ilgili çalışmaya rastlanılmaması doğaldır. Ayrıca literatürde eğitimde sanal gerçeklik çalışmalarında katılımcıların daha çok lise ve lisans düzeyinde olduğu ilkökul ve ortaokul düzeyinde yapılan çalışmaların az olduğu belirtilmiştir (Çankaya, 2019). Bunun nedenleri arasında SG'nin alt öğretim kademesindeki öğrenenlere uygun olup olmadığının tartışılması gösterilebilir.

Anahtar kelime analizinde en çok “sanal gerçeklik”, “fen bilimleri eğitimi” nin en çok kullanıldığı görülmektedir. “Sanal gerçeklik” anahtar kelimesi araştırmamızın ana konusunu temsil etmesi nedeniyle tercih edildiğini söyleyebiliriz. Sanal gerçeklik uygulamalarının daha çok fen bilimleri alanında yapılmış olması da “fen bilgisi öğretimi” anahtar kelimesinin en çok kullanılanlar arasına girmesinin nedenidir. Bu durum Durukan, Artun ve Temur (2020) ve Tekdal ve Saygıner (2016)'in çalışmaları ile uyumludur.

Araştırma kapsamında yer alan makalelerdeki sonuçlar incelendiğinde ilkökul ve ortaokulda derslerde SG kullanımının öğrencilerin ders başarısını olumlu etkilediğini göstermektedir. Bunun nedenleri arasında, sanal gerçeklik teknolojisinin konuları somutlaştırması ve anlaşılabilirliğini artırması (Elmqaddem, 2019; Topuz, 2018), dersi ilgi çekici kılması (Hopp, Pfiel, Schuster, Tiefenbacher ve Reiner, 2020) ve öğrenci katılımına imkan sağlaması (Detyna ve Kadiri, 2020; Nesenbergs, Abolins, Ormanis ve Mednis, 2020) olabilir.

Araştırmamızın bulgularına göre eğitimde sanal gerçeklik kullanımının bir diğer önemli yanı öğrenenlerin derse yönelik tutumu olumlu etkilemesidir. Öğrenen başarısının yükseldiği durumda tutumların da yüksek düzeyde bulunması doğaldır. Çünkü öğrenenlerin derslere yönelik tutumları ile başarıları arasında pozitif korelasyon vardır (Özkal, Güngör ve Çetingöz, 2004).

“Fen bilgisi öğretimi” teması eğitimde sanal gerçeklik uygulamalarının daha çok fen bilgisi alanında kullanıldığını göstermektedir. Makalelerdeki sonuçlara göre çoğunlukla bu alanda yapılan deneysel araştırmalarda sanal gerçekliğin oldukça başarılı sonuçlar verdiğini ortaya çıkarmıştır (Liou ve Chang, 2018; Pirker, Kopf, Kainz, Dengel ve Buchbauer, 2021). Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçları ile örtüşmektedir. Ayrıca özellikle fen bilimlerinde SG kullanımını inceleyen sistematik derleme çalışmaları (Agbo, Sanusi, Oyelere ve Suhonen, 2021; Durukan vd., 2020) mevcuttur.

Makalelerin sonuçları arasında diğer dikkat çeken konu ise SG'nin öğrenenlerin problem çözme becerilerine olan olumlu etkisidir. Bununla beraber öğrencilerin soruları yanıtlaması ve etkin bir şekilde çözmelerini de olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir. Bu durum özellikle çevreleyen SG ortamının ilgi çekici, zevkli ve katılımı sağlayıcı olması ile açıklanabilir. Literatürde bu sonucu destekler nitelikte çalışmalar vardır (Hwang ve Hu, 2013; Kim, So, ve Park, 2022). Bu durumu etkileyen önemli unsurlardan biri SG ortamı tasarımıdır.

Makalelerdeki sonuçlar SG ortamının artırılmış gerçeklik ortamı ile birlikte öğrenenlerin uzamsal düşünme becerilerini geliştirebileceğini göstermiştir. Bu sonuç Buja vd.'nin (2013) çalışması ile paralellik göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde sanal gerçeklik ortamında etkileşim unsurunun da ön plana çıktığı görülmektedir. Söz konusu etkileşim türü öğrenen-içerik (nesnelere vb.) etkileşimidir. Aynı zamanda birden fazla kullanıcı aynı çevre içinde etkileşimde bulunabilir (Karasar, 2004). Literatürde SG ortamlarının öğrenenlerin etkileşimli katılımının derse yönelik başarı ve motivasyonu artırdığı belirtilmektedir (Hudson, Matson-Barkat, Pallamin, ve Jegou, 2019; Pan ve Zhou, 2013). Bunların dışında makalelerde yer alan sonuçlar arasında SG ortamlarının öğrenenlerin derse yönelik motivasyonlarını artırdığı, ilgi çekici ve eğlenceli olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar ışığında aşağıdaki öneriler yapılabilir;

- Sanal gerçeklik araştırmaları yapılırken karma desenlere ağırlık verilmesi önerilmektedir.
- İlkokul ve ortaokul düzeyinde SG'nin öğrenenler üzerindeki olumlu/olumsuz etkisini araştıran çalışmaların sayısının artırılması önerilmektedir.
- SG ortamlarının ilgi çekici olduğu düşünüldüğünde içerik tasarımının önemi doğrultusunda içerik geliştirici uzmanlarla çalışılması önerilmektedir.
- Fen bilgisi alanına yoğunlaşan SG araştırmaları gibi diğer alanlarda da çalışmaların yapılması önerilmektedir.
- Uygun şartlar oluştuğunda SG ortamlarının derslere entegrasi sağlanmalı, öğretime destekleyici bir unsur olarak kullanılmalıdır.
- Bu çalışma ERIC veritabanında yer alan makalelerden oluşturulmuştur. Diğer veritabanlarında yer alan makalelerin de incelenmesinde fayda olacaktır.
- Bu çalışma ilkökul ve ortaokulda sanal gerçeklik kullanımını inceleyen bir sistematik derleme çalışmasıdır. İleriki araştırmalarda farklı düzeylerin katılımcı olarak belirlendiği çalışmalar yapılabilir.

Kaynakça

Acar, A. (2020). The Effect of Virtual Reality Enhanced Learning Environment on the 7th-Grade Students'

- Reading And Writing Skills In English. In *Malaysian Online Journal of Educational Sciences 7Th-Grade Students ' Reading and Writing Skills in English* (Vol. 8, pp. 22–33).
- Adnan, B., & Gökçek, T. (2012). Karma yöntem araştırmalarına genel bir bakış. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(42), 1–21.
- Agbo, F. J., Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., & Suhonen, J. (2021). Application of virtual reality in computer science education: a systemic review based on bibliometric and content analysis methods. *Education Sciences*, 11(3), 142.
- Al-Azawei, A., Baiee, W. R., & Mohammed, M. A. (2019). Learners' Experience Towards e-Assessment Tools: A Comparative Study on Virtual Reality and Moodle Quiz. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(5).
- Alemi, M., & Khatony, S. (2020). Virtual Reality Assisted Pronunciation Training (Vrapt) for Young Efl Learners. *Teaching English with Technology*, 20(4), 59–81.
- Alhalabi, W. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 919–925.
- Andreoli, R., Corolla, A., Faggiano, A., Malandrino, D., Pirozzi, D., Ranaldi, M., ... Scarano, V. (2016). Immersivity and playability evaluation of a game experience in cultural heritage. In *Euro-Mediterranean Conference* (pp. 814–824). Springer.
- Araiza-Alba, P., Keane, T., & Kaufman, J. (2022). Are we ready for virtual reality in K–12 classrooms? *Technology, Pedagogy and Education*, 1–21.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47.
- Bailenson, J. N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A. C., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). The use of immersive virtual reality in the learning sciences: Digital transformations of teachers, students, and social context. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(1), 102–141.
- Bennett, R., Uink, B., & Cross, S. (2020). Beyond the Social: Cumulative implications of COVID-19 for first nations university students in Australia. *Social Sciences & Humanities Open*, 2(1), 100083.
- Boda, P. A., & Brown, B. (2020a). Designing for Relationality in Virtual Reality: Context-Specific Learning as a Primer for Content Relevancy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 691–702. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09849-1>
- Boda, P. A., & Brown, B. (2020b). Priming urban learners' attitudes toward the relevancy of science: A mixed-methods study testing the importance of context. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(4), 567–596. <https://doi.org/10.1002/tea.21604>
- Brown, B., Ribay, K., Pérez, G., Boda, P. A., & Wilsey, M. (2020). A Virtual Bridge to Cultural Access: Culturally Relevant Virtual Reality and Its Impact on Science Students. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(2), 86–97. <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i2.45>
- Brown, Bill, Boda, P., Ribay, K., Wilsey, M., & Perez, G. (2021). A technological bridge to equity: how VR designed through culturally relevant principles impact students appreciation of science. *Learning, Media and Technology*, 46(4), 564–584. <https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1948427>
- Brown, B., Pérez, G., Ribay, K., Boda, P. A., & Wilsey, M. (2021). Teaching Culturally Relevant Science in Virtual Reality: “When a Problem Comes, You Can Solve It with Science.” *Journal of Science Teacher Education*, 32(1), 7–38. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1778248>
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536–544.
- Çakıroğlu, Ü., Aydın, M., Özkan, A., Turan, Ş., & Cihan, A. (2021). Perceived learning in virtual reality and animation-based learning environments: A case of the understanding our body topic. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5109–5126. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10522-2>
- Çankaya, S. (2019). Use of VR headsets in education: A systematic review study. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 2(1), 74–88.
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452–458.
- Chang, S. C., Hsu, T. C., Chen, Y. N., & Jong, M. S. yung. (2020). The effects of spherical video-based virtual reality implementation on students' natural science learning effectiveness. *Interactive Learning Environments*, 28(7), 915–929. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1548490>
- Chang, S. C., Hsu, T. C., Kuo, W. C., & Jong, M. S. Y. (2020). Effects of applying a VR-based two-tier test strategy to promote elementary students' learning performance in a Geology class. *British Journal of*

- Educational Technology*, 51(1), 148–165. <https://doi.org/10.1111/bjet.12790>
- Chen, Y. C., Chang, Y. S., & Chuang, M. J. (2022). Virtual reality application influences cognitive load-mediated creativity components and creative performance in engineering design. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 6–18. <https://doi.org/10.1111/jcal.12588>
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2139–2158. <https://doi.org/10.1111/bjet.12956>
- Christopoulos, A., Conrad, M., & Shukla, M. (2018). Increasing student engagement through virtual interactions: How? *Virtual Reality*, 22(4), 353–369.
- Çınar, N. (2021). İyi Bir Sistematiik Derleme Nasıl Yazılmalı? *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(2), 310–314.
- Connolly, A. C., Guntupalli, J. S., Gors, J., Hanke, M., Halchenko, Y. O., Wu, Y.-C., ... Haxby, J. V. (2012). The representation of biological classes in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 32(8), 2608–2618.
- Cranmer, C. (2017). *Preserving the emerging: virtual reality and 360-degree video*. an internship research report. Netherlands Institute for Sound and Vision
- Dalari, A. (2019). The subject of arts education through the use of new technologies. The case of the virtual museum. *Australian Educational Computing*, 34(1), 1–9.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32.
- Degli Innocenti, E., Geronazzo, M., Vescovi, D., Nordahl, R., Serafin, S., Ludovico, L. A., & Avanzini, F. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers & Education*, 139, 102–117.
- Demitriadou, E., Stavroulia, K. E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381–401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Detyna, M., & Kadiri, M. (2020). Virtual reality in the HE classroom: feasibility, and the potential to embed in the curriculum. *Journal of Geography in Higher Education*, 44(3), 474–485.
- Durukan, A., Artun, H., & Temur, A. (2020). Virtual Reality in Science Education: A Descriptive Review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132–142.
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3).
- Feng, Z., González, V. A., Amor, R., Lovreglio, R., & Cabrera-Guerrero, G. (2018). Immersive virtual reality serious games for evacuation training and research: A systematic literature review. *Computers & Education*, 127, 252–266.
- Fritz, F., Susperregui, A., & Linaza, M. T. (2005). Enhancing cultural tourism experiences with augmented reality technologies. 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural
- Goh, E., & Sigala, M. (2020). Integrating Information & Communication Technologies (ICT) into classroom instruction: teaching tips for hospitality educators from a diffusion of innovation approach. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 20(2), 156–165.
- Gumonan, K. M. V., & Fabregas, A. (2021). ASI AVR: Asian Studies Virtual Reality Game a Learning Tool. *International Journal of Computing Sciences Research*, 5(1), 475–488. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.53>
- Guo, H. (2016). Application of Virtual Reality Technology in Swimming Teaching. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(11).
- Gutierrez-Maldonado, J., Andres-Pueyo, A., & Talarn-Caparrós, A. (2015). Virtual reality to train teachers in ADHD detection. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 769–772). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637–651.
- Han, I. (2021). Immersive virtual field trips and elementary students' perceptions. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 179–195. <https://doi.org/10.1111/bjet.12946>
- Harron, J. R., Petrosino, A. J., & Jenevein, S. (2019). Using Virtual Reality to Augment Museum-Based Field Trips in a Preservice Elementary Science Methods Course. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(4), 687–707.

- Harvey, M., Deuel, A., & Marlatt, R. (2019). "To Be, or Not to Be": Modernizing Shakespeare With Multimodal Learning Stations. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 63(5), 559–568. <https://doi.org/10.1002/jaal.1023>
- Heim, M. (1993). *The metaphysics of virtual reality*. Oxford University Press on Demand.
- Hite, R. L., Jones, M. G., Childers, G. M., Ennes, M., Chesnutt, K., Pereyra, M., & Cayton, E. (2019). Investigating Potential Relationships Between Adolescents' Cognitive Development and Perceptions of Presence in 3-D, Haptic-Enabled, Virtual Reality Science Instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 265–284. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9764-y>
- Hite, R., Childers, G., Jones, G., Corin, E., & Pereyra, M. (2021). Describing the Experiences of Students with ADHD Learning Science Content with Emerging Technologies. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 24(1), 1–34. <https://doi.org/10.14448/jsesd.13.0012>
- Hopp, M., Pfiel, S., Schuster, R. M., Tiefenbacher, F., & Reiner, M. (2020). A debate about implementing immersive technology for higher education: Pre-study examining the usability of virtual reality for lectures. *Human Systems Management*, 39(4), 565–571.
- Hu, X., & Han, Z. R. (2019). Effects of gesture-based match-to-sample instruction via virtual reality technology for Chinese students with autism spectrum disorders. *International Journal of Developmental Disabilities*, 65(5), 327–336. <https://doi.org/10.1080/20473869.2019.1602350>
- Huang, T.-C., Chen, C.-C., & Chou, Y.-W. (2016). Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers & Education*, 96, 72–82.
- Hudson, S., Matson-Barkat, S., Pallamin, N., & Jegou, G. (2019). With or without you? Interaction and immersion in a virtual reality experience. *Journal of Business Research*, 100, 459–468.
- Hwang, W.-Y., & Hu, S.-S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. *Computers & Education*, 62, 308–319.
- Jenny, S. (2017). Enhancing tourism with augmented and virtual reality.
- Jensen, L., & Konradson, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529.
- Ji, Y., & Han, Y. (2019). Monitoring Indicators of the Flipped Classroom Learning Process based on Data Mining-Taking the Course of "Virtual Reality Technology" as an Example. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3).
- Karasar, Ş. (2004). Eğitimde yeni iletişim teknolojileri-internet ve sanal yüksek eğitim.
- Kim, H., So, H.-J., & Park, J.-Y. (2022). Examining the Effect of Socially Engaged Art Education with Virtual Reality on Creative Problem Solving. *Educational Technology & Society*, 25(2), 117–129.
- Kim, Y., Kim, H., & Kim, Y. O. (2017). Virtual reality and augmented reality in plastic surgery: a review. *Archives of Plastic Surgery*, 44(3), 179.
- Kounavis, C. D., Kasimati, A. E., & Zamani, E. D. (2012). Enhancing the tourism experience through mobile augmented reality: Challenges and prospects. *International Journal of Engineering Business Management*, 4, 10.
- Lee, C. K., & Shea, M. (2020). Exploring the use of virtual reality by pre-service elementary teachers for teaching science in the elementary classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(2), 163–177. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1726234>
- Li, L., Yu, F., Shi, D., Shi, J., Tian, Z., Yang, J., ... Jiang, Q. (2017). Application of virtual reality technology in clinical medicine. *American Journal of Translational Research*, 9(9), 3867.
- Liou, W.-K., & Chang, C.-Y. (2018). Virtual reality classroom applied to science education. In *2018 23rd International Scientific-Professional Conference on Information Technology (IT)* (pp. 1–4). IEEE.
- Liu, R., Wang, L., Lei, J., Wang, Q., & Ren, Y. (2020). Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2034–2049. <https://doi.org/10.1111/bjet.13028>
- Liu, T. C., Lin, Y. C., Wang, T. N., Yeh, S. C., & Kalyuga, S. (2021). Studying the effect of redundancy in a virtual reality classroom. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 1183–1200. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09991-6>
- Maher, D., & Buchanan, J. (2021). 360 Degree Representation: Desktop Virtual Reality Combined With Analytics in the Primary School Classroom. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(4), 609–622. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2021.1939770>
- Mantzou, O., Papachristos, N. M., & Mikropoulos, T. A. (2018). Learning activities as enactments of learning affordances in MUVES: A review-based classification. *Education and Information Technologies*, 23(4),

- 1737–1765.
- Martončík, M., Babjáková, J., Čupková, L., Köverová, N., & Kačmárová, M. (2020). Simulation of vocational activities: experimental evidence of (no) changes in vocational interests. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40461-020-00093-w>
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5–14.
- Möller, A. M., & Myles, P. S. (2016). What makes a good systematic review and meta-analysis? *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 117(4), 428–430.
- Nesenbergs, K., Abolins, V., Ormanis, J., & Mednis, A. (2020). Use of augmented and virtual reality in remote higher education: A systematic umbrella review. *Education Sciences*, 11(1), 8.
- Özel, C., & Uluyol, Ç. (2016). Development of an augmented reality application and students' opinions. *Turkish Journal of Social Research*, 20(3), 793–823.
- Özkal, N., Güngör, A., & Çetingöz, D. (2004). Sosyal bilgiler dersine ilişkin öğretmen görüşleri ve öğrencilerin bu derse yönelik tutumları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 40(40), 600–615.
- Pan, J., & Zhou, W. (2013). Can success lead to happiness? The moderators between career success and happiness. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 51(1), 63–80.
- Patterson, T., & Han, I. (2019). Learning to Teach with Virtual Reality: Lessons from One Elementary Teacher. *TechTrends*, 63(4), 463–469. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00401-6>
- Peng, L.-W., & Lee, C.-Y. (2020). Virtualizing Science to Maximize Self-Efficacy, Value, and Motivation for Tomorrow's Science Workforce. *Excellence in Education Journal*, 9(3), 49–81. Retrieved from http://silk.library.umass.edu/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/virtualizing-science-maximize-self-efficacy-value/docview/2535415291/se-2?accountid=14572%0Ahttps://resolver.ebscohost.com/openurl?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc
- Petersen, G. B., Klingenberg, S., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2020). The virtual field trip: Investigating how to optimize immersive virtual learning in climate change education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2098–2114. <https://doi.org/10.1111/bjet.12991>
- Pirker, J., Kopf, J., Kainz, A., Dengel, A., & Buchbauer, B. (2021). The potential of virtual reality for computer science education-engaging students through immersive visualizations. In *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)* (pp. 297–302). IEEE.
- Punako Jr, R. (2018). Computer-supported collaborative learning using augmented and virtual reality in museum education. Nova Southeastern University.
- Purcell, C. (2020). Teaching children road safety using a simulated environment. *Journal of Education and Educational Development*, 7(1), 44. <https://doi.org/10.22555/joeed.v7i1.2948>
- Putman, S., & Id-Deen, L. (2019). “I Can See It!” Math Understanding Through Virtual Reality. *Educational Leadership*, 76(5), 36–40. Retrieved from <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=155d1502-d648-41d1-b88a-bfcf10c57d56%40pdc-v-sessmgr02&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3D#db=f5h&AN=134555679>
- Sarioğlu, S., & Gırgın, S. (2020). The effect of using virtual reality in 6th grade science course the cell topic on students' academic achievements and attitudes towards the course. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 109–125. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.16>
- Sontay, G., & Karamustafaoglu, O. (2021). Science Teaching with Augmented Reality Applications: Student Views about “Systems in Our Body” Unit. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 9(3), 13–23. Retrieved from https://www.proquest.com/scholarly-journals/science-teaching-with-augmented-reality/docview/2608788089/se-2?accountid=14649%0Ahttps://library.unisa.edu.au/go/openurl?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rft_id=info:sid/ProQ%3Aeric&rft_val_fmt=info
- Stull, A. T. (2009). *Anatomy learning in virtual reality: A cognitive investigation*. University of California, Santa Barbara.
- Subramanian, R., & Marsic, I. (2001). ViBE: Virtual biology experiments. In *Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web* (pp. 316–325).
- Sun, F. R., Pan, L. F., Wan, R. G., Li, H., & Wu, S. J. (2021). Detecting the effect of student engagement in an SVVR school-based course on higher level competence development in elementary schools by SEM. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 3–16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558258>
- Tai, T. Y., & Chen, H. H. J. (2021). The Impact of Immersive Virtual Reality on EFL Learners' Listening

- Comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1272–1293. <https://doi.org/10.1177/0735633121994291>
- Tekdal, M., & Saygıner, Ş. (2016). Eğitsel anlamda artırılmış gerçeklik kullanımı: bir içerik analizi çalışması.
- Topuz, Y. (2018). Anatomi eğitiminde sanal gerçeklik ve üç boyutlu masaüstü materyallerin akademik başarı ve bilişsel yük açısından karşılaştırılması. Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Trindade, J., Fiolhais, C., & Almeida, L. (2002). Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*, 33(4), 471–488.
- Vaughan-Nichols, S. J. (2009). Augmented reality: No longer a novelty? *Computer*, 42(12), 19–22.
- Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H.-L., & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1204.
- Wedyan, M., Al-Jumaily, A., & Dorgham, O. (2020). The use of augmented reality in the diagnosis and treatment of autistic children: a review and a new system. *Multimedia Tools and Applications*, 79(25), 18245–18291.
- Weng, C., Rathinasabapathi, A., Weng, A., & Zagita, C. (2019). *Mixed Reality in Science Education as a Learning Support: A Revitalized Science Book*. *Journal of Educational Computing Research* (Vol. 57). <https://doi.org/10.1177/0735633118757017>
- Wu, J., Guo, R., Wang, Z., & Zeng, R. (2021). Integrating spherical video-based virtual reality into elementary school students' scientific inquiry instruction: effects on their problem-solving performance. *Interactive Learning Environments*, 29(3), 496–509. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1587469>
- Xie, Y., Ryder, L., & Chen, Y. (2019). Using interactive virtual reality tools in an advanced Chinese language class: A case study. *TechTrends*, 63(3), 251–259.
- Xu, X., & Ke, F. (2016). Designing a virtual-reality-based, gamelike math learning environment. *American Journal of Distance Education*, 30(1), 27–38.
- Yang, M.-T., & Liao, W.-C. (2014). Computer-assisted culture learning in an online augmented reality environment based on free-hand gesture interaction. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(2), 107–117.
- Yang, G., Chen, Y. T., Zheng, X. L., & Hwang, G. J. (2021). From experiencing to expressing: A virtual reality approach to facilitating pupils' descriptive paper writing performance and learning behavior engagement. *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 807–823. <https://doi.org/10.1111/bjet.13056>
- Yang, J., Liu, T., Jiang, B., Song, H., & Lu, W. (2018). 3D panoramic virtual reality video quality assessment based on 3D convolutional neural networks. *IEEE Access*, 6, 38669–38682.
- Yifan, W., Wu, S., Huang, H., Cohen-Or, D., & Sorkine-Hornung, O. (2019). Patch-based progressive 3d point set upsampling. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 5958–5967).
- Yıldırım, B., Şahin Topalcengiz, E., Arıkan, G., & Timur, S. (2020). Using Virtual Reality in the Classroom: Reflections of STEM Teachers on the Use of Teaching and Learning Tools. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.711779>
- Yovcheva, Z., Buhalis, D., & Gatzidis, C. (2012). Smartphone augmented reality applications for tourism. *E-Review of Tourism Research (Ertr)*, 10(2), 63–66.
- Yung, R., Khoo-Lattimore, C., & Potter, L. E. (2021). Virtual reality and tourism marketing: conceptualizing a framework on presence, emotion, and intention. *Current Issues in Tourism*, 24(11), 1505–1525.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

