J-EDUCAT: Journal of Educational Studies

VOLUME 4
ISSUE 2
NOVEMBER
2026

J-EDUCAT:
Eğitim
Araştırmaları
Dergisi

e-ISSN: 3023-8145
jeducat.com

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies

Volume: 4 Issue: 2, November 2026

E-ISSN: 3023-8145

Journal Founder and Publisher

Prof. Dr. Zeynep EREN

Sinop University

The Faculty of Education

Department of Educational Sciences

Education Management

57100- Korucuk, Sinop-TURKEY

P:+90368 2715526- Ext.2019

Submission

J-EDUCAT Manuscript Submission System

Journal Website

https://www.jeducat.com/

Contact

jeducat01@gmail.com

Editor-in-Chief

Prof. Dr. Zeynep Eren, Sinop University, Türkiye

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9748-6972

Email: jeducat01@gmail.com

Editors

Assoc. Prof. Dr. Kamala Gahramanova, Baku State University, Azerbaijan

ORCID: https://orcid.org/0009-0004-7651-0047

Assoc. Prof. Dr. Cüneyt Yılmaz, Fifteen November Cyprus University, TRNC

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1655-588X

Editorial Board (Alphabetical)

Prof. Dr. Estrella T. Arroyo, University of Saint Anthony (USANT), Philippines

Prof. Dr. Adem Bayar, Harran University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Muhammet İbrahim Akyürek, Selçuk University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ümüt Arslan, University of Nebraska at Kearney, United States

Prof. Dr. Rachid Bendraou, Ibn Tofail Universit, Morocco

Prof. Dr. Aycan Çiçek, Muğla Sıtkı Koçman University, Türkiye

Prof. Dr. Gizkhanim Gahramanova, Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan

Prof. Dr. Mehmet Durdu Karsli, Eastern Mediterranean University, TRNC

Prof. Dr. Mehmet Korkmaz, Gazi University, Türkiye

Marie Martin, Ed.D., Alexandria's Design, United States

Charles Martin Jr., Ed.D., Alexandria's Design, United States

Assoc. Prof. Dr. Mete Sipahioglu, Samsun University, Türkiye

Assoc.Prof.Dr.Joanna Szerszunowicz, University of Białystok, Poland

Assoc. Prof. Dr. Gülsün Şahan, Bartın University, Türkiye

Prof. Dr. Saadet Kuru Çetin, Muğla Sıtkı Koçman University, Türkiye

Prof. Dr. Gulmira Saudabayeva, Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan

Prof. Dr. Osman Titrek, Sakarya University, Türkiye

Prof. Dr. Hakan Uşaklı, Sinop University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Olcay Yavuz, Southern Connecticut State University, United States

Assoc. Prof. Dr. Lubna Zaheer, University of the Punjab, Pakistan

International Advisory Board (Alphabetical)

Assoc. Prof. Dr. Ruzmetova Khilola Abdushoripovna, Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

Assoc. Prof. Dr. Sevinc Aliyeva, Baku State University, Azerbaijan

Assoc.Prof. Dr. Sarp Bağcan, İstanbul Gelişim University, Türkiye

Prof. Dr. Cevat Elma, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Prof. Dr. Kamile Demir, Alanya Alaattin Keykubat University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Yıldırım Bayezit Deldal, Fifteen November Cyprus University, TRNC

Prof. Dr. Bilgen Kıral, Aydın Adnan Menderes University, Türkiye

Prof. Dr. Erkan Kıral, Aydın Adnan Menderes University, Türkiye

Prof. Dr. Sadık Kartal, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Yeşim Koç, Sinop University, Türkiye

Prof. Dr. Murat Özdemir, Hacettepe University, Türkiye

Prof. Dr. Onur Şenel, Ankara Music and Fine Arts University, Türkiye

Prof. Dr. Esef Hakan Toytok, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye

Prof. Dr. Sadık Yöndem, Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye

Prof. Dr. Zeynep Deniz Yöndem, Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye

Prof. Dr. Davut Uğurlu, Piri Reis University, Türkiye

Language Editors

Derya Zülal Uğurlu

RWTH Aachen University, Germany, *(English & Turkish)*

Dr. Nilufar Gahramanli

Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan, *(Azerbaijani)*

Assist. Prof. Dr. Supataeva Elvira Akinovna

American University of Central Asia, Kyrgyz Republic, *(Russian)*

Layout Editor

Prof. Dr. Zeynep Eren, Sinop University, Türkiye

Lect. Alperen Avcı, Muş Alparslan University, Türkiye

About the Journal

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies is an international, peer-reviewed, open-access academic journal that publishes original research in the field of educational sciences. The journal aims to contribute to the advancement of educational research by providing an academic platform for scholars, researchers, and practitioners working in different areas of education. The journal welcomes interdisciplinary research that contributes to educational knowledge, practice, policy, and applied analytics. Particularly, we welcome studies that integrate educational perspectives with emerging technologies—such as computer science, artificial intelligence, deep learning, computer vision, and image processing. Research focusing on data-driven approaches, performance analysis, algorithmic models, and digital innovations that support, analyze, or transform learning, training, and practice environments across various disciplines is highly encouraged. All manuscripts submitted to J-EDUCAT undergo a double-blind peer review process. In this process, the identities of both authors and reviewers are concealed to ensure an impartial and objective evaluation. Each manuscript is evaluated by at least two independent reviewers who are experts in the relevant field. J-EDUCAT is published biannually, with two issues per year. (May- November). *Starting from 2027 (Volume 5), our journal will adopt the* ***"Continuous Publication Model"*** *to ensure the rapid dissemination of scientific research. Under this model, peer-reviewed and accepted articles will be published online immediately upon completion of the production process, without waiting for a specific issue. Traditional sequential page numbers will be replaced by a unique Article ID.* The primary languages of publication are English and Turkish.

Open Access Policy

J-EDUCAT provides immediate open access to its content based on the principle that making research freely available to the public supports the global exchange of knowledge.

All articles are published under a Creative Commons license.

Canonical URL, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

The Budapest Open Access Initiative (BOAI)

Journal Address:

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies

Sinop University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences

P:+90368 2715526- Ext.2019

57100, Korucuk – Türkiye

Referee Board

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies uses double-blind review fulfilled by at least two reviewers. Referee names are kept strictly confidential. For detailed information, please click here: https://www.jeducat.com/?pnum=9&pt=Peer+Review+Policy

Abstracting & Indexing

Major Indexing Databases

ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences)

ROAD (Directory of Open Access Scholarly Resources)

Open Science Infrastructure and Repositories

OpenAIRE

Zenodo (CERN Open Science Repository)

Academic Search Engines and Library Discovery Systems

Google Scholar

BASE (Bielefeld Academic Search Engine)

WorldCat (Global Library Catalog)

idealonline

Türk Eğitim İndeksi

IAD (Index of Academic Documents)

ROOTINDEXING

Content digitally archived in: Milli Kütüphane EYDeS National Library of Turkey EyDeS

Indexing Development

Our journal is currently in the monitoring and evaluation process by TR Dizin (Process start date: 22.02.2025)

From the Editors

Dear Readers,

We are pleased to present the second issue of Volume 4 (2026) of J-*EDUCAT: Journal of Educational Studies.* This issue features three research articles addressing technology integration in education, teacher education, and artificial intelligence-based image analysis.

In their article entitled *"Student Views on Flipped Learning and Gamification in Social Studies Teaching,"* Aslıhan Ayar and Behsat Savaş examine pre-service teachers' views on flipped learning and gamification practices in social studies teaching. The study highlights the positive contributions of these approaches to learning processes, student engagement, and knowledge retention.

In *"A SqueezeNet-Based Deep Learning Model for Automatic Foul Detection in Soccer Game Images,"* Ahmet Düzgünce proposes a deep learning-based model for automatically identifying foul situations in football images. The study presents findings concerning the application of image processing and artificial intelligence technologies in sports analytics.

The article *"TPACK and SAMR in Geometry Teaching: The Gap Between Perception and Performance,"* by Yusuf Can and Süha Yılmaz, investigates the effects of mobile application-supported geometry teaching on pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge. The findings indicate that improvements in perceptions of technology integration do not necessarily translate into corresponding improvements in pedagogical design performance.

We extend our sincere appreciation to the authors, reviewers, and editorial board members whose contributions have made this issue possible.

We hope that the articles in this issue will contribute to research and practice in their respective fields and wish our readers an engaging reading experience.

01 November, 2026

https://www.jeducat.com/

Editor-in-Chief

Prof. Dr. Zeynep Eren, Sinop University- Türkiye

Editors

Assoc. Prof. Dr. Kamala Gahramanova, Baku State University, Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Cüneyt Yılmaz, Fifteen November Cyprus University, TRNC

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies (ISSN: 3023-8145)

Volume 4, Issue 2, 2026, November

Contents

i/xi Jeneric

Articles

676-703 pp. **(1)**	**Student Views on Flipped Learning and Gamification in Social Studies Teaching** Aslıhan AYAR & Behsat SAVAŞ Research Article / English https://doi.org/10.5281/zenodo.20334576
704-715 pp. **(2)**	**A SqueezeNet-Based Deep Learning Model for Automatic Foul Detection in Soccer Game Images** **Futbol Oyun Görüntülerinde Otomatik Faul Tespiti için SqueezeNet Tabanlı Bir Derin Öğrenme Modeli** Ahmet DÜZGÜNCE Research Article / Turkish https://doi.org/10.5281/zenodo.20445515
716-737 pp. **(3)**	**TPACK and SAMR in Geometry Teaching: The Gap Between Perception and Performance** **Geometri Öğretiminde TPACK ve SAMR: Algı ile Performans Arasındaki Boşluk** Yusuf CAN & Süha YILMAZ Research Article / Turkish https://doi.org/10.5281/zenodo.20531564
738-741 pp.	**DÜZELTME / CORRECTION (ERRATUM)** ***A SqueezeNet-Based Deep Learning Model for Automatic Foul Detection in Soccer Game Images*** *Futbol Oyun Görüntülerinde Otomatik Faul Tespiti için SqueezeNet Tabanlı Bir Derin Öğrenme Modeli*

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies
J-EDUCAT: Eğitim Araştırmaları Dergisi
(ISSN: 3023-8145)
http://www.jeducat.com
Received: *22.02.2026,* ***Accepted:*** *17.04.2026,* ***Early Published:*** *22.05.2026*
Published: 01.11.2026, Article Type: *Research Article*
Doi: https://doi.org 10.5281/zenodo.20334576
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License

Student Views on Flipped Learning and Gamification in Social Studies Teaching[*]

Aslıhan AYAR [**]
Behsat SAVAŞ [***]

Abstract

Technological advancements have brought about certain changes in the competencies teachers need to possess. The use of technology in education, which began with the incorporation of technological tools and computers into the teaching-learning process, has continued in the form of e-learning, blended learning, and flipped learning. Flipped and gamification-based learning models enrich teaching environments, provide active participation experiences, feedback, motivation, and a fun learning environment. Within the scope of the research, a teaching process incorporating flipped learning and gamification-based learning implementations was designed for the social studies teaching course in the primary school teaching undergraduate program, and the opinions of teacher candidates were collected at the end of the implementation. A single-case embedded design was used in the study. The study group consisted of third-year students in the undergraduate program in primary school teaching at a state university in Izmir, Türkiye. The teaching model applied in the groups was determined by random assignment. The gamification-based flipped learning model was used in one group, and the gamification-based learning model was used in the other. A seven-week quasi-experimental process was carried out with a total of 85 teacher candidates. At the end of the process, the opinions of twelve teacher candidates, six from each experimental group, were collected. The collected data were analyzed using content analysis. The research results showed that in the social studies teaching course conducted with the flipped learning and gamification-based learning models, learners' success increased, lasting learning took place, and there were many positive effects on the learning processes.

Keywords: Flipped learning, gamification, teacher candidate, social studies teaching.

Introduction

Technological developments have brought about certain changes in the teaching profession, and the competencies teachers need to possess. The use of technology in education began with the incorporation of technological tools and computers into teaching-learning processes. Different learning approaches emerged, such as web and internet-based education, e-learning, mobile learning, blended learning, and flipped learning (Ünsal, 2018).

[*] This research constitutes a part of the first author's PhD dissertation, supervised by the second author, and was presented as an oral paper at EDUCongress 2025, Antalya/TURKIYE.

[**] Res. Asst., Ege University, Faculty of Education, Department of Elementary Education, Izmir, aslihan.ayar@ege.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-1137-4679
[***] Assoc. Prof. Dr., Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, Department of Elementary Education, Izmir, behsat.savas@deu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0003-3164-9745

Traditional educational paradigms are criticized for failing to meet the learning needs of new generations who have grown up immersed in technology (Bergmann & Sams, 2012). In the traditional approach, fundamental knowledge is conveyed through passive listening in the classroom. The deep understanding of knowledge and challenging tasks requiring complex application are left for home (Bergmann & Sams, 2012). The flipped learning model has emerged as an alternative approach to the traditional learning environment. This approach is an innovative model that falls under the blended learning approach, which combines online learning environments with face-to-face learning (Kim et al., 2014; Marshall, 2013).

Flipped learning is defined as the structuring of face-to-face instruction combined with digital and online learning (Castro, 2019). Learners save time, space, and money. Interaction increases during the learning process, immediate feedback is received, and different teaching methods and pedagogical approaches are used. It offers diversity in educational resources and easy access to materials (Anthony et al., 2020; Jost et al., 2021; Özdemir et al., 2021; Park & Shea, 2020).

In the traditional model, the basic transfer of knowledge that takes place in the classroom is moved to before the lesson in the flipped learning model through online materials (videos, audio recordings, texts, etc.) (Bergmann & Sams, 2012). Students learn basic concepts by reviewing video lessons or other learning materials before class. Classroom time is dedicated to application-based active learning activities that require students to assimilate knowledge and focus on problem solving and higher-order cognitive processes (Ağırman & Ercoşkun, 2022; Clark, 2015). Rather than lecturing on the subject, the teacher plans activities that allow students to be active in the classroom and interact with each other. During activities, immediate feedback and peer learning are provided for areas that are not understood or are difficult (Willey & Gardner, 2013). With these features, flipped learning is student-centered compared to the traditional teaching model. The teacher is in a guiding position, and the student is no longer a passive receiver but a constructor of learning (Gilboy et al., 2015). It offers students the opportunity to learn at their own pace and have greater access to materials [Flipped Learning Network (FLN), 2014].

Gamification can also be used to provide feedback to learners and create a fun learning environment. Gamification is the process of incorporating game elements into non-game situations designed to achieve a specific goal (Kapp, 2012). It aims to motivate participants to complete a goal or task, increase interaction, encourage learning, reward the achievement of goals, and make the teaching process enjoyable (Zichermann & Cunningham, 2011). Thanks to the elements it contains, it is widely used in areas such as health, marketing, and education with the aim of increasing individuals' participation, and commitment levels in their environment (Candel et al., 2024; Majuri et al., 2018).

When effectively designed in line with learning objectives, gamification can increase students' success, motivation, and active participation (Asiksoy & Canbolat, 2021; Xiao & Hew, 2024). Through gamification's reward systems and scoring mechanisms, students are motivated to learn (Tunga & Inceoglu, 2020). Learning goals that can be described as boring and challenging for students become fun (Deterding et al., 2011; Werbach & Hunter, 2012). The instant feedback provided by gamification allows students to make immediate corrections in their learning processes (Deterding et al., 2011); collaboration skills improve (Nicholson, 2015). It is one of the effective models that can be used for higher-level learning skills and addressing learning deficiencies (Dichev & Dicheva, 2017).

Incorporating gamification into online environments encourages students to engage in lasting learning by increasing interaction (Castro et al., 2018). Gamification can be used to motivate students to participate in out-of-class activities in the flipped learning model (Huang & Hew, 2018). Flipped learning ensures the continuity of learning by keeping students active outside the classroom (Taşpolat et al., 2021). Game elements used in gamification-based flipped learning environments increase student motivation and participation in the course and make learning attractive. They enhance the learning experience by using competition, collaboration, or in-game rewards (Hamari et al., 2014).

New pedagogical approaches are being sought to improve the quality of learning environments and teaching in higher education (Zhu & Xie, 2018). Considering the problems encountered in teacher training and expectations regarding the use of technology, there is a need to use new pedagogical approaches in teacher education as well. There is a need for teachers who can respond to the needs of the age and adapt to the digital world by taking advantage of the possibilities offered by technology (Kadıoğlu & Özyalçın Oskay, 2023). It is important for teacher candidates to be familiar with educational technologies, use them effectively in teaching-learning processes, and be able to select tools and methods appropriate to student needs (Demiraslan & Usluel, 2008).

Studies using gamification and gamification-based flipped learning in social studies teaching have been examined. The research shows that the relevant models can be successfully applied in social studies lessons at different levels and in different learning areas. Studies conducted in the context of teacher training have revealed that flipped learning has positive effects on social studies teacher candidates' attitudes towards constructivist understanding and their understanding of learning and teaching, contributing to them professionally and academically (Gökdemir, 2018). It was found that the use of game-based videos and gamification in online teaching improved teacher candidates' assessments of their learning styles and motivation in social sciences, increased their active roles in learning processes, and improved the quality of learning (Candel et al., 2024). Gençer (2015) determined that this model increased teachers' workload, that students were satisfied with active teaching methods in the classroom, and that their perceptions of homework were positive. Alsobaie (2018) concluded that student achievement increased and teachers saved class time, but their

workload did not decrease; on the contrary, it increased. Smith states that the flipped learning model provides an opportunity to enhance teaching practice and the teaching profession as a whole (Tucker, 2012).

It is important for future teachers to be able to adapt to innovative educational processes and to have a detailed understanding of contemporary teaching models such as gamification and the flipped learning model. According to Doğan (2015), learners and course instructors should be knowledgeable and equipped regarding the responsibilities and tasks related to these learning models. This is crucial for the successful implementation of the model. Implementing social studies teaching in learning environments based on flipped learning and gamification can positively affect teacher candidates' motivation, success, learning level, and styles. Therefore, it may be one of the possible alternative and effective models in the online teaching-learning soon. It is believed that revealing teacher candidates' perceptions and opinions about these models and increasing their knowledge will contribute to the literature. In the study, a teaching process including flipped learning and gamification implementations was designed for the social studies teaching course in the primary school teaching undergraduate program. The views of teacher candidates on the teaching course conducted with flipped learning and gamification implementations were examined. The research sought to answer the question, *"What are the opinions of teacher candidates on the social studies teaching course conducted with gamification-based flipped learning (GbFL) and gamification-based learning (GbL) implementations?".* The research is expected to contribute to the literature and serve as an example for future studies.

Methodology

Research Design

The research aims to reveal teacher candidates' opinions on gamification-based flipped learning (GbFL) and gamification-based learning (GbL) implementations. The research is designed according to an embedded mixed-methods approach. This approach allows for a more thorough analysis of the study problem by including qualitative data into the research process to assess the efficacy of the experimental intervention (Creswell, 2019).

In the research, data was collected to thoroughly elucidate the participants' experiences regarding the experimental intervention in which gamification-based flipped learning (GBL) and gamification-based learning (GbL) applications were implemented. Within the context of the Social Studies Teaching course in the undergraduate primary school teacher training program, GbFL and GbL were treated as a single case. Since the experiences and opinions of the teacher candidates were examined under different dimensions within this case, the study was structured as a single-case embedded design (Yin, 2003).

Research Sample and Participants

The study group was determined using convenience sampling, one of the purposive sampling methods. Teacher candidates enrolled in the third year of the elementary education undergraduate program at a state university in Izmir, Türkiye participated in the intervention process. The instructional model applied in the groups was determined by random assignment. The gamification-based flipped learning model (GbFL) was applied to Group-A, and the gamification-based learning model (GbL) was applied to Group-B. Information about the experimental groups is presented in Table 1.

Table 1

Descriptive Information about Groups

	Gamification-Based Flipped Learning (GbFL)		Gamification-Based Learning (GbL)		Total	
	n	%	n	%	n	%
Female	34	70,83	29	78,38	63	100
Male	14	29,17	8	21,62	22	100
Total	48	100	37	100	85	100

Of the teacher candidates who participated in teaching course implementations conducted using the GbFL model 70.83% were female and 29.17% were male. In the GbL model, 78.38% of participants were female and 21.62% were male. A total of 85 teacher candidates participated in the implementations. The gender distribution of the groups was found to be similar.

Research Instruments

In the study, which collected teacher candidates' opinions on GbFL and GbL implementations, data were collected using a semi-structured interview form. The form was prepared by the researchers.

A literature review of the relevant field was conducted and existing studies were examined while preparing the interview form. Questions were formulated to reveal the effects of the models used on learning processes, their advantages/disadvantages, implementation difficulties, and opinions regarding the use of these models in teacher training. Care was taken to prepare questions that were clear, understandable, and did not contain leading elements, and a draft form with 11 questions was prepared. The draft form was submitted to three experts for their opinions. Following expert opinions, the form was finalized with eight questions. It was used to determine the opinions of teacher candidates. Examples of questions included in the interview form:

"Q2: What are your thoughts on GbFL/GbL implementations?"

Probes: What are the advantages/benefits of using this model?

What are the disadvantages/drawbacks of using this model?"

"Q4: In courses where GbFL/GbL was used, how did you apply the new knowledge you gained in other situations or other lessons?"

"Q7: What are your views on the use of GbFL/GbL in the training of primary school teachers?"

Data Collection

The implementations were carried out over a total of seven weeks during the fall semester of the 2024-2025 academic year, with six weeks of experimental procedures and one week of interviews with students to evaluate the models used. During the six weeks, course content was developed based on flipped learning and gamification, information about the process, concept teaching techniques (concept map, mind map, concept puzzle, concept cartoon), value teaching approaches, teaching literacy skills, and teaching social studies through mind and board games.

In the GbFL implementations, resources were shared via the DEU Distance Education Portal-Sakai before the lessons. The resources consisted of text files, visually supported presentations, activity examples, and videos created by the researchers. Within the scope of flipped learning, teacher candidates were asked to review the resources uploaded to the system and come to class prepared (Figure 1-2). The teacher candidates' review of the resources before class was monitored through the system. Assignments and assessments were carried out using gamification applications (Socrative, Blooket, Wordwall, etc.) related to the uploaded resources. At the end of the assignments, students were given pre-class scores and corresponding badges, and a leaderboard was created. At the beginning of the class, the leaderboard created for the activities carried out outside the classroom was shared. A summary of the topic was provided to address any gaps in knowledge. After the process was completed, student-centered and application-based activities were carried out (Figure 3-4).

In GbL implementations, theoretical knowledge of the subject was provided first. Existing examples were shared, and then the application part was moved on to. Different digital tools such as Blooket, Coggle, Mentimeter, Wordwall, Kahoot, and Socrative were used throughout the lesson. In group or individual activities, rankings were created by scoring student performance. Examples of photos taken in class during the application process and images of some of the materials used are provided (Figure 5-6-7).

Figure 1.
Gamification Based Flipped Learning Model (GbFL) DEU-Sakai Platform.

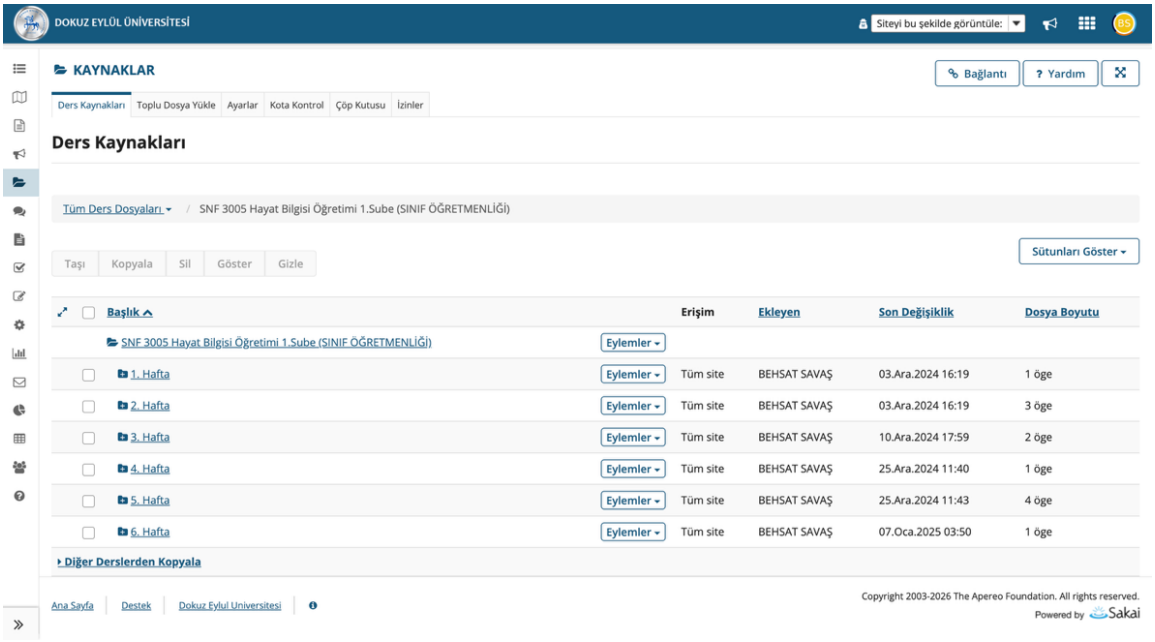


Figure 2.
Gamification Based Flipped Learning Model (GbFL) 2nd Week Pre-Lesson Resources.



Figure 3.
"Concept Map and Mind Map" GbFL Implementation Process.



Figure 4.
Example of a Concept Map and Mind Map Prepared by Participants within the Scope of the GbFL.

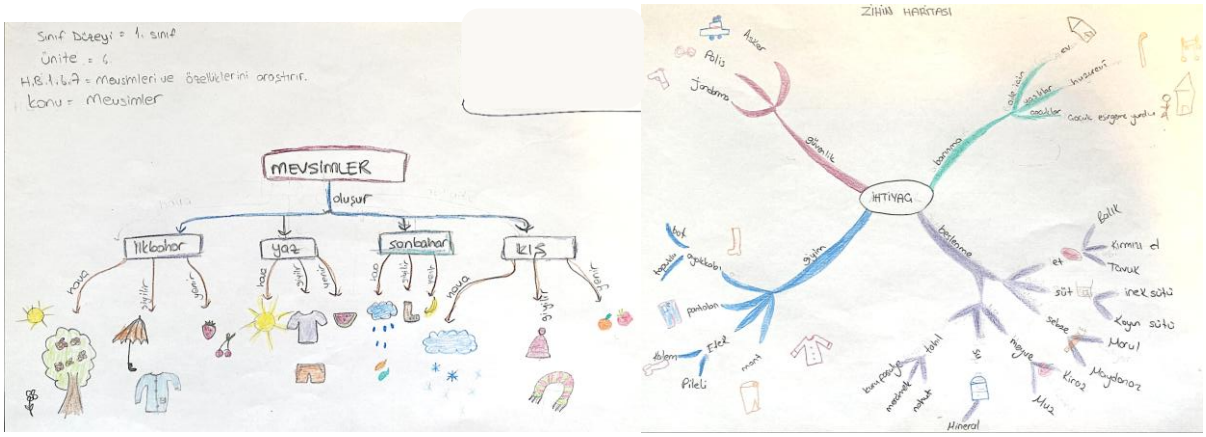


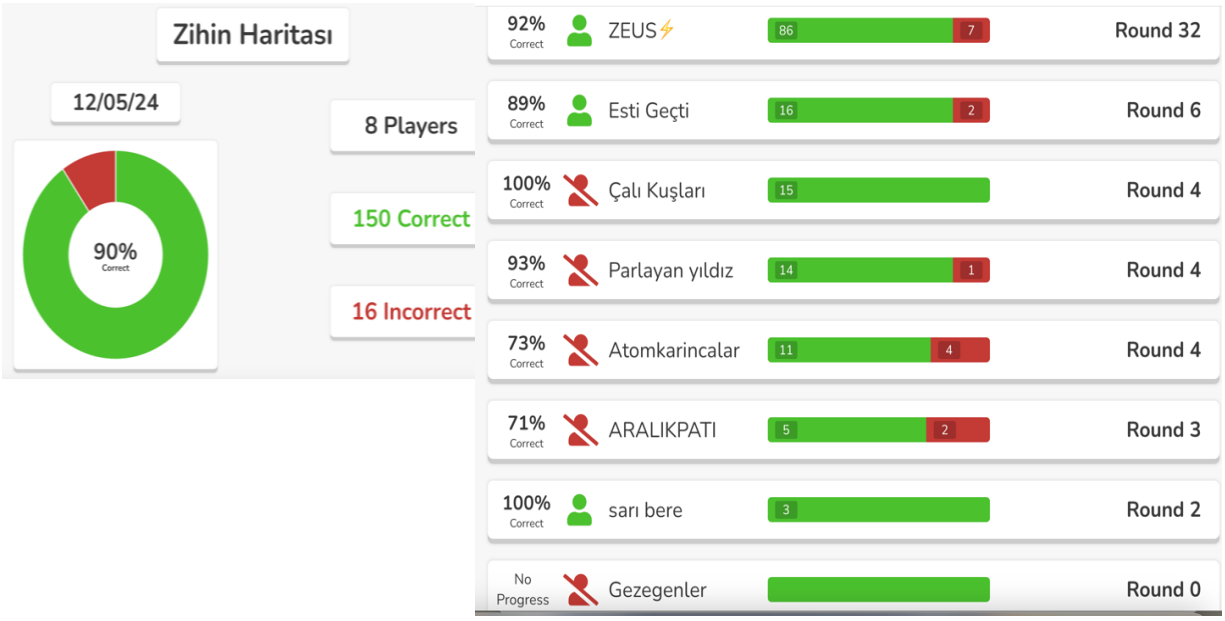
Figure 5.
"Concept Map and Mind Map" GbL Implementation Process.



Figure 6.
Example af a Concept Map and Mind Map Prepared by Participants within the Scope of a GbL.



Figure 7.
Blooket Example Leaderboard for Mind Maps in a GbL.



Analysis of Data

In the study, the data obtained from the interviews conducted with the students after the experimental implementations were used to explain the experimental process. The collected data were analyzed using content analysis technique. The main objective of content analysis is to identify concepts and relationships that can explain the obtained data, organize them in a way that the reader can understand, and interpret them (Yıldırım & Şimşek, 2016).

An inductive approach was adopted in the content analysis, and specific steps were followed. The analysis was conducted in five stages: preparation, coding of qualitative data, identifying themes, organizing the data, interpreting the qualitative findings, and reporting. At the end of the analysis, four themes were identified: *effects on learning processes, positive aspects of applied models, negative aspects of applied models,* and *reflections and transfer to the professional future.* When presenting the opinions of teacher candidates regarding the codes obtained: *P: Participant; F: Flipped Learning Group; G: Gamification Group* represented the abbreviations. For example, P4-F refers to the 4th participant whose opinion was obtained in GbFL; P7-G refers to 7th participant whose opinion was obtained GbL.

Validity and Reliability

The following measures were taken to ensure the validity and reliability of the study:

- In analyzing the data, care was taken to directly transcribe every word expressed by the students when converting the interview recordings into text.

- To enhance the credibility (internal reliability) of the research findings, participants' responses were used without any interpretation and described as they were. The data obtained are presented directly.
- The semi-structured interview form developed by the researchers was revised based on the opinions of three academics who are experts in qualitative research designs.
- To ensure the external validity of the research, the findings were established in relation to the literature to ensure they were consistent and coherent with the conceptual framework.

Results

The research sought to answer the question, *"What are the opinions of teacher candidates on the social studies teaching course conducted with gamification-based flipped learning (GbFL) and gamification-based learning (GbL) implementations?*" The analysis of the collected data revealed four themes: *effects on learning processes, positive aspects of applied models, negative aspects of applied models,* and *reflections and transfer to professional future.* Information about the themes and codes is provided in Table 2.

Table 2
Teacher Candidates' Opinions

Theme	Category	Code	GbFL *(f)*	GbL *(f)*	Total *(f)*
Effects on learning processes	Active and collaborative learning experience	Taking an active role in lesson	2	2	4
		Group work and collaboration	3	1	4
		Class activity-based learning	-	1	1
	Increased motivation and participation	Increased interest in the lesson	7	4	11
		Increased desire to attend the lesson	-	2	2
	Academic achievement and permanent learning	Understanding the subject and learning permanence	3	6	9
		Improvement in exam performance	1	1	2
		Development of high-level thinking skills	1	-	1
Positive aspects of models	Learning process	Instant feedback	1	2	3
		Enjoyable experience	1	1	2
		Technology integration	1	-	1
Negative aspects of models	Difficulties in implementation	Excessive competition	-	2	2
		Disagreement in group work	1	-	1
		Formation of misconceptions	1	-	1
	Difficulties in preparing for the lesson	Problems accessing technology	3	-	3
		Reading materials being boring	2	-	2
		Students' inability to study pre-class	1	-	1
	Difficulties faced by the teachers	Time management in crowded classrooms	1	2	3
		Preparation time for lesson	1	-	1
		Classroom management and noise level	-	1	1
Reflections and transfer to professional future		Intention to use in the future	7	4	11
		Transfer to different situations	5	2	7

Effects of Applied Teaching Models on Learning Processes

The effects of social studies teaching conducted with GbFL and GbL implementations on teacher candidates' learning processes were grouped into three categories: *active and collaborative learning experience, increased motivation and participation, academic achievement and permanent learning.*

Active and Collaborative Learning Experience

Teacher candidates who participated in GbFL and GbL implementations stated that they were active during the course and participated in collaborative activities. As a result of data analysis, active and collaborative learning experiences were listed under the codes of *taking an active role in lesson (f=4), group work and collaboration (f=4),* and *class activity-based learning (f=1).* Teacher candidates expressed their views on the applications as follows:

P4-F: "…Lessons where teachers just lecture us are generally very monotonous. But when done with these flipped applications, I think we are more active in this regard, and it increases our interest and curiosity in the lesson..."

K5-G: "...If you had just given a straightforward explanation, we would have just listened to it, and it wouldn't have been very effective because we weren't doing anything ourselves. But you explained it first. After explaining it, you had us do it too. You included us in the process, and we learned more efficiently. I think it was very effective…"

P2-F: "…There was communication and information exchange between people. We were constantly communicating with each other. There was interaction, and increased our social skills. We were able to express ourselves better…"

P3-F: "…Since we worked as a group, I think our language skills improved, and we socialized more..."

P7-G: "…I collaborated with my friends. For example, being in a group with people I hadn't met before facilitated my social interaction. I think it can be very effective for younger age groups too. I'm the type who is a bit shy in social situations. I don't like to express my own thoughts. But at that moment, we all get a point, and you feel like you have to say something. That's why I pushed myself harder and wanted to be more active..."

Student statements show that teacher candidates became active participants in the lesson conducted with both GbFL and GbL. Group work was carried out in-class activities, lessons were conducted in a spirit of collaboration and communication.

Increased Motivation and Participation

Teacher candidates who participated in the applications reported their views on the teaching models used in relation to their motivation for the course. The category of increased motivation and participation is explained by the codes of *increased interest in the lesson (f=11)* and *increased desire to attend the course (f=2).* The views of the teacher candidates are as follows:

P1-F: "I work in the evenings, leaving work at 2 am. I can get up early to come to this class in the morning. Yes, I can say that it positively affected my motivation and interest..."

P2-F: "The activities increased my participation in the course, my interest increased. Because I enjoyed the activities."

P5-G: "...We played many games and did activities to reinforce the topic. I came to class willingly. Some classes are monotonous with straightforward explanations. I don't think it should be like that; it distracts us. But this way, we have a lot of fun and participate in class as a group; it was very effective. I never missed a class. We can say that it had a positive effect on interest and motivation."

P6-G: "The gamified learning process was great because we learned through games, it was digital, it drew us into the lesson, and it was very productive. Gamification directly draws us into the lesson..."

P12-F: "The activities we did in class and the materials we used increased my interest in the class even more."

P8-G: "After the first week, I was thinking of using my right to be absent and not coming. Then I came for a week or two. As the applications increased and gamification-based teaching was applied to us, I tried not to miss any classes. So, for me, it was a very exciting and effective teaching model... It increased my participation in the class."

It is stated that the teaching models applied increased the motivation of teacher candidates, increased their interest in the course, and made them more eager to attend lessons. It is noteworthy that the views included in the code of increased desire to attend lesson were provided by students in the group where the GbL was applied.

Academic Achievement and Permanent Learning

The effects of the applied teaching models on teacher candidates' learning are listed under the codes of understanding the subject and learning permanence (f=9), improvement in exam performance (f=2), and development of high-level thinking skills (f=1). The statements are as follows:

P3-F: "I believe that teaching lessons through activities rather than verbally makes learning more lasting. That's why I think flipped learning provides more lasting learning because the classroom activities are activity- based rather than just lecture-based...This way, we created a brainstorming session in the class. This also developed my critical thinking skills. At the same time, we solved problems on the activities, and I felt that our problem-solving skills had also developed."

P7-G: "I think it made learning more permanent. I feel that all the work we did has fully settled in my mind, with no details missing..."

P9-G: "The retention of information was very good. I didn't even feel the need to study for the exam. Even now, if someone asked me, I think I could explain the topics clearly; I know it, I mean."

P10-G: "It showed us what we could adapt and what we could do in which areas. We learned these things in a concrete way, such as "you should use this in class" or "you should do this." I think I have become stronger academically."

P5-F: "We learned by doing and experiencing. For example, if you had just explained it and I hadn't practiced it in class, I wouldn't have done very well on the exam. Because we did activities in class, I can recall them and apply them during the exam. That's why I honestly think it's more effective."

P3-F: "We hadn't done this kind of exercise until the midterm. I think there's a huge difference between my midterm exam result and my final exam result. I studied harder for the midterm. I didn't feel the need to study as much for the final because the information stuck better. I think positivity has an effect on success."

It is stated that in-class activities encourage teacher candidates to brainstorm, discuss, and solve problems, providing a learning experience through doing and experiencing. Active participation in permanent learning has been reflected in teacher candidates' exam grades and academic achievements, having a positive effect. It is noteworthy that most of the views (f=6) in the code of understanding the subject and permanent learning relate to GbL.

Positive Aspects of the Applied Teaching Models

The positive effects of the social studies teaching course conducted with GbFL and GbL on the learning processes of teacher candidates were listed under three codes: *instant feedback (f=3), enjoyable experience (f=2), and technology integration (f=1).* Teacher candidates expressed their views on the applications as follows:

P7-G: "I believe that your instant feedback prevents the formation of incorrect information in learning. Because when different concepts came to mind, we might have thought that way, but thanks to your instant feedback, we noticed our mistake right away and achieved meaningful, lasting learning."

P1-F: "I think that because they are used in an integrated way with technology, they prepare us for future periods, and it is easy for students to get used to them...Because instant feedback can be given, it ensures that mistakes are easily and quickly corrected..."

P5-G: "First, we made the learning process fun. We became motivated by having fun when coming to class. As we became motivated, our desire to participate in class increased. That's why I think it's useful."

P11-F: "I think these apps are really fun, and when they fit the lesson content, they'll be useful for students too. The apps were great..."

Teacher candidates stated that receiving instant feedback in lessons conducted with GbFL and GbL increases the efficiency and retention of the lesson. With the use of gamification elements, lessons have become fun and interesting.

Negative Aspects of the Applied Teaching Models

The social studies teaching course conducted using GbFL and GbL implementations have been found to have negative effects on the learning processes of teacher candidates. These were grouped into three categories: *difficulties in implementation, difficulties in preparing for the lesson,* and *difficulties faced by the teachers.*

Difficulties in Implementation

Teacher candidates' views on the difficulties in implementing GbFL and GbL were listed with the codes *excessive competition (f=2), disagreement in group work (f=1),* and *formation of misconception (f=1)*. Their statements are as follows:

P5-G: "Teacher, there might be competition. When there are winners and losers among younger children, sometimes they can't bear to lose. So maybe that could undermine cooperation. If there is competition and excessive grouping, that could be the only problem. Other than that, I don't think there would be any disadvantages."

P4-F: "So, there weren't many difficulties. There were just differences of opinion among our friends sometimes about whether to do this or that. But if we consider these differences of opinion as a richness, there were no difficulties."

P11-F: "Since the topics are given to the students beforehand, they may experience misconceptions when encountering a topic for the first time. We didn't have this, but small groups of students may have difficulties with the concepts. Since they are exposed to it for the first time, they may have difficulties in the process of structuring the information."

Teacher candidates in the experimental group, where the GbL was applied, stated that competition occurred during the activities and that if this was not controlled, it would negatively affect the lesson process. It was stated that sometimes there were problems reaching consensus in group work activities.

Difficulties in Preparing for the Lesson

The problems experienced by teacher candidates in preparing for lessons conducted using the GbFL were listed under three codes: *problems accessing technology (f=3), reading materials being boring (f=2),* and *students' inability to study pre-class (f=1).* Student statements are as follows:

P1-F: "I think the biggest disadvantage is that not all students have equal access to technology and other resources. This could be a challenge."

P2-F: "I think it being technology-based is a bit of a problem. Yes, we can access the resources, but since I live in a dormitory, sometimes I didn't have internet access, and since I didn't have a computer or tablet, I had problems accessing it from my phone. The parts that were more verbally focused were a bit boring. The reading sections were boring, but other than that, I thought the activities were quite good."

P3-F: "Since we studied on our own, there were times when we couldn't look at the materials, and weeks when we couldn't study. We couldn't read the uploaded resources.There was a bit too much reading and theoretical PDF material. It would have been better with more videos. Other than that, I didn't experience any other difficulties."

In teaching conducted with the GbFL, teacher candidates should review the resources uploaded before class and come to class prepared. The statements indicate that in some weeks they were unable to come to class prepared, and that the information and text-heavy nature of the uploaded resources made it difficult for them. Some teacher candidates experienced problems accessing technological resources. Such problems caused disruptions in the course process and prevented the necessary yield from being achieved. Despite technological inadequacies, most participants who did not have a personal computer were able to adapt to the process via their mobile phones. The participants' views are as follows:

P1-F: "I don't have a computer... Accessing it from my phone was not difficult. I was able to access all the documents; my phone was sufficient for accessing resources."

P3-F: "I generally downloaded and read it on my phone. Because I needed to read it. But when I wanted to take notes, I opened it on my tablet."

According to the findings, it appears that teacher candidates carry out their lesson preparation using their mobile phones and tablets.

Difficulties Faced by the Teachers

The difficulties that teachers who plan their lessons using a GbFL and GbL in their classrooms may encounter are listed with the codes *time management in crowded classrooms (f=3), preparation time for lesson (f=1), classroom management and noise level (f=1).* The statements of the teacher candidates are as follows:

P3-F: "Perhaps we could have increased the lesson time. Because our class is very crowded. I think we had trouble presenting the activities because the class was crowded."

P6-G: "As a disadvantage, if we cannot determine the duration of the gamification, the lesson may become scattered. Because there is a certain competition, a friendly competition. If the duration is too long, the competition within the class will also increase, so there may be disadvantages. That duration needs to be set well."

P1-F: "If the teacher is not competent, they may take longer than normal to prepare the resources, which would be a waste of time. They need to be knowledgeable, especially about technology, so that they can provide the necessary data and information to the students."

P8-G: "The negative aspects could be as follows. In a crowded classroom, there may be a lot of noise and sound. The teacher may not be able to prevent this. If each group makes a sound during gamification, noise will be created, the lesson will be prolonged, and lesson time will be wasted."

Teacher candidates believe that implementing GbFL and GbL in crowded classrooms can be challenging. They emphasize that teachers must have sufficient knowledge and equipment to plan an efficient lesson process.

Reflections and Transfer to Professional Future

At the end of the social studies teaching course conducted with GbFL and GbL implementations, teacher candidates were asked for their opinions regarding the use and transfer of what they had learned . The opinions received were listed under two codes: *intention to use in the future (f=11) and transfer to different situations (f=7).*

Intention to Use in the Future

The views of teacher candidates regarding the implementation of the models in their professional lives are as follows:

P3-F: "We did activities, and I realized that we could use these activities throughout our teaching careers.I saw various activities and can do them in the future."

P4-F: "I think it was nice for us to do something together, and I think it will be more beneficial to do activities like this with students in our future teaching process, so I will use it in the future."

P11-F: "I think it's a model that can be used in preparing for teaching, in graduate school, or in projects. Showing these types of educational models trains teachers both pedagogically and in terms of subject knowledge. In the future, instead of a straightforward, monotonous presentation, education can be provided through these types of applications."

P5-G: "I definitely think it should be used. I can apply it when I become a teacher in the future. Because we will be working with younger age groups, children's attention spans are short. It won't work if I just lecture. We can do these activities to keep the children engaged. By making the lesson fun, I will increase the children's motivation..."

P7-G: "Our internship is in fourth grade. I think I've learned very well which teaching approach to use for which subject when we are assigned or during our internships."

P9-G: "It changed my perspective on primary school teaching. After seeing the GbL, I think it will be useful for me academically and professionally. Because today's children really know nothing but games. They want to play everywhere. And using this model instead of old educational models will be better. Students will learn while having fun."

Teacher candidates who participated in learning applications based on GbFL and GbL generally have positive views about the applications. This indicates that they will be able to benefit from these models in their future professional lives. The views expressed support the idea that participants will use these models.

Transfer to Different Situations

The teacher candidates' views on applying the knowledge and skills they acquired during the experimental process to different situations or using them in other courses are as follows:

P1-F: "In the science teaching course, we prepared a puzzle related to the learning outcomes appropriate for that class from the puzzles we saw with you. I used it there."

P2-F: "I think it could be math. It could be science. I mean, I think it could be used in different courses."

P4-F: "We can integrate this model (GbFL) other courses. For example, it could be in a science course, or it could be for a math course. I think giving the student a topic beforehand and having them apply it in class is usable and very effective."

P6-G: "...I think gamification should be used in every subject... Because games draw people in. We can learn things through games."

P10-G: "I believe that games and gamification should be integrated with other subjects in both digital and traditional settings. I want games to be used in life science, math teaching, science teaching, Turkish teaching—in every area. Children are already at the age of play. Therefore, gamification should be integrated into other subjects and be connected."

P7-G: "I think it can be used in other subjects too. I am in favor of adapting it to the subject matter; it can be applied to any subject. We are in the age of technology. Our students are now tech-savvy. They constantly play digital games at home. I think the games here will attract their interest and they will actively participate in the lesson."

Teacher candidates in groups that applied the GbFL and GbL stated that these learning models can also be used in different subjects such as science, mathematics, life science, and Turkish. They believe that lessons designed with gamification processes will have a positive effect on students.

Discussion and Conclusions

Within the scope of the study, the views of primary school teacher candidates on social studies teaching lessons conducted using gamification-based flipped learning (GbFL) and gamification-based learning (GbL) implementations were examined. The results of the analysis revealed the effects of the applied models on the learning processes of teacher candidates, the positive and negative aspects of the models, and their implications for professional future and transfer.

It was concluded that social studies teaching course conducted using GbFL and GbL positively affected teacher candidates' learning processes. In both models, it was determined that learners took an active role in the lesson, participating in group work and collaboration. In the GbL, it was stated that a classroom activity-based learning experience was achieved. Bergmann and Sams (2012) state that the main purpose of the flipped classroom model is to create time to carry out active learning activities in the class. Research with similar conclusions to those reached in this study was found.

Ibrahim and Callaway (2022) stated that students preferred the flipped learning model because it provided active learning experiences through collaboration and practical activities. It was emphasized that the flipped learning model improves students' communication and collaboration skills (Korucuk, 2021; Ökmen, 2020; Çakır et al., 2019; Gökdemir, 2018; Murat, 2018). Debbağ (2018) states that, with the flipped classroom model, teacher candidates' teaching skills improve, and active

participation in lessons is ensured. Graziano (2017) indicates that teacher candidates are more productive and willing in the classroom and that peer learning occurs. In their study, Street et al. (2014) emphasized that the flipped classroom model enhances success because it allows for in-class active learning experiences, interactive materials, peer interaction, collaboration, question answering, and discussions. Sırakaya (2017) states that in the gamified flipped classroom model, students come to class prepared, are more active in the classroom, more willing to participate in activities, and learn through fun.

It was concluded that the applied models increased teacher candidates' interest and motivation towards the course, and that gamification applications aroused learners' desire to follow the course. Similar to this result, Akçayır and Akçayır (2018) stated in their study that the flipped learning approach increased learning motivation among teacher candidates and supported learner autonomy. Filiz (2018) concluded that teacher candidates felt the desire to actively participate in classroom activities in flipped learning and enjoyed these environments.

Aydın (2016) reported that teacher candidates found the flipped learning model to be different, interesting, fun, and effective. He emphasized that the gamification applications used increased their motivation to work and made the lesson fun by creating a competitive environment. GbL includes reward systems and scoring mechanisms such as badges, points, competitions, and leaderboards. These elements create an environment of competition and cooperation within the lesson. It is stated that gamification elements motivate individuals to learn and ensure their active participation in lessons (Ertan & Arkün Kocadere, 2022; Tunga & İnceoğlu, 2020); it also improves learning enjoyment and anxiety levels (Arsyad et al., 2024). In their study, Candel et al. (2024) concluded that the use of GbFL (Socrative and Quizizz) in the social studies course positively affected students' perceptions of teaching style, learning quality, and motivation.

It was determined that GbFL and GbL models have a positive effect on teacher candidates' understanding of the subject and ensuring the permanence of learning. It was determined that the retention of information increased in the social studies teaching course conducted with the GbL model. Aydın (2016) revealed that the flipped classroom model made classroom time more efficient, the lesson was student- centered, the information was more durable, and teacher candidates felt more comfortable. In line with the findings, Şahin et al. (2017) stated that the combined use of flipped learning and gamification played a positive role in increasing the continuity and efficiency of learning; Gökdemir (2018) stated that it contributed to the retention of what was learned and increased the self-confidence of learners. Akbulut (2019) revealed the positive effects of the flipped learning model on personal development skills such as technology use, learning transfer, and self-regulation, as well as on learning outcomes such as academic achievement, lasting learning, and motivation. Kılıç (2022)

concluded that using the flipped learning model in social studies classes makes abstract topics concrete, increases retention and interest in the lesson, ensures students come to class prepared, and facilitates experiential learning.

The models used in the research revealed that lasting learning achieved through active participation led to improvements in teacher candidates' exam performance and academic achievement. Studies indicate that the flipped classroom model increases teacher candidates' academic achievement, positively affects their interest and attitude toward the course, and reduces their cognitive load (Ibrahim & Callaway, 2022; Yurtlu, 2018; Turan, 2015). Aydın (2016) found that teacher candidates' academic performance improved in the Material Design and Use in Education course conducted with the flipped learning model; Aljaser (2017) found that their Classroom Management course success was higher than in the traditional model; Debbağ (2018) concluded that it positively affected academic achievement, motivation, self-efficacy beliefs, and attitudes toward the Instructional Principles and Methods course. It was stated that the combined use of flipped learning and gamification increased students' academic achievement and motivation (Zainuddin, 2018), and led to better learning outcomes (Özer et al., 2018; Tarhan, 2019). Contrary to these findings, Sailer and Sailer (2021) stated that using gamification elements in flipped classrooms did not make a significant difference in student achievement.

Based on the views of teacher candidates, it was concluded that GbL activities encourage brainstorming, discussion, and problem solving, providing a hands-on learning experience. Gelen and Özer (2010) also stated in their study that the gamification approach encourages the development of problem-solving skills in students.

The methods and techniques used in teaching processes have positive and negative aspects for both learners and teachers. Identifying these aspects and taking measures to address them is crucial for the effective implementation of methods and the improvement of education quality. Following GbFL and GbL implementations, teacher candidates' opinions on the positive and negative aspects of the models were collected. Teacher candidates expressed many positive views regarding the learning process.

One positive view is that incorporating gamification elements into the models used makes lessons more enjoyable and engaging. Miller (2012) stated that flipped learning increases interaction in lessons, making them more enjoyable and allowing for more productive classroom activities. Love et al. (2014) highlighted the positive impact of flipped education model applications, noting that teacher candidates found classroom activities enjoyable and intriguing, and that they were effective in helping them acquire skills. Aydın (2016) emphasized that teacher candidates found the flipped learning model different, interesting, and efficient, that gamification applications such as Kahoot

increased their motivation and encouraged them to work, and that competitions created a competitive environment, making the lesson enjoyable and fun.

Learners stated that they were able to receive instant feedback in social studies teaching lessons that used GbFL and GbL, and that this increased the efficiency and retention of the lesson. The rapid feedback provided by gamification helps students make immediate corrections in their learning processes and learn by recognizing their mistakes (Gee, 2003). Thanks to this feature, it can be used as an effective and efficient model.

It was concluded that the GbFL, with its technological elements, supports individuals' perspective and skill development regarding the use of technology in education. Similar to this conclusion, Akbaş (2025) revealed a positive and significant relationship between teacher candidates' flipped learning competence and their techno-pedagogical content knowledge (TPCK) levels. Hao and Lee (2016) found that the flipped learning experience improved teacher candidates' pedagogical knowledge, anxiety management skills, and TPCK levels; Öztürk (2017) concluded that technology knowledge, and TPCK self-confidence showed positive development. In her study, Filiz (2018) stated that flipped learning provided teacher candidates with the opportunity to learn about many digital tools and resources that they could use in their professional lives.

In addition to positive views, the study also found that some difficulties were encountered in the implementation of the models. It was stated that disagreements arose during group work activities in the lessons. Karamert (2025) also revealed in his study, designed using a GbFL approach, that difficulties in teamwork during group activities had a negative impact on students.

It was stated that excessive competition occurred during activities in social studies lessons conducted with GbL, and that this could negatively affect the lesson process if not controlled. Particularly in younger age groups, lessons must be well planned, and care must be taken in the use of gamification elements.

In the flipped learning model, learners should come to class prepared using resources prepared in advance and provided through the system. Teacher candidates stated that they were unable to complete their tasks in the pre-class phase because they did not have a personal computer or could not connect to the internet. Problems with access to technological resources cause disruptions in the lesson process and prevent the necessary efficiency from being achieved. Therefore, it is crucial for all students to have equal access to technology for the methods to be successful. Fraga and Harmon (2014) revealed that some teacher candidates expressed negative views about the flipped learning model due to technical difficulties. Turan and Göktaş (2015) reported that teacher candidates considered the model's disadvantages to be the lack of technical tools, the time-consuming nature of the method, and the requirement to watch videos before class. Aydın (2016) stated that students

experienced problems, particularly regarding the internet resources required to watch videos; Akbulut (2019) stated that the model's effectiveness could decrease if students did not have technological resources and if the classroom was not adequate in terms of physical and technological tools.

Teacher candidates stated that they found the reading materials included in the resources uploaded to the system prior to class in the flipped learning model boring and requested that more video and visual-based materials be prepared. It was concluded that students preferred the interactive visual design features provided by videos over text-based content. Similarly, Moffett (2015) stated that presenting basic information to students through videos before class allows teachers to make free and effective choices in classroom activities. Schmidt and Ralph (2016) stated that short videos should be used in the learning process for the successful presentation of course material. However, Bergmann and Sams (2012) argued that the flipped learning model is not only about videos, but that materials such as books and documents can also be used alongside videos.

Views were presented that misconceptions may arise in learners while completing learning tasks in the pre-class phase of the GbFL. Parallel to these views, Kılıç (2022) believes that participants may be insufficiently prepared while learning at home, may have difficulty understanding the topics, and may learn incorrectly. Yiğit (2024), Sams and Bergmann (2013) stated that the emergence of misconceptions among teacher candidates is a difficulty that may be experienced in flipped learning.

Participants shared their views on the difficulties teachers might encounter during the process. It was stated that time management could be challenging in GbL conducted in crowded classrooms. It was stated that the gamification tools used in lessons would increase the noise level in the class and that classroom management could be difficult. Kılıç (2022) stated that when class sizes are large, using the model becomes difficult and teachers struggle to maintain classroom management.

It was stated that teachers have a heavy workload in the preparation phase of the flipped learning. It was concluded that teachers need to have sufficient knowledge and equipment to plan an efficient lesson process and that this situation will affect the lesson preparation time. For the flipped learning to work well, teachers need to have effective material preparation and technology use skills (FLN, 2014). Practitioners' lack of skills in using technology and preparing materials can negatively affect the implementation of the model (Gençer et al., 2014). Long et al. (2017), in their study examining the views of teaching staff, concluded that flipped learning is labor-intensive and time-consuming for instructors. Alsobie (2018) found that the flipped learning increased student success and saved teachers classroom time, but that their workload did not decrease; on the contrary, it increased. Akbulut (2019), in the academic opinions he received, stated that if teachers do not have sufficient theoretical and practical knowledge to implement the model and if the learning process inside and outside the classroom is not well planned, the effectiveness of the model may decrease. Kılıç (2022) also stated that in implementing the flipped learning, teachers must have the appropriate

level of proficiency in using technological tools and equipment, as well as the ability to prepare materials suitable for the content and students.

Teacher candidates generally hold positive views regarding social studies teaching conducted through GbFL and GbL. This is supported by their statements indicating they will use these models in their professional lives. Similarly, Aydın (2016) noted in their study that teacher candidates intended to use these models with their own students once they became teachers.

Statements were made regarding the use of GbFL and GbL, applied within the social studies teaching course, in different courses or situations. Teacher candidates stated that the models could also be used in different courses such as science, mathematics, life science, and Turkish. They stated that courses designed with gamification would have a positive effect on students. The teaching models used can be adapted to different subjects thanks to their elements and flexible structure. Indeed, Dill (2012) stated that when applied correctly, the flipped learning is an educational model that can be applied to all subjects, and that it is important to have the necessary technological features and flexibility. Aydın (2016) examined students' thoughts about the future and found that the vast majority wanted to use the model in their other courses. He emphasized that they could prefer the model especially in application-based courses that require reading and producing work, such as social sciences. Akbulut (2019) concluded that the flipped learning can be applied in all subjects when appropriate content design and effective lesson planning are implemented.

It has been understood that the GbFL and GbL applied in the Social Studies Teaching course have multidimensional effects on primary school teacher candidates. All the results obtained show that the models can be used at the higher education level and in teacher training programs. When used, they will have a positive impact on learners and provide flexibility to teachers and learners in organizing and planning the teaching environment. These models are powerful tools that shape teacher candidates' professional identities, pedagogical beliefs, and perspectives on technology, beyond being merely academic teaching techniques.

Based on the research findings, the following recommendations can be made:

- GbFL and GbL can be used in higher education settings.
- When preparing flipped learning materials, short, focused, and interactive videos and podcasts can be prepared instead of long reading texts.
- In-service training can be organized for teaching staff on topics such as digital content development, gamification design, and effective video lesson preparation.
- This study is limited to qualitative data and was conducted within the context of a specific course. Mixed-method research can be conducted.

- Longitudinal studies can be conducted to track how teacher candidates who have received training in this model use the models when they begin their careers.

Research and Publication Ethics

In this study, all rules specified in the "Directive on Scientific Research and Publication Ethics of Higher Education Institutions" were followed. None of the actions specified under the second section of the Directive, "Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics", have been carried out.

Ethics committee permission information

Name of the committee that conducted the ethical assessment: Dokuz Eylül University
Date of the ethical assessment decision: 01.10.2024
Ethics assessment document number: E-87347630-659-1156784

Disclosure Statements

1. Contribution rate statement of researchers: First Author 60% Second Author 40%
2. No potential conflict of interest was reported by the authors.

Acknowledgment

The study includes preliminary trials for the doctoral thesis being prepared by the first author under the supervision of the second author. The researcher is supported by the TÜBİTAK 2211-A Doctoral Scholarship Program.

References

Ağırman, N., & Ercoşkun, M. H. (2022). History of the flipped classroom model and uses of the flipped classroom concept. *International Journal of Curriculum and Instructional Studies*, *12*(1), 71-88.

Akbaş, G. (2025). *Öğretmen adaylarının ters yüz öğrenme öz-yeterlilik algılarının 21. yüzyıl becerileri teknolojik pedagojik alan bilgileri bağlamında incelenmesi*. [Unpublished master thesis]. Çanakkale Onsekiz Mart University.

Akbulut, F. (2019). *Ters yüz öğrenme modeline yönelik akademisyen görüşleri*. [Unpublished master thesis]. Süleyman Demirel University.

Akçayır, G. & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education, 126*, 334-345. https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.07.021

AlJaser, A. M. (2017). Effectiveness of using flipped classroom strategy in academic achievement and self-efficacy among education students of Princess Nourah Bint Abdulrahman University. *English Language Teaching*, *10*(4), 67-77.

Alsobaie, M. F. (2018). *Effective teaching and learning: flipped learning in the classroom*. [Unpublished PhD thesis]. Western Michigan University.

Anthony, B., Kamaludin, A., Romli, A., Raffei, A. F. M., Phon, D. N. A., Abdullah, A., & Ming, G. L. (2020). Blended learning adoption and implementation in higher education: A theoretical and systematic review. *Technology, Knowledge and Learning,* 1-48.

Arsyad, S., Waluyo, B., & Maisarah, I. (2024). Enhancing TOEFL performance and student otivation through integrated flipped and gamified learning in online settings. *Human Behavior and Emerging Technologies, 2024*(1), 1054242. https://doi.org/10.1155/2024/1054242

Asiksoy, G., & Canbolat, S. (2021). The effects of the gamified flipped classroom method on petroleum engineering students' pre-class online behavioural engagement and achievement. *International Journal of Engineering Pedagogy*, *11*(5), 19-36. https://doi.org/10.3991/ijep.v11i5.21957

Aydın, B. (2016). *Ters yüz sınıf modelinin akademik başarı, ödev/görev stres düzeyi ve öğrenme transferi üzerindeki etkisi.* [Unpublished master thesis]. Süleyman Demirel University.

Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington DC: International Society for Technology in Education.

Candel, E. C., de la Pena, C., & Yuste, B. C. (2024). Pre-service teachers' perception of active learning methodologies in history: Flipped classroom and gamification in an e-learning environment. *Education and Information Technologies*, *29*(3), 3365- 3387. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11924-0

Castro, K. A. C., Sibo, Í. P. H. & Ting, I-H. (2018). Assessing gamification effects on e-learning platforms: An experimental case. In I*nternational Workshop on learning technology for education in Cloud* (pp. 3-14). Cham: Springer International Publishing.

Castro, R. (2019). Blended learning in higher education: Trends and capabilities. *Education and Information Technologies*, *24*(4), 2523-2546.

Clark, K. R. (2015). The effects of the flipped classroom on student achievement and atitudes. *The Flipped Classroom Model*, *4*(1), 74-88.

Creswell, J. W. (2019). *Karma yöntem araştırmalarına giriş.* (M. Sözbilir, Trans. ed.). Ankara: Pegem Akademi.

Çakır, R., Adsay, C. & Uğur, Ö. A. (2019). Ters-yüz sınıf modelinin ve web 2.0 yazılımlarının bilgisayarca düşünme becerisi, etkinlik tecrübesi ve uzamsal düşünme becerisine etkisi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *15*(3), 845-866.

Debbağ, Y. (2018). *Öğretim ilke ve yöntemleri dersi öğretim programı için hazırlanan ters-yüz edilmiş sınıf modelinin etkililiği.* [Unpublished master thesis]. Bolu Abant İzzet Baysal University.

Demiraslan, Y. & Usluel, Y. K. (2008). ICT integration processes in Turkish schools: Using activity theory to study issues and contradictions. *Australasian Journal of Educational Technology, 24*(4).

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". *In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning future media environments* (pp. 9–15). ACM. https://doi.org/10.1145/2181037.2181040

Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: A critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *14*, 1-36. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5

Dill, E. M. (2012). *The impact of flip teaching on student homework completion, behavior, engagement, and proficiency*. Presented at University of New England, Eductors Conference, New Orleans, USA.

Doğan, T. G. (2015). Sosyal medyanın öğrenme süreçlerinde kullanımı: Ters-yüz edilmiş öğrenme yaklaşımına ilişkin öğrenen görüşleri. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi (AUAD)*, *1*(2), 24-48.

Ertan, K., & Arkün Kocadere, S. (2022). Gamification design to increase motivation in online learning environments: A systematic review. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, *7*(2), 151-159.

Filiz, O. (2018). *Öğretmen adaylarının dönüştürülmüş öğrenme ortamlarındaki deneyimlerinin eğitim teknolojisi standartlarına yönelik özyeterliklerine, yenilikçilik düzeylerine ve çevrimiçi bağlılıklarına etkisi.* [Unpublished master thesis]. Anadolu University.

Flipped Learning Network (FLN). (2014) *The Four Pillars of F-L-I-P™* https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/

Fraga, L. M., & Harmon, J. (2014). The flipped classroom model of learning in higher education: an investigation of preservice teachers' perspectives and achievement. *Journal of Digital Learning in Teacher Education, 31*(1).

Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment (CIE)*, *1*(1), 20-20.

Gelen, I., & Özer, B. (2010). Oyunlaştırmanın beşinci sınıf matematik dersinde problem çözme becerisi ve derse karşı tutum üzerindeki etkisi. *Education Sciences*, *5*(1), 71-88.

Gençer, B. G. (2015). *Okullarda ters-yüz sınıf modelinin uygulanmasına yönelik bir vaka çalışması.* [Unpublished master thesis]. Bahçeşehir University.

Gençer, B. G., Gürbulak, N., & Adıgüzel, T. (2014). Eğitimde yeni bir süreç: Ters-yüz sınıf sistemi. *Uluslararası Öğretmen Eğitimi Konferansı*, *5*(6), 881-888.

Gilboy, M. B., Heinerichs, S. & Pazzaglia, G. (2015). Enhancing student engagement using the flipped classroom. *Journal of Nutrition Education and Behavior, 47*(1), 109-114.

Gökdemir, A. (2018). *Sosyal bilgiler öğretmeni yetiştirmede ters yüz öğrenme: Bir karma yöntem çalışması* [Unpublished PhD thesis]. Afyon Kocatepe University.

Graziano, K. J. (2017). Peer teaching in a flipped teacher education classroom. *TechTrends, 61*, 121-129. https://doi.org/10.1007/s11528-016-0077-9

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). *Does gamification work? -- A literature review of empirical studies on gamification*. Presented at 47th Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa, USA. 3025-3034.

Hao, Y. & Lee, K. S. (2016). Teaching in flipped classrooms: Exploring pre-service teachers' concerns. *Computers in Human Behavior, 57*, 250–260. http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.022

Huang, B. & Hew, K. F. (2018). Implementing a theory-driven gamification model in higher education flipped courses: Effects on out-of-class activity completion and quality of artifacts. *Computers & Education, 125*, 254-272. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.018

Ibrahim, M. & Callaway, R. (2022). Implications of flipped teaching strategy on preservice teachers' self-efficacy and intention to integrate technology in future classroom. In G. Marks (Ed.), *Proceedings of International Journal on E-Learning 2022* (pp.25-38). Waynesville, NC USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). https://www.learntechlib.org/primary/p/187331/

Jost, N. S., Jossen, S. L., Rothen, N., & Martarelli, C. S. (2021). The advantage of distributed practice in a blended learning setting. *Education and Information Technologies*, *26*(3), 3097-3113.

Kadıoğlu, N., & Özyalçın Oskay, Ö. (2023). The effect of preparing lesson plans in online flipped learning model on pre-service teachers' self-efficacy levels of TPACK. *MIER-Journal of Educatıonal Studies Trends and Practices. 3*(1).147-169. https://doi.org/10.52634/mier/2023/v13/i1/2408

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.

Karamert, Ö. (2025). *Oyunlaştırma destekli ters yüz öğrenme yaklaşımının matematiksel okuryazarlık öz yeterlik inancına ve katılıma etkisi*. [Unpublished PhD thesis]. Gazi University.

Kılıç, M. (2022). *Ters yüz öğrenme modeline ilişkin sosyal bilgiler öğretmenlerinin görüşlerinin incelenmesi.* [Unpublished master thesis]. Tokat Gaziosmanpaşa University.

Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J. (2014). The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles. *Internet and Higher Education*, *25*, 37–50.

Korucuk, M. (2021). *Ters-yüz edilmiş öğrenme uygulamalarının üniversite öğrencilerinin yaratıcı düşünme eğitimlerine, iletişim becerine, güdülenmelerine ve akademik başarılarına etkisi.* [Unpublished PhD thesis]. Atatürk University.

Long, T., Cummins, J. & Waugh, M. (2017). Use of the flipped classroom instructional model in higher education: Instructors' perspectives. *Journal of Computing in Higher Education, 29(*2), 179–200.

Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N., & Swift, A. W. (2014). Student learning andperceptions in a flipped linear algebra course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 45*(3), 317-324.

Majuri, J., Koivisto, J., & Hamari, J. (2018). Gamification of education and learning: A review of empirical literature. *In Proceedings of the 2nd International GamiFIN conference, GamiFIN 2018. CEUR-WS* (pp. 11-19).

Marshall, J. (2013). The flipped classroom: A glimpse at 21st century schools. *Education Week*, *32*(35), 26-30.

Miller, A. (2012). Five best practices fort he flipped classroom. *Edutopia, Posted Online, 24,* 02-12. http://www.edutopia.org/blog/flipped-classroom-best-practices-andrew-miller

Moffett, J. (2015). Twelve tips for "flipping" the classroom. *Medical Teacher, 37*(4), 331-336.

Murat, M. (2018). *Ters yüz sınıf modelinin beşinci sınıf öğrencilerinin 21. yüzyıl becerileri ve bilimsel epistemolojik inançlarına etkisi.* [Unpublished master thesis]. Muğla Sıtkı Koçman University.

Nicholson, S. (2015). A RECIPE for meaningful gamification. In T. Reiners & L. C. Wood (Eds.), *Gamification in education and business*, 1-20.

Ökmen, B. (2020). *Basamaklandırılmış ters yüz öğrenme modeli öğretim sürecinin geliştirilmesi.* [Unpublished PhD thesis]. Düzce University.

Özdemir, İ. H., Ateş Çobanoğlu A. & Sarsar, F. (2021). Yükseköğretimde harmanlanmış öğrenme adaptasyonu. In Akkoyunlu, B., İşman, A. V., & Odabaşı, H. F. (Eds.), *Eğitimde Teknoloji Okumaları, 639-649*. Pegem Akademi Yayınları.

Özer, H. H., Kanbul, S., & Özdamlı, F. (2018). Effects of the gamification supported flipped classroom model on the attitudes and opinions regarding game-coding education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 13*(1), 109-123. https://doi.org/10.3991/ijet.v13i01.7634

Öztürk, İ. G. (2017). *Ters yüz sınıflar modelinin kullanıldığı fen öğretimi laboratuvar uygulamaları dersinin öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgisi gelişimlerine etkisinin incelenmesi.* [Unpublished master thesis]. Balıkesir University.

Park, H., & Shea, P. (2020). A review of ten-year research through co- citation analysis: Online learning, distance learning, and blended learning. *Online Learning*, *24*(2), 225-244.

Sailer, M., & Sailer, M. (2021). Gamification of in-class activities in flipped classroom lectures. *British Journal of Educational Technology*, *52*(1), 75-90. https://doi.org/10.1111/bjet.12948

Sams, A., & Bergmann, J. (2013). Flip your students' learning. *Educational Leadership, 70*(6), 16-20.

Schmidt, S. M. & Ralph, D. L. (2016). The flipped classroom: A twist on teaching. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, *9*(1), 1-6. https://doi.org/10.19030/cier.v9i1.9544

Sırakaya, D. (2017). Oyunlaştırılmış ters yüz sınıf modeline yönelik öğrenci görüşleri. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, *36*(1), 114-132.

Street, S. E., Gilliland, K. O., McNeil, C., & Royal, K. (2015). The flipped classroom improved medical student performance and satisfaction in a pre-clinical physiology course. *Medical Science Educator, 25*(1), 35-43.

Şahin, Y. L., Karadağ, N., Bozkurt, A., Doğan, E., Kılınç, H., Uğur, S., Gümüş, S., Öztürk, A., & Güler, C. (2017). Uzaktan eğitimde oyunlaştırma kullanımı: Oyunlaştırılmış web tabanlı bir alıştırma uygulaması. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry* (TOJQI), *8*(4), 372-395.

Tarhan, G. F. (2019). *Beşinci sınıf bilişim teknolojileri ve yazılım dersi etik ve güvenlik ünitesinin ters-yüz öğrenme ve oyunlaştırma yaklaşımları ile öğretimi.* [Unpublished master thesis]. Balıkesir University.

Taşpolat, A., Özdamlı, F., & Soykan, E. (2021). Programming language training with the flipped classroom model. *Sage Open, 11*(2). https://doi.org/10.1177/21582440211021403

Tucker, B. (2012). The flipped classroom. *Education Next*, *12*(1), 82-83.

Tunga, Y., & İnceoğlu, M. M. (2020). E-öğrenme ortamlarında oyunlaştırma kullanımının öğrenenlerin akademik başarısına ve derse katılım durumuna etkisinin incelenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18(Özel Sayı),* 339-356.

Turan, Z. (2015). *Ters yüz sınıflar yönteminin değerlendirilmesi ve akademik başarı, bilişsel yük ve motivasyona etkisinin incelenmesi*. [Unpublished PhD thesis]. Atatürk University.

Turan, Z., & Göktaş, Y. (2015). Yükseköğretimde yeni bir yaklaşım: Öğrencilerin ters yüz sınıf yöntemine ilişkin görüşleri. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, *5*(2),156-164.

Ünsal, H. (2018). Ters yüz öğrenme ve bazı uygulama modelleri. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi,* 4(2), 39-50.

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. PA: Wharton Digital.

Willey, K., & Gardner, A. (2013). *Flipping your classroom: Without flipping out*. 41st SEFI Conference, 16-20 September 2013, Leuven, Belgium.

Xiao, Y., & Hew, K. F. T. (2024). Intangible rewards versus tangible rewards in gamified online learning: Which promotes student intrinsic motivation, behavioural engagement, cognitive engagement and learning performance?. *British Journal of Educational Technology*, *55*(1), 297-317. https://doi.org/10.1111/bjet.13361

Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.

Yiğit, K. N. (2024). *Ters yüz öğrenmeye ilişkin fen bilimleri öğretmen adaylarının algılarının belirlenmesi: Bir karma araştırma yöntemi çalışması.* [Unpublished master thesis]. Erciyes University.

Yin, R. (2003). *Case study research: Design and method*s. (3rd ed), Sage Publications.

Yurtlu, S. (2018). *Fen eğitiminde ters yüz sınıf modelinin öğrenci başarısına ve görüşlerine etkisinin incelenmesi.* [Unpublished master thesis]. Muş Alparslan University.

Zainuddin, Z. (2018). Students' learning performance and perceived motivation in flipped-class instruction. *Computers & Education*, *126*, 75-88.

Zhu, W., & Xie, W. (2018). Evaluating instructional effects of flipped classroom in university: A case study on electronic business course. *International Journal of Distance Education Technologies, 16,* 45-55. https://doi.org/10.4018/IJDET.2018010103

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. "O'Reilly Media, Inc.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License.

Canonical URL https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies
J-EDUCAT: Eğitim Araştırmaları Dergisi
(ISSN: 3023-8145)
http://www.jeducat.com
Received: *11.03.2026,* ***Accepted:*** *19.05.2026,* ***Early Published:*** *30.05.2026,*
Published: *01.05.2026*
Article Type: *Research Article*
Doi: https://doi.org 10.5281/zenodo.20445515
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License

Futbol Oyun Görüntülerinde Otomatik Faul Tespiti için SqueezeNet Tabanlı Bir Derin Öğrenme Modeli

Ahmet DÜZGÜNCE[*]

Öz

Son yıllarda derin öğrenme tabanlı bilgisayarlı görü yöntemleri, görüntü analizi ve sınıflandırma problemlerinde önemli başarılar elde etmiştir. Özellikle spor analitiği alanında geliştirilen otomatik analiz sistemleri, maç görüntülerinin incelenmesi ve hakem kararlarının desteklenmesi açısından önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Futbol karşılaşmalarında faul kararları çoğu zaman hızlı gelişen pozisyonlara bağlı olarak verilmekte ve bu durum bazı hatalı değerlendirmelere yol açabilmektedir. Bu nedenle futbol görüntülerinden faul durumlarının otomatik olarak tespit edilmesi hem hakem destek sistemleri hem de spor analitiği çalışmaları açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Bu çalışmada futbol görüntülerinde faul tespitini gerçekleştirmek amacıyla derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yöntemde, düşük parametre sayısı ve yüksek doğruluk performansı ile bilinen SqueezeNet mimarisi kullanılmıştır. Çalışmada toplam 716 futbol görüntüsünden oluşan bir veri kümesi kullanılmış olup bu görüntülerin 461'i faul, 255'i ise faul olmayan pozisyonlardan oluşmaktadır. Veri kümesi %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Modelin eğitim sürecinde görüntüler derin evrişimsel sinir ağına aktarılmış ve sınıflandırma performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen modelin futbol görüntülerinde faul tespitinde yüksek başarı sağladığını göstermektedir. Deneysel sonuçlara göre SqueezeNet modelinin ortalama eğitim doğruluğu %97,21, doğrulama doğruluğu ise yaklaşık %96 seviyesinde elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, derin öğrenme tabanlı yöntemlerin futbol görüntülerinin otomatik analizinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Önerilen yaklaşımın gelecekte video tabanlı analiz sistemleri, hakem destek teknolojileri ve spor analitiği uygulamaları için önemli bir altyapı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Futbol Görüntü Analizi, Faul Tespiti, SqueezeNet

A SqueezeNet-Based Deep Learning Model for Automatic Foul Detection in Soccer Game Images

Abstract

In recent years, deep learning-based computer vision methods have achieved significant success in image analysis and classification problems. Especially, automated analysis systems developed in the field of sports analytics have become an important research topic for reviewing match images and supporting referee decisions. In football matches, foul decisions are often made based on rapidly evolving situations, which can lead to some erroneous assessments. Therefore, the automatic detection of foul situations from football images constitutes an important research area for both referee support systems and sports analytics studies. This study proposes a deep learning-based approach to detect fouls in football images. The proposed method utilizes the SqueezeNet

[*] Dr. Ahmet Düzgünce, Atatürk Üniversitesi Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, ahmetduzgunce@gmail.com, ORCID: orcid.org/0000-0003-2603-5554

architecture, known for its low number of parameters and high accuracy performance. A dataset of 716 football images was used in the study, 461 of which were foul situations and 255 were non-foul situations. The dataset was divided into two parts: 70% training and 30% testing. During the training process, the images were fed into a deep convolutional neural network, and the classification performance was evaluated. The results show that the proposed model achieves high success in detecting fouls in football image. According to experimental results, the average training accuracy of the SqueezeNet model was 97.21%, and the validation accuracy was approximately 96%. These findings demonstrate that deep learning-based methods can be effectively used in the automated analysis of football image. It is considered that the proposed approach could provide a significant infrastructure for future video-based analysis systems, referee support technologies, and sports analytics applications.
Keywords: Deep Learning, Football Image Analysis, Foul Detection, SqueezeNet

Giriş

Futbol, literatürde birçok farklı şekilde ifade edilmektedir. Futbol, karşılıklı 11'er kişiden oluşan iki takımın karşı kaleye ayak ve kafa ile topu sokmaya çalıştıkları ayak topu oyunudur (TDK, 2023). Başka bir tanıma göre, rekabete dayalı olarak iki farklı takım arasında belirli bir amaç doğrultusunda hava basılmış top ile kaleci hariç eli kullanmadan rakip kaleye topu sokmaya çalıştıkları bir spor dalıdır (Acet, 2001). Zaman içerisinde futbol dünyanın her bölgesinde yayılmış, izlenme olarak en çok izlenen, en yüksek miktarda katılımcı kitlesine ulaşmış ve son olaraktan dünya üzerinde en popüler spor branşlarından biri haline gelmeyi başaran bir spor branşıdır (Akgeyik, 2018). Futbolun ilk olarak İngilizler tarafından icat edildiği bilgisinin aksine ilk örnekleri Uzak Doğu'da görülmektedir. FIFA tarafından futbolun erken biçimi olarak M.Ö. 3. Yüzyıl'da Çin'de ortaya çıkan "Cuju" oyunu kabul edilmektedir. Çinli askerlerin savunma becerilerini geliştirmek için, iki asker takımı arasında tapınağın havlusunda içi tüy dolu topla yukarıda bulanan kaleden ayak ve kafalarıyla geçirmeye çalıştıkları antrenmandır (Bozdemir, 1998). Türklerde ilk resmi futbol kulübü 1894 yılında İzmir Bornova'da İngilizler tarafından "Futbol Clup Smyrna" adıyla kurulmuştur (Dağ, 2019). İngilizlerin ilk spor kulübünü kurmalarının sebebi İzmir, Selanik ve İstanbul gibi liman yerleşkelerine gelirken beraberlerinde futbolu da getirmeleridir. Türkiye'de Türkler tarafından ilk futbol kulübü Reşat Danyal Bey ve Fuat Hüsnü Bey tarafından 1901 yılında İstanbul'da "Black Stocking" adıyla kurulmuş ve Türkler ve Rumlar arasında Papaz Çay'ında oynanan maç olarak resmi kayıtlara geçmiştir. Kısa bir süre sonra Türkiye'de birden fazla spor kulübü kurulmuştur. 1903 yılında "Beşiktaş Jimnastik Kulübü", 1905 yılında "Galatasaray Spor Kulübü", 1907 yılında "Fenerbahçe Spor Kulübü" kurulmuştur (Aycan, 2022). Türkiye'de futbolun örgütlenmesi üç dönem içinde incelenir. 1903-1922 Cumhuriyet öncesi dönem, 1922-1951 Federasyonun kurulmasıyla profesyonelliğin kabulü dönemi, 1951 sonrası profesyonellik dönemi sonrası dönemi olarak kabul edilmiştir(Terlemez ve Kumcu, 2024). Türkiye'de Futbol Federasyonu 1923 yılında kurulmuştur. Federasyonun FIFA üyeliğine kabulü 21 Mayıs 1923'te gerçekleşmiştir. Aynı sene içerisinde ilk resmi lig müsabakaları oynanmaya başlamıştır(Terlemez ve Kumcu, 2024). 1950-1960 yılları arasında Türkiye'nin birçok illerinde örneğin İzmir, Ankara'da profesyonel liglerin kurulmasıyla Türkiye'de kulüp sayısında önemli artış olmuştur. 1962 yılında Türkiye UEFA'ya tam üyeliği kabul

edilmiştir (Devecioğlu vd., 2014). FIFA 21 Mayıs 1904'te 7 Avrupa ülkesi tarafından kurulmuştur. Kuruluş amacı futbolu düzenlemek, ortak kuralları oluşturmak, turnuvaları organize etmektir. FIFA dünyada futbol organizasyonlarını, etkinliklerini düzenleyen kurum haline gelmiştir(Arık, 2004). Bu kurumun en büyük organizasyon 1930 yılından itibaren 4 yılda bir düzenlenen Dünya Kupası turnuvasıdır. İlk dünya kupası turnuvası 1930'da Uruguay'da düzenlenmiştir. Tüm bu gelişmeler ile birlikte futbol oyunu tüm dünyaya yayılmış, milyonlarca insanın fanatik olarak takip ettiği, popülerlik ile birlikte sporcuların kariyer için daha çok çabaladığı ve toplumları ortak bir çatı altında bir araya getiren fenomen bir spor haline gelmiştir (Göksel vd., 2016). Futbolun kurumsal yapısı, kuralları geçmişten günümüze kadar sürekli olarak gelişerek değişimler geçirmiştir. Uluslararası Futbol Birliği Kurulu (International Association Board- IFAB), oyun kurallarını belirlemek, kuralları güncellemek, oyunun evrensel standartları korumak, adil ve güvenli oyun ortamı sağlamak olarak ifade edilir. Kurallar adil ve güvenli oyun ortamının sağlanması ile birlikte oyundan zevk alınması ve futbola olan katılımı arttırarak futbolun gelişimine katkı sağlamıştır (IFAB, 2025).

Futbolda kuralların sahada uygulanmasını yürüten otorite hakem olarak isimlendirilmektedir. Hakem, kelimesi Arapça kökenli bir kelime olup Türkçe'de hüküm veren/karar veren anlamına gelmektedir. Futbol hakemi, futbol karşılaşmasını yönetmekle görevli, kuralları uygulama yetkisine sahip ve maçın zaman kontrolünü sağlayan kişidir (Sunay, 1992). Hakem, karşılaşan iki takım arasında düzeni sağlayan, sporcular ve seyircilerle etkileşimi yöneten ve oyun kurallarına göre karar verme yetkisine sahip olan görevlidir (Orta, 2000). Hakem her yönüyle örnek tarafsız bir bireydir. Müsabaka hakemlerinin oyun kurallarını eksiksiz bir şekilde bilerek karşılaşmayı kurallara uygun bir biçimde yönetmeleri zorunludur (Collina, 2004). Hakem sadece kuralları iyi bilmesine ek olarak fiziksel olarak formda olmak zorundadır çünkü müsabaka sırasında pozisyonlara en uygun yerde olması gerekmektedir. Futbol hakemlerinin diğer özellikleri etkili iletişim becerilerine ve liderlik vasıflarına sahip, psikolojik baskıları iyi bir şekilde yönetebilen bireyler olmalarıdır. Futbol hakemi, birer kaleci ile birlikte 11'er oyuncudan oluşan iki takım arasında yaklaşık 700 metre karelik bir oyun alanında gerçekleştiren müsabakayı yöneten, karşılaşmanın süresini kontrol eden ve önceden belirlenmiş futbol oyun kuralları çerçevesinde oyunun fair-play (adil oyun) ilkelerine uygun biçimde yürütülmesini ve sonuçlandırılmasını sağlamakla yetkilendirilmiş resmi görevlidir (Cengiz ve Pulur, 2004). Hakem sayısı ve tarihçesi futbol kurallarının gelişimine bağlı olarak değişmektedir (Şimşek, 1999). Futbol hakemlerine tam yetki 1890 yılında verilmiştir (Arıpınar, 1992). Hakem sayısı 1 hakemden 3 hakeme, daha sonra çizgi hakemleri ile 5 hakeme ve günümüzde VAR hakemleri ile sayıları futbol kurallarının adil icra edilebilmesi için artmıştır. Tüm yetkilerin hakemlere verilmesine rağmen olumsuz durumların devam etmesi üzerine orta hakem sahada tek yetkili kişi olarak atamışlardır. Futbolda en çok karşılaşılan ve oyun kurallarına uymayan pozisyonlardan bir tanesi futbolcuların topa sahip olma noktasındaki mücadelesinde oyun kurallarının dışına çıkılıp çıkılmadığının tespit edilmesidir. Bu tespit

sahadaki tek yetkili olan orta hakem tarafından yapılmaktadır. Futbolda faul oyuncuların oyun kurallarına aykırı bir şekilde rakip oyuncuya karşı gerçekleştirdiği ve hakem tarafından cezalandırılması gereken fiziksel ve fiziksel olmayan müdahaleleri ifade etmektedir. IFAB tarafından yayımlanan oyun kurallarına göre faul rakibe tekme atmak veya tekme atmaya teşebbüs etmek, çelme takmak, sıçramak, itmek, vurmak, ya da vurma girişiminde bulunmak veya rakibi tutmak gibi eylemleri kapsayan kural ihlalleridir. Bu tür ihlaller oyunun güvenliğini sağlamak ve sportif rekabetin adil bir şekilde sürdürülmesini sağlamak amacıyla sahadaki yerine göre serbest vuruş veya penaltı vuruşu ile cezalandırılmaktadır (IFAB, 2023). Futbolda faul olmayan durumlar, temiz müdahale, kurala uygun oyun, faulsüz oyun olmak üzere üç farklı şekilde ifade edilmiştir. Temiz müdahale, oyuncunun rakibe yönelik müdahalesinin öncelikli olarak topa yönelmesi ve müdahale sırasında rakibe zarar verme potansiyeli taşıyan dikkatsiz, kontrolsüz ya da aşırı güç içeren bir hareketin bulunmaması durumunu ifade etmektedir. Bu tür müdahaleler, oyunun güvenliğini korumak ve adil rekabet ortamını sürdürmek açısından futbol kurallarının temel prensipleriyle uyumludur. Kurallara uygun oyun ise oyuncuların müsabaka süresince oyunu uluslararası futbol kuralları çerçevesinde sürdürmelerini ve rakip oyuncuların güvenliğini tehlikeye atacak davranışlardan kaçınmalarını kapsamaktadır. Bu yaklaşım, sporun etik değerlerini temsil eden ve futbolun temel ilkelerinden biri olarak kabul edilen fair play anlayışıyla doğrudan ilişkilidir. Buna ek olarak faulsüz oyun, oyuncuların rakiplerine karşı herhangi bir kural ihlali gerçekleştirmeden mücadele etmeleri ve oyunun hakem tarafından durdurulmasını gerektirecek bir ihlalin ortaya çıkmaması durumunu ifade etmektedir. Bu tür oyun davranışları, oyunun sürekliliğinin korunmasına, müsabakanın akıcılığının sürdürülmesine ve rekabetin adil bir şekilde yürütülmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (IFAB, 2023). Bununla birlikte hakem sayısının artması, hızlı ve akıcı oyunlarda karmaşık müdahalelerin ortaya çıkması, hakemin fiziksel formunun oyun hızına yetişememesi gibi durumlar faul tespitini zorlaştırmaktadır. Son yıllarda futbola giren VAR uygulaması oyundaki rekabeti temelden etkileyen kırmızı kart, penaltı ve gol durumlarının incelenmesi için otomatik olarak yapılmaktadır. Bununla birlikte VAR uygulaması ceza sahası dışı faullü müdahalelerde devreye girmemekte ve bu kararların verilmesi orta hakemin yetkisine bırakılmaktadır. Her ne kadar VAR teknolojisi / uygulaması ve gol çizgisi teknolojileri sahada günümüzde yoğun olarak kullanılmasına rağmen oyun devam ederken yapay zekâ çözümlerinden henüz faydalanılmamaktadır. Yapay zekâ uygulamaları genellikle oyun öncesi ve sonrası paydaşlar tarafından kullanılmaktadır. Bununla birlikte futbolda bilişim ve yapay zekâ uygulamaları günden güne de artmaktadır. VAR teknolojisi, gol çizgisi teknolojisi bilişim uygulamalarının sporda aktif kullanımlarına örnek olarak verilebilir. Oyun öncesi ve sonrası kullanılan yaklaşımlar arasında bireylerin hangi spora yatkın olduklarının belirlenmesi (Tang vd., 2026), sporcu performans analizlerinin oluşturulması (Habibi vd., 2025), sakatlık risk tahmini (Van Eetvelde vd., 2021) gibi alanlarda yapay zekâ yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada bir pozisyonda futbol oyun kurallarında yasaklanmış bir eylem olan

faulün olup olmadığının tespit edilebilmesi için derin öğrenme yöntemlerinden biri olan SqueezeNet mimarisi çalışılmıştır.

Son yıllarda bilgisayarlı görü alanında en önemli gelişmelerden biri derin öğrenme tabanlı yöntemlerin yaygınlaşmasıdır. Özellikle Evrişimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks – CNN) görüntü sınıflandırma, nesne tespiti ve video analizi gibi görevlerde oldukça başarılı sonuçlar elde etmiştir (Khan vd., 2020; LeCun vd., 2015). CNN mimarileri, görüntülerdeki uzamsal özellikleri otomatik olarak öğrenebilme yeteneğine sahip olup klasik makine öğrenmesi yöntemlerine göre daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir. Bu alandaki önemli dönüm noktalarından biri, büyük ölçekli görüntü veri seti üzerinde eğitilen derin CNN mimarilerinin yüksek performans gösterdiğini ortaya koyan AlexNet (Krizhevsky vd., 2017) çalışmasıdır. Bu çalışma, derin öğrenmenin görüntü işleme alanında geniş çapta kullanılmasının önünü açmış ve sonraki yıllarda birçok gelişmiş mimarinin geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Derin öğrenme modelleri yüksek doğruluk sağlamakla birlikte genellikle çok sayıda parametre içermekte ve bu durum hesaplama maliyetini artırmaktadır. Bu sorunu azaltmak amacıyla geliştirilen SqueezeNet (Iandola vd., 2016), AlexNet seviyesinde doğruluk sağlayabilen ancak çok daha az parametre içeren kompakt bir CNN mimarisidir. SqueezeNet mimarisi, özellikle Fire modülü adı verilen yapı üzerinden çalışır ve bu modül “squeeze” ve “expand” katmanlarından oluşur. Bu mimari, 1×1 filtrelerin yoğun kullanımı, kanal sayısının azaltılması ve geç downsampling stratejileri sayesinde parametre sayısını önemli ölçüde azaltırken doğruluk performansını korumayı hedeflemektedir. Yapılan çalışmalar SqueezeNet’in AlexNet ile benzer doğruluk seviyesine ulaşabildiğini ancak yaklaşık 50 kat daha az parametre içerdiğini göstermektedir. Bu nedenle çalışmamızda SqueezeNet mimarisi ile toplanan görüntüler sınıflandırılmış ve elde edilen sonuçlar raporlanmıştır.

Yöntem

SqueezeNet Tabanlı Derin Öğrenme Modeli

Bu çalışmada görüntülerdeki faul olup olmadığının sınıflandırılması için derin öğrenme tabanlı bir evrişimsel sinir ağı mimarisi olan SqueezeNet kullanılmıştır (Iandola vd., 2016). SqueezeNet, parametre sayısını önemli ölçüde azaltırken yüksek doğruluk seviyesini korumayı amaçlayan hafif bir konvolüsyonel sinir ağı mimarisidir ve Şekil-1’de ağın genel mimarisi verilmiştir. Bu derin öğrenme modeli ilk olarak 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından önerilmiş olup, model boyutunu küçültmek amacıyla üç temel tasarım stratejisine dayanmaktadır (Iandola vd., 2016). Birinci strateji, 3×3 konvolüsyon filtrelerinin mümkün olduğunca 1×1 filtrelerle değiştirilmesidir. Bu yaklaşım ağın eğitilecek toplam parametre sayısını azaltmaktadır. İkinci strateji, 3×3 filtrelerin giriş kanal sayısını azaltmak amacıyla “squeeze” katmanlarının kullanılmasıdır. Bu katmanlar, genişletme (expand) katmanlarından önce gelen daraltma işlemini gerçekleştirir. Üçüncü strateji ise aşağı örnekleme

(downsampling) işlemlerinin ağın daha ileri katmanlarına ertelenmesidir. Bu sayede erken katmanlarda daha yüksek çözünürlüklü özellik haritaları korunarak sınıflandırma performansı artırılmaktadır.

SqueezeNet mimarisinin temel yapı taşı Fire modülü olarak adlandırılan özel bir bloktur. Fire modülü iki ana bileşenden oluşmaktadır: squeeze katmanı ve expand katmanı. Squeeze katmanı 1×1 konvolüsyon filtreleri kullanarak giriş özellik haritalarının kanal sayısını azaltırken, expand katmanı hem 1×1 hem de 3×3 konvolüsyon filtreleri kullanarak özellik temsilini genişletmektedir. Bu yapı sayesinde model hem hesaplama maliyetini düşürmekte hem de temsil gücünü korumaktadır.

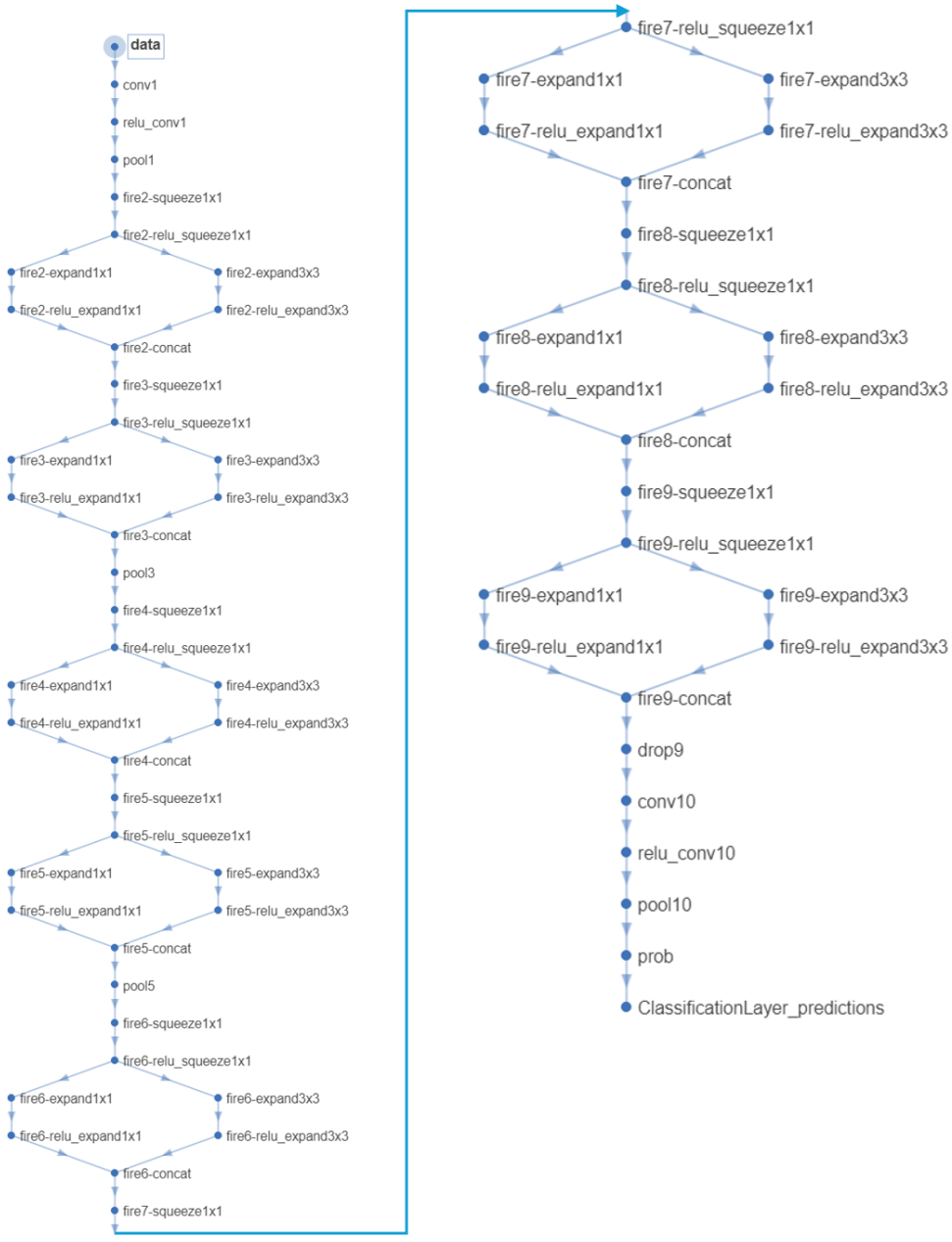
Çalışmada kullanılan SqueezeNet modeli, büyük ölçekli görüntü veri kümesi olan ImageNet üzerinde önceden eğitilmiş ağırlıklar ile başlatılmıştır (Anonim, 2012). Bu yaklaşım transfer öğrenme (transfer learning) olarak bilinmektedir ve özellikle sınırlı veri setlerinde modelin daha hızlı yakınsamasını ve daha yüksek doğruluk elde edilmesini sağlamaktadır. Önceden eğitilmiş ağın son sınıflandırma katmanı, çalışmada kullanılan veri setindeki sınıf sayısına uygun olacak şekilde (faul var veya yok) yeniden düzenlenmiştir.

SqueezeNet mimarisi yaklaşık 1.2 milyon parametre içermekte olup, bu değer geleneksel derin ağ mimarilerine kıyasla oldukça düşüktür. Örneğin AlexNet mimarisine göre yaklaşık 50 kat daha az parametre içermesine rağmen benzer doğruluk seviyesine ulaşabilmektedir (Krizhevsky vd., 2017). Bu nedenle SqueezeNet, özellikle sınırlı hesaplama kaynaklarına sahip sistemlerde ve hızlı prototipleme için tercih edilen bir derin öğrenme mimarisidir.

Bu çalışmada model eğitimi ve uygulaması MATLAB ortamında gerçekleştirilmiş olup görüntü verileri uygun boyutlara yeniden ölçeklendirilerek ağa giriş olarak verilmiştir. Eğitim sürecinde veri kümesi eğitim, doğrulama ve test alt kümelerine ayrılmış ve model performansı doğruluk (accuracy) metriği kullanılarak değerlendirilmiştir.

Şekil 1

SqueezeNet Derin Öğrenme Mimarisi



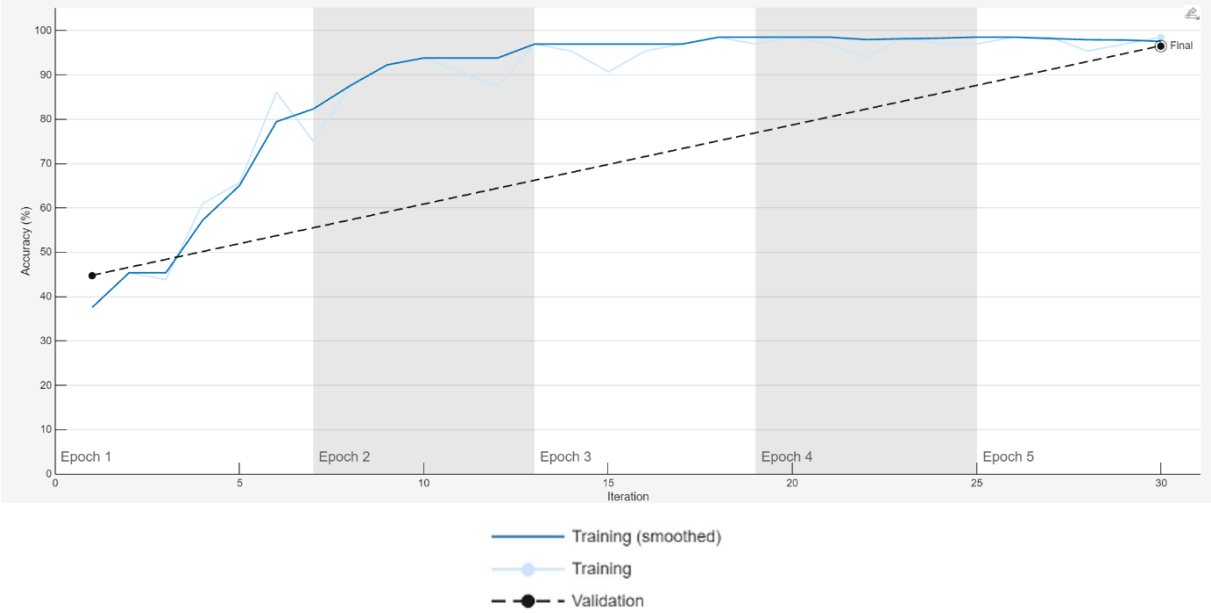
Bulgular

Görüntü veri setimiz 716 görüntüden oluşmaktadır. Bu görüntülerden 461 tanesinde faul varken, 255 tanesinde faul yoktur. Veri seti %70 ve %30 olarak iki bölüme ayrılmıştır. Kullanılan derin öğrenme modeli veri setinin %70'lik kısmında eğitim sürecine tabi tutulmuştur. Ağ eğitimi tamamlandıktan sonra geri kalan %30 veri seti ile eğitilmiş ağ test edilmiştir. Matlab ortamında ağın

varsayılan modeli kullanılmıştır ve epok sayısı 5 (her epokta 6 iterasyon) ve yığın boyutu (bathc size) 64 olarak ayarlanmıştır. Aynı şartlarda model 10 defa çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar raporlanmıştır. Matlab'de yapılan eğitimlerden birinin eğitim-doğrulama grafiği Şekil-2'de verilmiştir.

Şekil 2

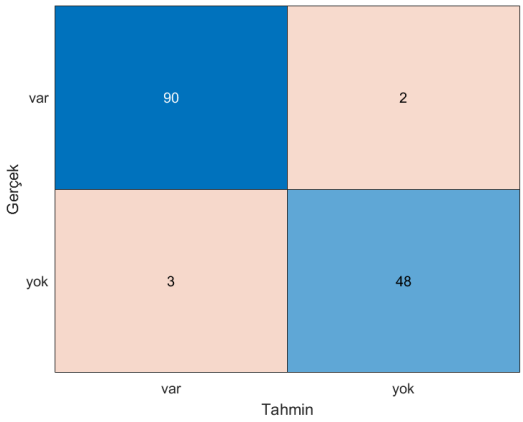
Derin Öğrenme Modelinin Veri Seti Üzerinde Eğitim ve Doğrulama Grafiği



SqueezeNet modelinin veri seti üzerinde eğitimlerinin ortalaması %97.21 olarak; doğrulama ise %96.57 olarak elde edilmiştir. Ağın ortalama test doğruluğu ise %95.42 olarak bulunmuştur. Testlerden bir tanesinin konfüzyon matrisi Şekil-3'te verilmiştir.

Şekil 3

Konfüzyon Matrisi



Konfüzyon matrisinden görüldüğü üzere ağ test veri kümesi üzerinde sınıflar için benzer başarılar elde etmektedir ve herhangi bir sınıfa karşı yanlılığı olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte hassasiyet (precision) %96.77, hatırlama (recall) %97.83 ve f1 skoru %97.3 olarak Şekil 3'te verilen

konfüzyon matrisi değerleri ile hesaplanmıştır. Bu durumda modelin faul tespitinde yüksek başarım gösterdiğini doğrulamaktadır.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada futbol müsabakalarında faul durumlarının otomatik olarak tespit edilmesi amacıyla derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım uygulanmıştır. Bu kapsamda, SqueezeNet mimarisi kullanılarak internetten toplanan görüntüler üzerinde bir sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Veri seti toplam 716 görüntüden oluşmakta olup bunların 461'i faul, 255'i ise faul olmayan görüntülerden meydana gelmektedir. Modelin eğitimi için veri kümesi %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kullanılan modelin veri seti üzerinde oldukça başarılı bir performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Eğitim sürecinde modelin ortalama eğitim doğruluğu %97.21, doğrulama doğruluğu ise %96.57 olarak elde edilmiştir. Test veri kümesi üzerinde yapılan değerlendirme sonucunda modelin ortalama test doğruluğu %95.42 olarak hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Rabee ve diğerleri (2025) EfficentNetV2, ResNet50, VGG16, Xception, InceptionV3, MobileNetV2, InceptionResNetV2, DenseNet121 derin öğrenme mimarilerini futbol faullerinin belirlenmesinde kullanmışlardır. Bu çalışmada en yüksek hassasiyet değeri 0.9786 ile DenseNet121, en yüksek hatırlama ise 0.8396 InceptionResNetV2, en yüksek f1 skoru 0.8966 InceptionResNetV2, ortalama doğruluk 0.9641 DenseNet121 mimarisi ile elde edilmiştir (Rabee vd., 2025). Bir başka çalışmada YOLO ve Faster R-CNN gibi tek atışlı derin öğrenme mimarileri uygulanmış ve ortalama hassasiyet metriği üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. YOLOv5 modeli ile %96.6, YOLOv8 modeli ile %97.2, YOLO-NAS modeli ile %94.4 ve Faster R-CNN modeli ile %89.85 hassasiyet değeri elde edilmiştir (Siddiqui vd., 2024). Bizim çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla benzer olduğu görülmektedir. Literatür ile uyumlu olarak önerilen modelin test doğruluğunun %95'in üzerinde olması, modelin yalnızca eğitim verileri üzerinde değil, daha önce görmediği veriler üzerinde de başarılı sonuçlar üretebildiğini göstermektedir. Eğitim ve doğrulama doğrulukları arasındaki farkın düşük olması ise modelin aşırı öğrenme (overfitting) problemini büyük ölçüde engellediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, önerilen yaklaşımın farklı derin öğrenme mimarileriyle gerçekleştirilen güncel çalışmalarla rekabet edebilecek düzeyde olduğunu ve ilgili problem alanında güvenilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Bu değerler, modelin yalnızca eğitim verisini öğrenmekle kalmayıp aynı zamanda daha önce görmediği veriler üzerinde de başarılı bir genelleme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

Konfüzyon matrisi incelendiğinde modelin faul olan görüntüleri büyük ölçüde doğru sınıflandırdığı görülmektedir. Toplam 90 faul görüntüsü doğru şekilde tespit edilirken, yalnızca 2 faul görüntüsü yanlış şekilde faul değil olarak sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde, faul olmayan 48 görüntü doğru sınıflandırılırken 3 görüntü yanlışlıkla faul olarak tahmin edilmiştir. Bu sonuçlar modelin hem

duyarlılık hem de özgüllük açısından yüksek bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle spor analizlerinde kritik olan faul tespitinin kaçırılma oranının düşük olması, modelin pratik uygulamalar açısından umut verici olduğunu göstermektedir.

Eğitim sürecinde elde edilen öğrenme eğrileri incelendiğinde, modelin ilk epoklardan itibaren hızlı bir şekilde öğrenme gerçekleştirdiği ve doğruluk değerlerinin kısa sürede yüksek seviyelere ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum modelin eğitim sürecinde kararlı bir şekilde yakınsadığını ve aşırı öğrenme probleminin sınırlı seviyede olduğunu göstermektedir. Eğitim ve doğrulama doğruluklarının birbirine oldukça yakın olması da bu durumu desteklemektedir.

Bu çalışmada tercih edilen SqueezeNet mimarisi, diğer derin evrişimsel sinir ağı modellerine kıyasla oldukça düşük parametre sayısına sahip olmasına rağmen yüksek doğruluk elde edebilmesiyle dikkat çekmektedir. Özellikle yaklaşık 1.2 milyon parametreye sahip olması, modeli hem hızlı hem de hesaplama maliyeti açısından verimli hale getirmektedir. Bu özellikler, modelin gerçek zamanlı spor analizi sistemlerinde kullanılabilmesi açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte çalışmanın bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle veri seti nispeten sınırlı büyüklükte olup görüntüler internet ortamından toplanmıştır. Bu durum veri setinde farklı kamera açıları, çözünürlükler ve sahne koşulları gibi heterojen özelliklerin bulunmasına neden olabilir. Ayrıca veri setindeki sınıf dağılımı da tamamen dengeli değildir. Daha geniş ve dengeli veri setleri kullanılarak modelin performansı daha kapsamlı biçimde değerlendirilebilir. Bunun yanında farklı derin öğrenme mimarileri (örneğin ResNet veya EfficientNet) ile karşılaştırmalı çalışmalar yapılması model performansının daha iyi analiz edilmesine katkı sağlayabilir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda veri setinin genişletilmesi, veri artırma tekniklerinin kullanılması ve video tabanlı analizlerin gerçekleştirilmesi önemli araştırma yönleri olarak değerlendirilebilir. Özellikle video akışları üzerinde çalışan gerçek zamanlı sistemler geliştirilerek hakem destek sistemleri veya spor analitiği uygulamalarında otomatik faul tespiti gerçekleştirilebilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada geliştirilen derin öğrenme tabanlı modelin spor görüntülerinde faul tespiti için yüksek doğruluk oranlarına ulaşabildiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, derin öğrenme yöntemlerinin spor analizi alanında etkili bir araç olabileceğini göstermekte ve otomatik hakem destek sistemlerinin geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği

Bu çalışmada "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Etik kurul izin bilgileri

Çalışmada etik kurul izni gerektirmediği için etik beyan formu kullanılmıştır.

Yazarların Katkı Oranı

Çalışma tek yazarlı olarak yayınlanmıştır. Yazar katkısı % 100'dür.

Çıkar Çatışması

Çalışmada çıkar çatışması teşkil edebilecek bir husus bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Acet, M. (2001). *Futbol seyircisini fanatik ve saldırgan olmaya yönelten sosyal faktörler* [Yayınlanmamış doktora tezi], Gazi Üniversitesi.

Akgeyik, T. (2018). Futbolda başarıyı etkileyen faktörler (Türkiye süper lig takımları üzerine ampirik bir araştırma). *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, *7*(18), 396-413.

Arık, B. (2004). *Top ekranda: medya çağında futbol ve televizyon arasındaki kaçınılmaz ilişki*. Salyangoz Yayınları.

Arıpınar, E. (1992). *Türk futbol tarihi.* Türkiye Futbol Federasyonu Yayınları.

Aycan, İ. (2022). Life kine*tik antrenmanlarının futbolcu performansları üzerindeki etkilerinin incelenmesi.* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi], Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Bozdemir, M. (1998). *Futbol fanatizminin sosyolojik açıdan tahlili* Marmara Üniversitesi (Türkiye).

Cengiz, R., ve Pulur, A. (2004). *Hakemlerin fair play olaylarına bakış açıları.* Celal Bayar Üniversitesi Spor Felsefesi ve Sosyal Bilimleri Sempozyumu, Manisa. Türkiye.

Anonim. (2012). Imagenet http://www.image-net.org/challenges. *LSVRC/2012/results. html*.

Collina, P. (2004). *Le mie regole del gioco - benim oyun kurallarım*. Altın Kitaplar Yayınevi.

Dağ, Ü. (2019). *Futbolda parasallaşma ve futbol rekabetine olan etkilerinin çeşitli açılardan incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi], Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Devecioğlu, S., Çoban, B., ve Karakaya, Y. (2014). Futbol yönetimi ve organizasyonlarının görünümü. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, *5*(1), 35-48.

Göksel, A., Pala, A., ve Caz, Ç. (2016). Futbol hakemlerinin boş zamanlarını değerlendirme tercihleri ile iletişim becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Uluslararası Hakemli İletişim ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi (UHIVE)*, *11*(7), 15-28.

Habibi, M., Nourani, M., ve Nourani, M. M. (2025). *AI-based performance analysis for track and field athletes.* Presented at 47th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Copenhagen, Denmark

Iandola, F. N., Han, S., Moskewicz, M. W., Ashraf, K., Dally, W. J., ve Keutzer, K. (2016). SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50x fewer parameters and< 0.5 MB model size. *arXiv preprint arXiv:1602.07360*.

IFAB. (2023). International Football Association Board Laws of the Game.

IFAB. (2025). The IFAB Organisation. https://www.theifab.com/organisation/

Khan, A., Sohail, A., Zahoora, U., ve Qureshi, A. S. (2020). A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks. *Artificial intelligence review*, *53*(8), 5455-5516.

Krizhevsky, A., Sutskever, I., ve Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, *60*(6), 84-90.

LeCun, Y., Bengio, Y., ve Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, *521*(7553), 436-444.

Orta, L. (2000). Dünya'da ve Türkiye'de futbol hakemliğinin başlangıcı ve gelişimi semineri. *Onsekiz Mart Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Çanakkale. Türkiye*.

Rabee, A., Anwar, Z., AbdelMoety, A., Abdelsallam, A., ve Ali, M. (2025). Comparative analysis of automated foul detection in football using deep learning architectures. *Scientific Reports*, *15*(1), 14236.

Siddiqui, B. S., Mridul, Z. A., Habib, Z., Sakib, I., ve Chowdhury, M. A. I. (2024). *Real-time foul detection in football matches using machine learning techniques.*[Doctoral Dissertation], Brac University.

Sunay, H. (1992). Ankara bölgesi futbol hakemlerinin hakemliğe yönelmelerine etki eden motivasyonel etkenler üzerine bir araştırma. *Futbol Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *2*(2), 18-23.

Şimşek, M. (1999). Futbolun Prensleri. *Nadir Yayınevi, İstanbul.*

Tang, Q., Wei, X., ve Tan, B. (2026). The role of machine learning in talent identification for team sports: A systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine*, *25*(1), 58-83.

TDK. (2023). Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük. https://sozluk.gov.tr

Terlemez, M., ve Kumcu, S. (2024). Osmanlı döneminde futbolun doğuşu ve kurulan futbol kulüpleri. *Kafkas Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, *4*(2), 24-62.

Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., ve Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: a systematic review. *Journal of experimental orthopaedics*, *8*(1), 27.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License.



Canonical URL https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies
J-EDUCAT: Eğitim Araştırmaları Dergisi
(ISSN: 3023-8145)
http://www.jeducat.com
Received: *25.03.2026,* ***Accepted:*** *19.05.2026,* ***Early Published:*** *04.06.2026*
Published: *01.11.2026*
Article Type: *Research Article*
Doi: https://doi.org/ 10.5281/zenodo.20531564
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License

Geometri Öğretiminde TPACK ve SAMR: Algı ile Performans Arasındaki Boşluk[*]

Yusuf CAN[**]
Süha YILMAZ[***]

Öz

Bu araştırma, mobil uygulama destekli geometri öğretimi sürecinin matematik öğretmen adaylarının Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK) algılarına etkisini ve bu algıların SAMR (Substitution (Yer Değiştirme), Augmentation (Geliştirme), Modification (Değiştirme), Redefinition (Yeniden Tanımlama)) modeli çerçevesinde pedagojik tasarımlara ne ölçüde yansıdığını incelemeyi amaçlamaktadır. Açımlayıcı sıralı karma yöntem deseniyle yürütülen araştırmanın nicel boyutunda, İzmir'deki bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 67 matematik öğretmen adayına 12 haftalık bir müdahale süreci uygulanmış ve Matematik İçin TPAB Ölçeği (TPAB-Mat) ile ön test-son test verileri toplanmıştır. Nitel boyutta ise altı katılımcının dijital etkinlik planları SAMR rubriğiyle değerlendirilmiş, yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler tematik analize tabi tutulmuştur. Nicel bulgular, adayların tüm TPACK alt boyutlarında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı artışlar kaydettiğini göstermektedir ($p < .001$). Bununla birlikte nitel bulgular, dijital etkinlik planlarının büyük çoğunluğunun SAMR modelinin Geliştirme (A) düzeyinde yoğunlaştığını ve hiçbir planın Yeniden Tanımlama (R) düzeyine ulaşamadığını ortaya koymaktadır. Görüşme verileri, adayların pedagojik tasarım yaklaşımlarının öğrenci merkezli keşif ile öğretmen merkezli gösterim arasında kutuplaştığını göstermiştir. Sonuç olarak araştırma, öz-bildirime dayalı TPACK algısındaki artışın her zaman plan ve söylem düzeyindeki pedagojik performansa yansımadığını ve algı-performans boşluğu kavramına kanıtlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: TPACK, SAMR, mobil öğrenme, geometri öğretimi, öğretmen eğitimi

TPACK and SAMR in Geometry Teaching: The Gap Between Perception and Performance

Abstract

This study investigates the effect of a mobile application-supported geometry teaching process on pre-service mathematics teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

[*] Bu çalışma, birinci yazar tarafından ikinci yazar danışmanlığında Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan 'Öğretmen Adaylarının Geometri Öğretiminde Mobil Uygulama Yeterliklerinin Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Açısından İncelenmesi' başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

[**] Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği, Aydın, yusuf.can@adu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0003-0505-0077

[***] Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği, İzmir, suha.yilmaz@deu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-8330-9403

perceptions and examines the extent to which these perceptions are reflected in pedagogical designs through the SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) framework. Employing an explanatory sequential mixed-methods design, the quantitative phase involved administering a 12-week intervention to 67 pre-service mathematics teachers at a public university in Izmir, with pre-post data collected using the TPACK-Math Scale. In the qualitative phase, digital activity plans of six purposefully selected participants were assessed using a SAMR rubric, and semi-structured interviews were analyzed thematically. Quantitative findings revealed statistically significant improvements across all TPACK sub-dimensions in favor of the post-test ($p < .001$), with effect sizes ranging from medium to large (Cohen's $d = 0.42$-0.89). However, qualitative findings indicated that the majority of digital activity plans were concentrated at the Augmentation (A) level of the SAMR model, with no plan reaching the Redefinition (R) level. Interview data revealed that participants' pedagogical design approaches polarized sharply between student-centered exploration and teacher-centered demonstration. Consequently, the study provides empirical evidence for the perception-performance gap, demonstrating that increases in self-reported TPACK perceptions do not always translate into plan-level pedagogical performance.

Keywords: TPACK, SAMR, mobile learning, geometry teaching, teacher education

Giriş

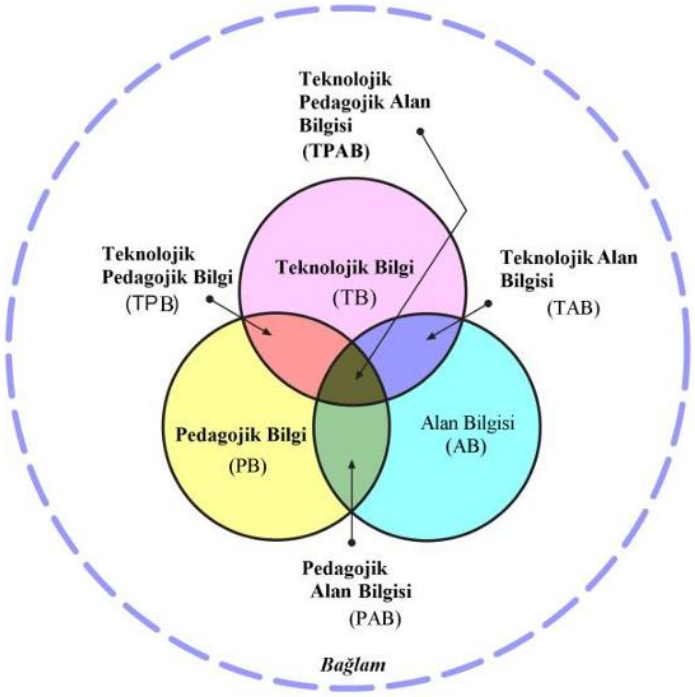
Eğitim teknolojilerinin hızla dönüştüğü çağdaş eğitim ortamında, öğretmenlerin dijital araçları yalnızca teknik düzeyde tanımaları yeterli görülmemekte; bu araçları pedagojik hedeflerle bütünleştirerek öğrenme süreçlerini yeniden yapılandırabilmeleri beklenmektedir (Mishra ve Koehler, 2006). Özellikle matematik eğitiminde, geometri gibi uzamsal düşünme ve görselleştirme gerektiren konularda dinamik geometri yazılımlarının ve mobil uygulamaların sunduğu etkileşimli ortamlar, soyut kavramların somutlaştırılması açısından güçlü bir potansiyel barındırmaktadır (Pittalis, 2021). Ne var ki alanyazındaki çalışmalar, öğretmen adaylarının teknoloji entegrasyonu becerilerinin çoğunlukla araç kullanımı düzeyinde kaldığını ve pedagojik bir derinlikten yoksun olduğunu ortaya koymaktadır (Niess, 2011; Harris ve Hofer, 2017).

Bu duruma kuramsal düzeyde yanıt arayan en kapsamlı çerçevelerden biri, Shulman'ın (1986) Pedagojik Alan Bilgisi (PCK) temelinde Mishra ve Koehler (2006) tarafından geliştirilen Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK) modelidir. TPACK, teknoloji (TK), pedagoji (PK) ve alan bilgisinin (CK) dinamik etkileşiminden doğan bütünleşik bir bilgi yapısını temsil etmekte; öğretmenin teknolojiyi yalnızca bir sunum aracı olarak değil, belirli bir konunun belirli bir pedagojik stratejiyle öğretilmesi sürecinde işlevsel bir bileşen olarak konumlandırmasını gerektirmektedir (Koehler ve Mishra, 2009). TPACK modeli, özellikle Mishra'nın (2019) eklediği "Bağlamsal Bilgi (Contextual Knowledge - XK)" katmanıyla, teknoloji entegrasyonunun okul altyapısı, müfredat gereklilikleri ve kurumsal kültür gibi çevresel etkenlerden bağımsız düşünülemeyeceğini vurgulamaktadır. Porras-Hernández ve Salinas-Amescua (2013), bu bağlamsal yapıyı mikro, mezo ve makro düzeylerde katmanlaştırarak XK'nin dinamik ve çok boyutlu doğasını kuramsal olarak temellendirmiştir. Bununla birlikte modelin ontolojik yapısına ilişkin tartışmalar sürmekte; TPACK'in bileşenlerinin ayrık ve toplamalı bir şekilde

mi yoksa iç içe geçmiş ve dönüştürücü bir bütün olarak mı ele alınması gerektiği sorgulanmaktadır (Angeli ve Valanides, 2009).

Şekil 1

TPACK Çerçevesi ve Bilgi Bileşenleri (Koehler ve Mishra, 2009).



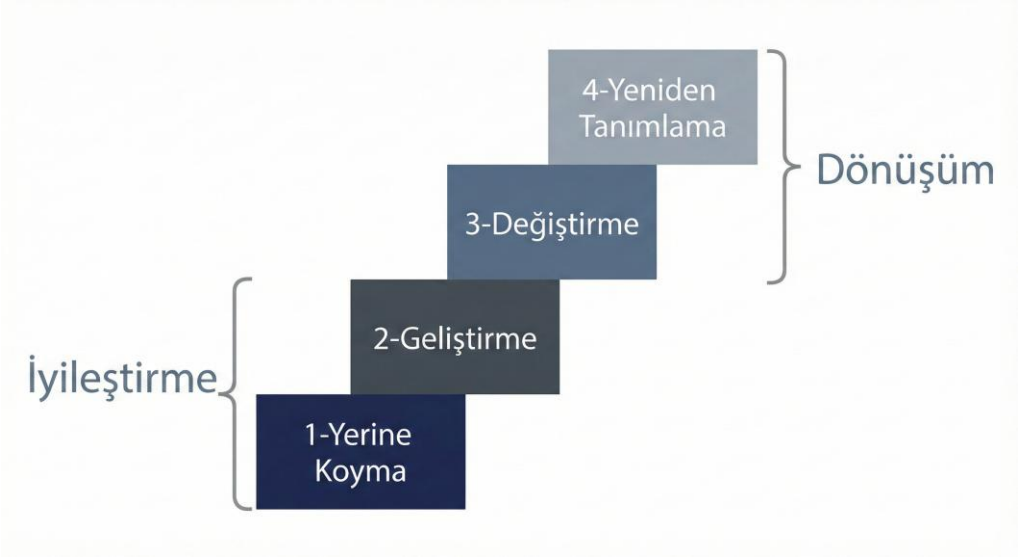
Bu ayrım, mevcut araştırmanın bulgularının yorumlanması açısından belirleyici bir öneme sahiptir. Bütünleştirici (integrative) bakış açısına göre TPACK, teknoloji, pedagoji ve alan bilgisinin toplamından oluşan ve bu bileşenlerin ayrı ayrı geliştirilebileceği bir yapıdır; dolayısıyla öğretmen adaylarının teknoloji bilgisini artırmak, otomatik olarak TPACK yeterliğini artıracaktır (Angeli ve Valanides, 2009). Buna karşın dönüştürücü (transformative) yaklaşım, TPACK'i bileşenlerinin etkileşiminden doğan özgün ve indirgenemez bir bilgi türü olarak ele almaktadır (Mishra ve Koehler, 2006). Bu ikinci perspektife göre, teknoloji bilgisi tek başına pedagojik dönüşümü garanti etmez; ancak alan bilgisi ve pedagojiyle birlikte yeniden yapılandırıldığında özgün bir bilgi formu ortaya çıkar. Nitekim bu araştırmanın bulgularında ortaya çıkacağı üzere, adayların öğretmen merkezli gösterim eğilimleri, TPACK'in bütünleştirici bir biçimde -yani teknik beceri ile pedagojik bilgiyi ayrı ayrı- edinilmiş olabileceğine işaret etmektedir. Rosenberg ve Koehler'in (2015) sistematik derlemesi de TPACK araştırmalarının çoğunlukla bağlamsal faktörleri göz ardı ettiğini ve modelin yapısına ilişkin kanıtların hala yetersiz olduğunu vurgulamaktadır. Bu nedenle araştırma, nicel ölçek verileri ile nitel tasarım performansını bir arada değerlendirerek bu tartışmaya somut bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.

TPACK modeli, öğretmenlerin ne bildiğini tanımlamada güçlü bir çerçeve sunarken, teknolojiyi pratikte ne düzeyde entegre ettiklerini ölçmek için tamamlayıcı bir araca gereksinim

duyulmaktadır. Puentedura (2006) tarafından geliştirilen SAMR modeli, bu ihtiyaca karşılık gelen hiyerarşik bir çerçeve sunmaktadır. Modelin alt basamakları olan Yerine Koyma (S) ve Geliştirme (A), teknolojinin mevcut öğretimi işlevsel olarak iyileştirdiği düzeyleri; üst basamakları olan Değiştirme (M) ve Yeniden Tanımlama (R) ise teknolojinin öğrenme görevini temelden dönüştürdüğü düzeyleri ifade etmektedir. Alanyazındaki sistematik derlemeler, eğitim uygulamalarının büyük çoğunluğunun iyileştirme (S+A) basamaklarında yoğunlaştığını ve dönüşüm (M+R) düzeyine nadiren ulaşıldığını göstermektedir (Crompton ve Burke, 2020).

Şekil 2

SAMR Modelinin Bölümleri ve Basamakları (Puentedura, 2006).



Bu kuramsal çerçevenin ulusal eğitim politikalarındaki güncel yansıması, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) kapsamında tanımlanan Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma Becerisi (MAB5) kazanımında somutlaşmaktadır. MAB5, öğretmenlerden teknolojinin derste niçin, ne zaman ve nasıl kullanılacağını gerekçelendirmelerini beklemektedir (MEB, 2024). Bu beklenti, TPACK'in bilişsel yapısı ile SAMR'nin uygulama düzeyini birleştiren bütünleşik araştırma tasarımlarını zorunlu kılmaktadır. Bu ulusal müfredat, uluslararası eğitim politikalarında giderek yaygınlaşan teknoloji entegrasyonunun gerekçelendirilmesi beklentisiyle örtüşmekte olup gelişmekte olan ülkelerin eğitim sistemlerinde dijital dönüşüm süreçlerini anlamak isteyen uluslararası araştırmacılar için önemli bir bağlam sunmaktadır. Geriye doğru tasarım ilkeleri doğrultusunda, öğrenme hedeflerinden hareket ederek teknoloji seçimini ve değerlendirme sürecini tutarlı bir şekilde yapılandırmak, öğretmen adaylarının pedagojik tasarım kalitesini belirleyen kritik bir yetkinliktir (Wiggins ve McTighe, 2005).

Alanyazında TPACK gelişimini nicel ölçeklerle inceleyen çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmaların önemli bir bölümü öz-bildirime dayalı sonuçlarla sınırlı kalmaktadır. Araştırmacılar, öğretmen adaylarının yüksek öz-yeterlik algıları ile sınıf içi uygulamaları arasında

sıklıkla bir uyuşmazlık ya da algı-performans boşluğu olduğunu vurgulamaktadır (Kaleli-Yilmaz, 2015; Schmid vd., 2021). Bu boşluğun nedenlerini anlamak, yalnızca nicel verilerin değil, adayların fiili tasarımlarının ve pedagojik gerekçelendirmelerinin derinlemesine incelenmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla nicel ve nitel verilerin bütünleşik bir şekilde ele alındığı karma yöntem araştırmaları, teknoloji entegrasyonunun karmaşık yapısını açığa çıkarmak açısından kritik bir önem taşımaktadır (Creswell, 2014).

Yukarıda çizilen kuramsal çerçeve ışığında bu araştırma, şu temel soruya yanıt aramaktadır: Mobil uygulama destekli geometri öğretimi müdahalesi, öğretmen adaylarının TPACK algılarını nasıl değiştirmiştir ve bu algılar SAMR modeli çerçevesinde pedagojik tasarımlara ne ölçüde yansımıştır? Bu kapsamda araştırmanın alt problemleri şu şekilde belirlenmiştir:

(1) Öğretmen adaylarının TPAB-Mat ölçeği alt boyutlarında ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

(2) Öğretmen adaylarının dijital etkinlik planları SAMR modeli düzeylerinde nasıl bir dağılım sergilemektedir?

(3) Öğretmen adaylarının pedagojik tasarım yaklaşımları, TPACK ve SAMR çerçeveleri bağlamında hangi profilleri ortaya koymaktadır?

Yöntem

Araştırma Deseni

Araştırmada açımlayıcı sıralı karma yöntem deseni benimsenmiştir (Creswell, 2014). Bu desen, birinci aşamada nicel verilerin toplanıp analiz edilmesini, ikinci aşamada ise nicel sonuçların nitel verilerle derinleştirilmesini öngörmektedir. Nicel boyutta zayıf deneysel desen türlerinden tek grup ön test-son test deseni kullanılırken, nitel boyutta durum çalışması deseni benimsenmiştir (Yin, 2018). Karma yöntemin tercih edilmesinin gerekçesi, TPACK gibi çok katmanlı bir yapıyı yalnızca öz-bildirim ölçekleriyle değerlendirmenin yetersiz kalması ve adayların algıladıkları yeterlik ile fiili performansları arasındaki muhtemel boşluğu görünür kılma gereksinimidir (Schmid vd., 2021). Bu doğrultuda araştırma; nicel verilerle ortaya konan istatistiksel eğilimlerin nitel verilerle anlamlandırıldığı, böylece ne kadar değiştiğini gösteren sonuçların neden ve nasıl değiştiğiyle açıklandığı bütünleşik bir yapıda tasarlanmıştır.

Çalışma grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, 2025-2026 eğitim-öğretim yılı güz döneminde İzmir'deki bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesinde öğrenim görmekte olan 67 ilköğretim ve ortaöğretim matematik öğretmenliği ikinci sınıf lisans öğrencisi oluşturmaktadır. Nitel aşamada ise ölçüt örnekleme yöntemiyle belirlenen altı öğretmen adayı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Nitel aşamadaki katılımcıların seçiminde, öğretmen adaylarının oluşturduğu dijital etkinlik planlarının araştırmacı tarafından hazırlanan rubrikle değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan

SAMR teknoloji entegrasyon düzeyleri ölçüt alınmış ve üç farklı pedagojik profili temsil eden adaylar belirlenmiştir. Bunlar: Dönüşüm Odaklı Grup (K1, K2), İyileştirme Odaklı Grup (K3, K4) ve Karma Profil Grubu (K5, K6).

Dijital etkinlik planlarının rubrik analizinde hiçbir planın Yeniden Tanımlama (R) düzeyine ulaşamadığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Ancak Dönüşüm Odaklı Grup olarak etiketlenen K1 ve K2'nin planları Değiştirme (M) düzeyinde yer almış olup bu adaylar, yarı yapılandırılmış görüşmelerde Artırılmış Gerçeklik (AR) ile fiziksel ortamda keşif ve bulmaca formatında görev dönüştürme gibi R düzeyine karşılık gelen pedagojik vizyonlar sergilemişlerdir. Dolayısıyla bu grup, fiili plan performansından ziyade görüşmelerde ortaya koydukları dönüşüm odaklı vizyon temelinde isimlendirilmiştir. Araştırma boyunca bu gruba atıfta bulunulurken, vizyonun R düzeyini hedeflediğini ancak uygulamanın M düzeyinde kaldığını vurgulayan bu nüans gözetilmelidir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın nicel verileri, Önal (2016) tarafından geliştirilen Matematik İçin Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Ölçeği (TPAB-Mat) aracılığıyla toplanmıştır. Ölçek, beşli likert tipinde 59 maddeden oluşmakta ve dokuz alt boyutu (Teknoloji Bilgisi, Pedagoji Bilgisi, Alan Bilgisi, Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimdışı, Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimiçi, Teknolojik Alan Bilgisi, Pedagojik Alan Bilgisi, Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi ve Bağlam Bilgisi) kapsamaktadır. Ölçeğin genel güvenirlik katsayısı (Cronbach α) .97 olarak raporlanmış olup alt boyut güvenirlik katsayıları .79 ile .93 arasında değişmektedir. Doğrulayıcı faktör analizi sonuçları, ölçeğin yapı geçerliğini destekler niteliktedir ($\chi^2/df = 1.77$; RMSEA = .050; SRMR = .047).

Nitel verilerin toplanmasında iki araç kullanılmıştır. Birincisi, araştırmacılar tarafından tasarlanan ve uzman görüşleri alınarak son hali verilen SAMR modelinin dört düzeyi temelinde geliştirilen Dijital Etkinlik Planı Teknoloji Entegrasyonu Değerlendirme Rubriği'dir. Bu rubrik; SAMR entegrasyon düzeyi, öğrenci rolü ve etkileşim ile pedagojik kurgu ve içerik uyumu olmak üzere üç boyutta, dört düzeyli bir yapıda tasarlanmıştır. İkinci araç alanyazındaki kuramsal çerçeveye ve rubrik bulgularına dayalı olarak araştırmacılar tarafından tasarlanan ve uzman görüşleri alınarak son hali verilen yarı yapılandırılmış görüşme formudur. Görüşme formu, teknolojinin pedagojik tasarıma entegrasyonu ve SAMR düzeyleri arasındaki geçişe odaklanan sorulardan oluşmaktadır.

Rubriğin geçerliği çok aşamalı bir süreçle güvence altına alınmıştır. İlk aşamada taslak rubrik, Matematik Eğitimi ve Eğitim Teknolojileri alanlarında uzmanlığa sahip iki öğretim üyesinin görüşüne sunulmuş; uzman dönütleri Moskal ve Leydens'in (2000) önerdiği içerik kanıtı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Uzmanlar özellikle Değiştirme (M) ve Yeniden Tanımlama (R) basamaklarındaki ölçütlerin daha somut ve gözlemlenebilir göstergelere dayandırılması gerektiğini belirtmiş; rubrik bu öneriler doğrultusunda yeniden yapılandırılmıştır. Son haliyle rubrik (1) SAMR Entegrasyon Düzeyi, (2) Öğrenci Rolü ve Etkileşim ve (3) Pedagojik Kurgu ve İçerik Uyumu (TPACK) olmak üzere üç boyut ve

her boyutta 1 (Zayıf/Başlangıç) – 4 (İleri/Dönüştürücü) düzeyleri arasında değişen analitik bir derecelendirme yapısına kavuşturulmuştur. Rubriğin boyutları aynı zamanda 2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin "Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma Becerisi (MAB5)" alt bileşenleriyle örtüşecek biçimde hizalanmıştır.

Uygulama Süreci

Araştırma kapsamında haftada iki ders saati olmak üzere toplam 12 haftalık yapılandırılmış bir süreç izlenmiştir. İlk hafta ön testlerin uygulanmasına ayrılmış; ardından dokuz hafta süresince TPACK ve SAMR temelli pedagojik müdahale gerçekleştirilmiştir. Müdahale sürecinde öğretmen adaylarına GeoGebra Geometri, GeoGebra 3D Grafik Hesap Makinesi, Desmos Grafik Hesap Makinesi, Unit Circle Trigonometry, Mathigon/Polypad, Euclidea, Pythagorea ve Pythagorea 60° olmak üzere sekiz farklı mobil uygulama tanıtılmış; bu araçların geometri kazanımlarına yönelik pedagojik entegrasyonu örnek dijital etkinlik planları üzerinden modellenmiştir. On birinci haftada adaylardan kendi dijital etkinlik planlarını tasarlamaları istenmiş, on ikinci haftada son testler uygulanmış ve ardından altı katılımcıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler yürütülmüştür.

Verilerin Analizi

Nicel verilerin analizinde, normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ve çarpıklık-basıklık değerleri ile sınandıktan sonra bağımlı örneklemler t-testi uygulanmıştır. Etki büyüklükleri Cohen d katsayısıyla hesaplanmış olup yorumlama eşikleri Cohen'in (1988) sınıflandırmasına göre belirlenmiştir (d = 0.20 küçük, d = 0.50 orta, d = 0.80 büyük etki). Nitel verilerin analizinde ise dijital etkinlik planları SAMR rubriği aracılığıyla değerlendirilmiş, görüşme verileri ham kodlardan kategorilere ve temalara ulaşan hibrit tematik analiz yaklaşımıyla çözümlenmiştir (Braun ve Clarke, 2006). Kodlama sürecinde Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği görüş birliği formülü kullanılmış ve kodlayıcılar arası güvenirlik %88 olarak hesaplanmıştır; bu oran, yüksek düzeyde bir güvenirliğe işaret etmektedir. Araştırmada nicel ve nitel bulguların entegrasyonu, karma yöntem deseninin temel ilkesine uygun olarak tartışma bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Nitel analiz sürecinde durum çalışması desenine uygun bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir. Görüşme dökümleri ve dijital etkinlik planları, hem TPACK ve SAMR çerçevelerinden beslenen tümdengelimsel hem de veriden yeni anlamlar üreten tümevarımsal kodların birlikte kullanıldığı hibrit tematik analiz yaklaşımıyla (Braun ve Clarke, 2006) çözümlenmiştir. Altı katılımcıdan sonra yeni bir kod üretilemediği görülerek teorik doygunluğa ulaşıldığı kabul edilmiştir (Creswell, 2014; Morse, 2000). Analizin güvenirliğini artırmak amacıyla veri setinin %20'si, Matematik Eğitimi alanında profesör unvanına sahip bağımsız bir uzman tarafından kör kodlama yöntemiyle yeniden kodlanmış; iki kodlayıcı arasındaki uyum Miles ve Huberman'ın (1994) [Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı) × 100] formülüyle %88 olarak hesaplanmıştır. Görüş ayrılığı yaşanan kodlar üzerinde uzlaşı

sağlanarak son kod rehberi oluşturulmuştur. Araştırmacı refleksivitesi açısından şu husus belirtilmelidir: 12 haftalık müdahale sürecini yürüten birinci yazar, aynı zamanda nitel analiz sürecinin de yürütücüsüdür. Bu örtüşmenin yaratabileceği olası önyargıyı dengelemek üzere (i) müdahaleye katılmamış bağımsız bir uzman tarafından %20'lik kör kodlama, (ii) görüşme protokollerinin yarı yapılandırılmış ve katılımcılar arasında tutarlı uygulanması, (iii) ham veriden temaya uzanan analitik adımların belgelendirilmesi ve (iv) tüm kodlama kararlarının ikinci yazarla düzenli olarak müzakere edilmesi önlemleri alınmıştır.

Bulgular

TPAB-Mat Ölçeği Ön Test-Son Test Bulguları

Öğretmen adaylarının TPACK bileşenlerine ilişkin ön test ve son test puan ortalamaları arasındaki farkları belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bağımlı örneklemler t-testi sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Bulgular, tüm alt boyutlarda son test lehine istatistiksel olarak anlamlı artışların gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 1

TPACK Boyutlarına İlişkin Ön Test-Son Test Karşılaştırmaları (Bağımlı Örneklemler t-testi Bulguları)

Alt Boyut	Ön Test Ort. ± Ss	Son Test Ort. ± Ss	t(66)	p	Cohen's d
Teknoloji Bilgisi (TB)	19.49 ± 4.71	23.85 ± 3.72	-6.30	<.001	0.77 (büyük)
Pedagoji Bilgisi (PB)	36.86 ± 5.97	41.13 ± 5.69	-4.61	<.001	0.56 (orta)
Alan Bilgisi (AB)	31.10 ± 4.54	34.45 ± 4.49	-4.15	<.001	0.51 (orta)
TPB-Çevrimdışı	9.28 ± 1.98	11.09 ± 1.82	-5.14	<.001	0.63 (büyük)
TPB-Çevrimiçi	8.69 ± 2.36	10.97 ± 1.67	-6.26	<.001	0.76 (büyük)
Teknolojik Alan Bilgisi (TAB)	15.88 ± 3.19	18.91 ± 2.96	-5.77	<.001	0.70 (büyük)
Pedagojik Alan Bilgisi (PAB)	22.97 ± 3.98	26.24 ± 3.69	-5.31	<.001	0.65 (büyük)
Tek. Ped. Alan Bilgisi (TPAB)	26.51 ± 6.22	33.55 ± 5.34	-7.26	<.001	0.89 (büyük)
Bağlam Bilgisi (XK)	18.57 ± 3.29	20.21 ± 2.46	-3.40	.001	0.42 (orta)

Tablo 1'de görüldüğü üzere, öğretmen adaylarının tüm TPACK bileşenlerinde son test lehine istatistiksel olarak anlamlı artışlar gerçekleşmiştir. En yüksek etki büyüklüğü Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (d = 0.89) alt boyutunda elde edilmiş olup bu değer, uygulanan öğretim sürecinin adayların teknoloji, pedagoji ve alan bilgisini bütünleştirme algılarını güçlü düzeyde desteklediğine işaret

etmektedir. Bunu sırasıyla Teknoloji Bilgisi (d = 0.77) ve Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimiçi (d = 0.76) izlemiştir. Pedagoji Bilgisi, Alan Bilgisi ve Bağlam Bilgisi boyutlarında gözlenen orta düzeydeki etki büyüklükleri ise müdahalenin bu boyutlarda da anlamlı bir ilerleme sağladığını, ancak etkinin teknoloji odaklı boyutlara kıyasla görece daha ılımlı kaldığını göstermektedir.

Dijital Etkinlik Planlarının SAMR Düzeylerine Göre Dağılımı

Öğretmen adaylarının hazırladığı 67 dijital etkinlik planının SAMR modeli çerçevesinde değerlendirilmesinden elde edilen bulgular Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2

Dijital Etkinlik Planlarının Rubrik Boyutlarına Göre SAMR Düzey Dağılımı

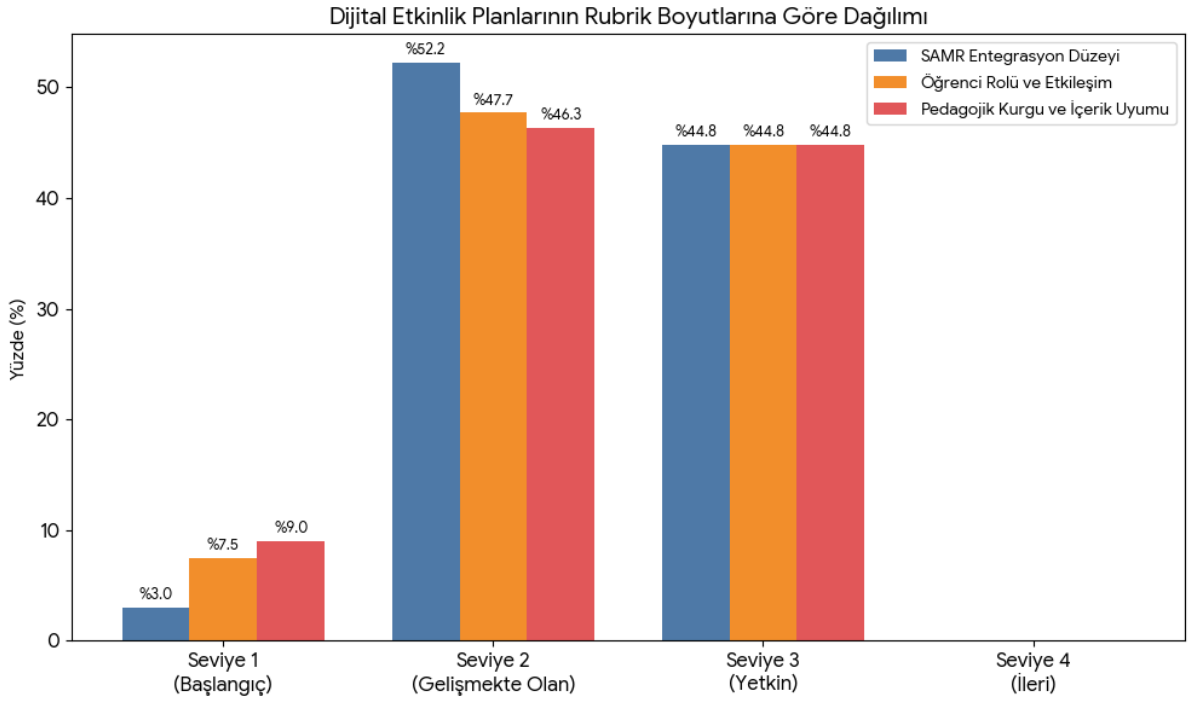
Değerlendirme Boyutu	Seviye 1 (S)	Seviye 2 (A)	Seviye 3 (M)	Seviye 4 (R)
SAMR Entegrasyon Düzeyi	2 (%3.0)	35 (%52.2)	30 (%44.8)	0 (%0.0)
Öğrenci Rolü ve Etkileşim	5 (%7.5)	32 (%47.7)	30 (%44.8)	0 (%0.0)
Pedagojik Kurgu ve İçerik Uyumu	6 (%9.0)	31 (%46.3)	30 (%44.8)	0 (%0.0)

Tablo 2 incelendiğinde, dijital etkinlik planlarının yarıdan fazlasının (%55.2) SAMR modelinin iyileştirme basamaklarında (S+A) konumlandığı görülmektedir. Planların %52.2'si Geliştirme (A) düzeyinde yoğunlaşmış olup bu durum, adayların teknolojiyi ağırlıklı olarak mevcut öğretim süreçlerine hız, görselleştirme ve işlevsel iyileştirme katmak amacıyla kullandıklarını göstermektedir. Bununla birlikte planların %44.8'inin Değiştirme (M) düzeyine ulaşmış olması, adayların bir bölümünün teknolojiyi öğrenme görevini yeniden tasarlama amacıyla konumlandırabildiğini ortaya koymaktadır. Ancak araştırmanın en dikkat çekici bulgusu, hiçbir etkinlik planının modelin en üst düzeyi olan Yeniden Tanımlama (R) basamağına ulaşamamış olmasıdır.

Mobil uygulama türüne göre SAMR düzeylerinin dağılımı incelendiğinde, Euclidea kullanan adayların tamamının (%100) ve Mathigon/Polypad kullananların büyük çoğunluğunun (%87.5) Değiştirme düzeyine ulaştığı saptanmıştır. Öte yandan Desmos kullanıcılarının %92.9'u Geliştirme düzeyinde kalmıştır. GeoGebra özelinde ise dağılımın daha dengeli olduğu (A düzeyi: %57.9; M düzeyi: %36.8) görülmüş; bu bulgu, açık uçlu araçlardaki entegrasyon düzeyinin doğrudan adayın TPACK yeterliliğine bağlı olduğuna işaret etmektedir.

Şekil 3

Öğretmen Adaylarının Dijital Etkinlik Planının Rubrik Boyutlarına Göre Dağılımı



1.Tema - TPACK'in Pratiğe Yansıması: Pedagojik Tasarım

Nitel aşamada, görüşme yapılan altı katılımcıya dörtgenler hiyerarşisi (kare-dikdörtgen ilişkisi) ve üç boyutlu cisimler (geometrik katıların görselleştirilmesi) gibi kavramsal yanılgıların yoğun olduğu öğretim senaryoları sunulmuş ve bu senaryolarda mobil teknolojiyi nasıl kullanacakları sorulmuştur. Görüşme verilerinin tematik analizi, adayların TPACK yetkinliklerinin uygulama aşamasında iki belirgin pedagojik zihniyet etrafında şekillendiğini ortaya koymuştur.

Dönüşüm Odaklı Grup (K1, K2), teknolojiyi öğrencinin geometrik ilişkileri bizzat manipüle ederek keşfettiği bir ortam olarak tasarlamıştır. Örneğin dörtgenler hiyerarşisi senaryosunda - öğrencilerin karenin aynı zamanda bir dikdörtgen olup olmadığını keşfetmesi gereken bir bağlamda- K2, GeoGebra üzerinde öğrencilerin bir karenin köşe noktalarını sürükleyerek şeklin dikdörtgene dönüşüp dönüşmediğini test etmelerini sağlayan açık uçlu bir keşif etkinliği önermiştir: *"Özgürce keşfetmelerini sağlardım… mesela derdim ki bu kareyi dikdörtgen yapabilir miyiz? Bir dener misiniz?"* K1 de benzer şekilde, öğrencilerin teknolojiyi kullanarak *"kendi deneyimleyerek… daha iyi kavramasını"* hedefleyen bir yapı kurgulamıştır. Bu yaklaşımda teknoloji, öğrencinin bilişsel süreçlerine eşlik eden bir bilişsel ortak rolündedir ve öğrenme sürecinin doğasını temelden dönüştürmektedir.

Buna karşın İyileştirme Odaklı Grup (K3, K4), aynı teknolojiyi öğretmenin bilgiyi aktardığı bir gösterim ve modelleme aracı olarak konumlandırmıştır. K3, aynı dörtgenler senaryosunda *"Girişte mesela öncelikle ben açıklarım… geliştirme aşamasında da onu böyle modelleyerek gösteririm"*

yaklaşımını benimserken; K4 de *"Girişte yine kendim anlatırım… sonuç kısmında da küçük quiz kullanırım"* diyerek benzer bir öğretmen merkezli yapıyı tercih etmiştir. Bu grupta teknoloji, pedagojik yaklaşımı dönüştürmemiş; yalnızca mevcut sunumu görselleştirerek desteklemiştir.

Benzer bir ayrışma, üç boyutlu cisimler senaryosunda da gözlemlenmiştir. Bu senaryoda adaylara, katı cisimlerin (prizma, silindir vb.) öğretiminde GeoGebra 3D uygulamasını nasıl kullanacakları sorulmuştur. Dönüşüm Odaklı Grup, GeoGebra 3D'nin Artırılmış Gerçeklik (AR) özelliğini kullanarak üç boyutlu nesneleri sınıfın fiziksel ortamına yansıtma vizyonu sunmuştur. K1, *"Artırılmış gerçeklik kullanılabilir… sınıfın ortasında onu mobil uygulamada yaptıkları şekli görmesi bence çok faydalı olurdu"* derken; K2 de *"bizzat o şekli o ortama getiriyor"* ifadesiyle öğrencilerin cisimlerin etrafında dolaşarak keşfetmesini sağlayan bir tasarım önermiştir. Buna karşın İyileştirme odaklı grup aynı teknolojiyi, K3'ün ifadesiyle *"kare prizma oluşturmalarını ve onun açık halini bakmalarını, kapalı halini görmelerini"* sağlayan geleneksel bir görselleştirme aracı olarak konumlandırmıştır.

Uygulama seçim kriterleri açısından da bu pedagojik ayrışma tutarlı bir biçimde yansımıştır. Dönüşüm odaklı adaylar bir mobil uygulamayı seçerken *"öğretim programıyla uyum"* ve *"kendi kendine öğreticilik"* gibi pedagojik nitelikleri önceliklendirirken (K1: *"Uygulamanın kendi öğretici olması bence güzel olurdu"*); iyileştirme odaklı adaylar "internet gerektirmeme" ve "her cihaza indirilebilme" gibi teknik erişilebilirlik ölçütlerini ön planda tutmuştur (K3: *"Her cihaza indirilebiliyor mu? Bunlara bakardım"*). Bu farklılaşma, yüksek TPACK düzeyine sahip adayların teknolojiyi teknik bir araçtan ziyade pedagojik bir çözüm ortağı olarak değerlendirme eğiliminde olduklarını göstermektedir.

2.Tema - SAMR Merdiveninde Dönüşüm Vizyonu

Görüşmelerde adaylara, temel düzeyde (Yerine Koyma - S) bir teknoloji kullanım senaryosu sunulmuş ve bu senaryoyu üst SAMR basamaklarına nasıl taşıyabilecekleri sorulmuştur. "Öğrencilere GeoGebra'da bir üçgen çizdiriyorsunuz; bu etkinliği nasıl geliştirirsiniz?" biçiminde sunulan bu senaryo, adayların pedagojik yaratıcılık düzeylerini sınamak amacıyla tasarlanmıştır. Yanıtlar, üç farklı dönüşüm düzeyini ortaya koymuştur.

Dönüşüm odaklı gruptan K2, AR teknolojisini kullanarak geometrik cisimleri sınıfın fiziksel ortamına yansıtmayı ve öğrencilerin *"etraflarında dolaşarak keşfetmelerini"* sağlamayı önermiştir; bu öneri, teknoloji olmadan gerçekleştirilmesi mümkün olmayan yeni bir öğrenme deneyimi tasarladığı için R düzeyine karşılık gelmektedir. K1 ise standart bir çizim görevini bulmaca formatına dönüştürerek öğrencinin bilişsel yükünü artıran bir problem çözme etkinliği tasarlamıştır: *"Direkt aktarmak yerine öğrencilere bulmaca tarzı… tahtaya sırasıyla istediğim üçgenleri yazı diliyle anlatırım. Sonra öğrencilere çizmelerini isterim."* Bu yaklaşım, görevin doğasını değiştirdiği için M düzeyine karşılık gelmektedir. Karma Profil grubundan K5'in sunduğu, öğrencilerin ekran kaydı alarak çözüm

sürecini kayıt altına alıp akranlarına öğretmesi fikri ise R düzeyinin örneklerinden birini oluşturmaktadır: *"Arkadaşlar ekran kaydı alalım… yapamayan arkadaşlarımız için gösterelim, bu şekilde onlar da öğrensin."*

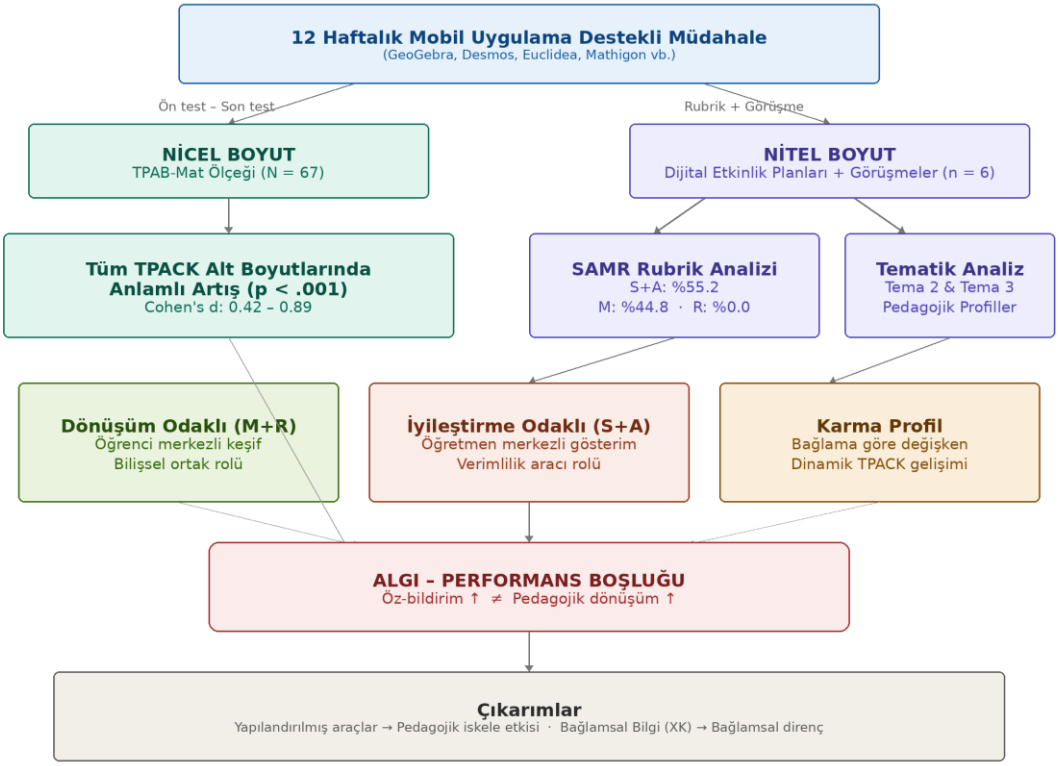
Buna karşın İyileştirme Odaklı Gruptan K3 ve karma profil grubundan K6, temel çizim görevinin yapısını değiştirmeden yalnızca teknolojik özellikler ekleyerek süreci desteklemeye odaklanmıştır. K3'ün *"kenarlarının uzunluklarını gösterme, açılarını gösterme"* önerisi ve K6'nın *"kenar uzunluklarını ve açıları mobil uygulama üzerinden görüyorduk… bunları göstermek bir üst seviyeye taşıyabilir"* yaklaşımı, öğrencinin rolünde köklü bir dönüşüm yaratmadığı için A basamağında kalmıştır. Bu bulgular, adayların SAMR merdivenindeki konumlarını belirleyen temel unsurun teknik bilgi düzeyinden ziyade, öğrenci-teknoloji etkileşimini yeniden kurgulama konusundaki pedagojik yaratıcılıkları olduğunu ortaya koymaktadır.

Nicel ve Nitel Bulguların Entegrasyonu

Karma yöntem araştırmalarının temel ilkesine uygun olarak, nicel ve nitel bulgular birlikte değerlendirildiğinde kritik bir durum görünür hale gelmektedir. Tablo 1'deki nicel veriler, 67 öğretmen adayının TPACK algılarında tüm alt boyutlarda istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü artışlar kaydettiğini göstermektedir; özellikle TPAB (d = 0.89) ve TB (d = 0.77) boyutlarındaki yüksek etki büyüklükleri, adayların teknoloji entegrasyonuna ilişkin öz-yeterlik algılarının belirgin biçimde güçlendiğine işaret etmektedir. Ancak Tablo 2'ye ve görüşme bulgularına bakıldığında, iş gerçek bir dijital ders planı tasarlamaya geldiğinde bu algısal artışın pedagojik pratiğe eşit düzeyde yansımadığı görülmektedir: Planların yarıdan fazlası (%55.2) iyileştirme basamaklarında yoğunlaşmış, R düzeyine hiçbir plan ulaşamamış ve görüşmelerde adayların önemli bir bölümünün teknolojiyi öğretmen merkezli bir gösterim aracı olarak konumlandırmaya devam ettiği belirlenmiştir. Bu durum, adayların ölçek maddelerine olumlu yanıt verirken zihinlerindeki pedagojik modelin aslında dönüşümden ziyade iyileştirme odaklı kaldığını kanıtlamaktadır. Dolayısıyla nicel verilerdeki istatistiksel yükselişin arkasında, henüz köklü bir pedagojik dönüşüme evrilmemiş bir algısal iyimserlik yatmaktadır; bu yapı, alanyazında algı-performans boşluğu olarak kavramsallaştırılmaktadır (Kaleli-Yilmaz, 2015; Schmid vd., 2021).

Şekil 4

Araştırmanın Kavramsal Modeli: TPACK Algısı, SAMR Performansı Ve Pedagojik Profiller Arasındaki İlişkinin Bütünleşik Görünümü



Tartışma ve Sonuç

Bu araştırma, mobil uygulama destekli bir öğretim sürecinin matematik öğretmen adaylarının TPACK algılarına etkisini nicel verilerle ortaya koymayı ve bu algıların pedagojik tasarımlara yansıma biçimini SAMR modeli çerçevesinde nitel verilerle derinleştirmeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, hem umut verici gelişmelere hem de kritik pedagojik boşluklara işaret etmektedir.

Nicel boyutta, 12 haftalık yapılandırılmış müdahale sürecinin ardından öğretmen adaylarının TPAB-Mat ölçeğinin tüm alt boyutlarında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı ve orta-büyük düzeyde etki büyüklüklerine sahip artışlar kaydettiği görülmüştür. Özellikle Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (d = 0.89), Teknoloji Bilgisi (d = 0.77) ve Teknolojik Pedagoji Bilgisi-Çevrimiçi (d = 0.76) boyutlarındaki yüksek etki büyüklükleri, adayların teknolojiyi yalnızca araç düzeyinde tanımaktan öte, pedagojik amaçlarla nasıl kullanabileceklerine dair farkındalık kazandıklarını göstermektedir. Bu bulgular, iyi yapılandırılmış TPACK eğitim programlarının adayların tüm bilgi bileşenlerinde anlamlı gelişim sağladığını gösteren uluslararası çalışmalarla (Stinken-Rösner vd., 2023) ve Türkiye bağlamındaki araştırmalarla (Aktaş ve Özmen, 2020; Tatlı vd., 2016) tutarlılık göstermektedir. Öte yandan Sungur Gül'ün (2023) fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yürüttüğü çalışmada teknoloji odaklı uygulamaların TPACK puanlarında anlamlı bir fark yaratmadığını raporlaması, mevcut araştırmadaki

gelişimin salt teknoloji maruziyetine değil; TPACK ve SAMR modellerinin bütünleşik ve yapılandırılmış bir pedagojik tasarımla harmanlanmasına bağlı olabileceğini düşündürmektedir.

Bununla birlikte bu araştırmanın alanyazına katkısı, nicel verilerin çizdiği olumlu tablonun nitel bulgularla çapraz sorgulamaya tabi tutulmasından doğmaktadır. İstatistiksel olarak öğretmen adaylarının TPACK algıları belirgin biçimde yükselmiş olsa da, iş gerçek bir dijital ders planı tasarlamaya geldiğinde adayların önemli bir bölümünün geleneksel öğretmen merkezli alışkanlıklarından kopamadığı ve bu durumun algı ile performans arasında somut bir boşluk yarattığı ortaya çıkmıştır. Dijital etkinlik planlarının SAMR analizi, planların yarıdan fazlasının (%55.2) iyileştirme basamaklarında (S+A) yoğunlaştığını ve hiçbir planın R düzeyine ulaşamadığını göstermiştir. Crompton ve Burke'ün (2020) sistematik derlemesinde matematik alanında M düzeyinde hiçbir uygulamaya rastlanmadığı tespiti ile kıyaslandığında, mevcut araştırmadaki %44.8'lik M düzeyi oranı alanyazından farklılaşmaktadır. Öte yandan R düzeyinin yokluğu, adayların teknolojiyi hâlâ mevcut müfredat sınırları içinde bir araç olarak konumlandırdıklarını ve öğrenme kültürünü kökten dönüştürecek bir vizyona henüz tam olarak sahip olmadıklarını düşündürmektedir.

Görüşme verilerinin derinlemesine analizi, bu algı-performans boşluğunun arka planındaki pedagojik mekanizmayı aydınlattığı görülmüştür. Ölçekte benzer puan artışları gösteren adayların, uygulamada birbirinden farklılaşan üç pedagojik profil sergiledikleri belirlenmiştir. Dönüşüm odaklı adaylar, teknolojiyi öğrencinin kavramları manipüle ederek yapılandırdığı bir bilişsel ortak olarak kurgularken; iyileştirme odaklı adaylar, teknolojiyi öğretmenin bilgiyi görselleştirerek aktardığı bir verimlilik aracı olarak tasarlamıştır. Karma profil gösteren adaylar ise hem iyileştirme hem de dönüşüm odaklı söylemlerde bulunmuştur. Bu kutuplaşma, öz-bildirim ölçeklerinin pedagojik durumları yansıtmadaki yapısal sınırlılığını gözler önüne sermekte ve Schmid vd. (2021) TPACK öz-değerlendirmelerinin ders planı performansıyla ancak zayıf düzeyde ilişkili olduğu bulgusunu desteklemektedir. Dolayısıyla öğretmen adaylarının "teknolojiye hâkim olduklarını düşünmeleri" ile "teknolojiyi dönüştürücü bir şekilde kullanabilmeleri" arasında kapatılması gereken kritik bir mesafe bulunduğu düşünülmektedir.

Bu algı-performans boşluğunun kuramsal bir açıklaması, üstbilişsel kalibrasyon (metacognitive calibration) alanyazınında bulunabilir. Kruger ve Dunning'in (1999) çalışmasından bu yana, bireylerin yeterlik düzeyleri düşük olduğunda kendi performanslarını sistematik olarak aşırı değerlendirdikleri bilinmektedir. Mevcut araştırmanın bağlamında, öz-bildirime dayalı TPACK puanlarında belirgin artış gösteren bazı adayların SAMR düzeyinde iyileştirme basamaklarında kalması, bu üstbilişsel kalibrasyon hatasının bir yansıması olarak yorumlanabilir. Ancak bu durumu yalnızca bir yetkinlik yanılsaması olarak etiketlemek yerine, daha yapıcı bir perspektifle ele almak gerekmektedir. Klassen ve Chiu'nun (2010) öğretmen öz-yeterliği üzerine yaptıkları çalışmada gösterdikleri gibi, artan öz-yeterlik algısı henüz performansa dönüşmemiş olsa bile, gelecekteki

pedagojik risk alma davranışlarının ve yenilikçi öğretim denemelerinin bir habercisi olabilir. Dolayısıyla mevcut araştırmadaki adayların yükselen TPACK algıları, pedagojik dönüşümün bir ön koşulu olarak değerlendirilmeli; ancak tek başına yeterli bir gösterge olarak kabul edilmemelidir. Bu bağlamda öğretmen yetiştirme programlarının, adayların öz-değerlendirme becerisini de geliştiren yansıtıcı mekanizmalar (örn. video tabanlı mikroöğretim, akran değerlendirmesi) içermesi kritik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bulgular bölümünde tanıtılan "Dönüşüm Odaklı Grup" (K1, K2) etiketinin kavramsal bir paradoksu da içerdiği belirtilmelidir. Söz konusu adaylar görüşmelerde Yeniden Tanımlama (R) düzeyiyle uyumlu söylemsel vizyonlar (Artırılmış Gerçeklik ile fiziksel ortamda keşif, bulmaca formatında görev dönüştürme vb.) üretmiş olmakla birlikte, yazılı dijital etkinlik planları rubrikte Değiştirme (M) düzeyinde kalmıştır. Bu durum, çalışmanın merkezi tezi olan algı–performans boşluğunun mikro ölçekte tekrar üretimidir: söylemsel düzeyde dönüştürücü pedagojik bir vizyona sahip olan adaylar dahi, bu vizyonu yazılı plan tasarımına aktarmada güçlük yaşamaktadır. Dolayısıyla "Dönüşüm Odaklı Grup" etiketi bir başarı kategorisi değil, söylem ile plan arasındaki gerilimi adlandıran çözümleyici bir kavram olarak okunmalıdır. Bu mikro paradoks aynı zamanda öğretmen adaylarının pedagojik vizyon ile fiili tasarım pratikleri arasındaki köprüyü kurmalarını destekleyecek yapılandırılmış müdahalelerin (örn. plan-prototipleme atölyeleri, vizyon-plan tutarlılığı üzerine yansıtıcı yazma görevleri) gerekliliğine işaret etmektedir.

Mobil uygulama türünün SAMR düzeyini doğrudan etkilediği bulgusu da tartışılmaya değer olduğu düşünülmüştür. Euclidea (%100 M düzeyi) ve Mathigon/Polypad (%87.5 M düzeyi) gibi oyunlaştırılmış ve yapılandırılmış araçlar, tasarımları gereği öğrenciyi aktif bir problem çözücüye dönüştürmekte ve böylece adaylar için bir pedagojik iskele işlevi görmektedir. Buna karşın GeoGebra ve Desmos gibi açık uçlu araçlarda entegrasyon kalitesinin tamamen adayın TPACK düzeyine bağlı olduğu görülmüştür. Bu bulgu, Koehler ve Mishra'nın (2009) Teknolojik Alan Bilgisi kavramının önemini doğrulamakta ve Batiibwe'nin (2024) GeoGebra'nın etkili kullanımının teknik bilgiden ziyade pedagojik bilgiye bağlı olduğu tespitini desteklemektedir. Eğitim fakülteleri açısından bu sonuç, öğretmen adaylarına önce yapılandırılmış araçlarla dönüşüm deneyimi yaşatılması, ardından bu deneyimin açık uçlu araçlara transfer edilmesini hedefleyen kademeli bir pedagojik tasarım stratejisinin benimsenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Görüşmelerde ortaya çıkan üç pedagojik profil, TPACK gelişiminin doğrusal olmayan dinamik yapısına ilişkin önemli içgörüler sunmaktadır. Karma Profil grubunun bazı etkinliklerde iyileştirme, bazılarında ise dönüştürücü düzeyde yer alması, SAMR modelinin katı bir merdiven olmaktan ziyade bağlama ve amaca göre esnek geçişlere izin veren bir süreç olduğu görüşünü desteklemektedir. Bu bulgu, Kihoza vd. (2016) TPACK bileşenlerinin tam entegrasyonunun zaman, deneyim ve sürekli destek gerektiren uzun soluklu bir süreç olduğu tespitini doğrulamaktadır.

TYMM'nin MAB5 becerisi kapsamında değerlendirildiğinde, adayların teknolojiyi ağırlıklı olarak içeriği sunma ve görselleştirme amacıyla kullandıkları; buna karşın teknolojiyi bir değerlendirme aracı olarak konumlandırma, Öğrenmede Evrensel Tasarım (UDL) ilkeleri doğrultusunda farklılaştırılmış öğretim tasarlama ve veri gizliliği (KVKK) gibi bağlamsal boyutlarda belirgin bir gelişim alanına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu durum, TPACK çerçevesinin Bağlamsal Bilgi (XK) katmanının öğretmen yetiştirme programlarında daha merkezi bir konuma taşınması gerektiğine işaret etmektedir. Porras-Hernández ve Salinas-Amescua'nın (2013) önerdiği "bağlamın dinamik yapısı" kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, XK yalnızca statik bir çevresel bilgi değil; mikro (sınıf içi etkileşimler), mezo (okul altyapısı ve kurumsal kültür) ve makro (eğitim politikası ve müfredat reformları) düzeylerinde sürekli etkileşim halinde olan çok katmanlı bir yapıdır. Bu araştırmadaki adayların XK boyutundaki görece düşük etki büyüklüğü (d = 0.42), üniversite ortamında yürütülen müdahalelerin mezo ve makro düzeydeki bağlamsal deneyimleri simüle etmedeki yapısal sınırlılığını yansıtmaktadır. Bu bulgu, öğretmen yetiştirme programlarına okul temelli staj deneyimlerinin ve gerçek sınıf bağlamlarıyla etkileşim fırsatlarının sistematik olarak entegre edilmesi gerektiğini güçlü bir biçimde desteklemektedir.

Sonuç olarak bu araştırma, TPACK ve SAMR modellerinin birlikte kullanıldığı bütünleşik bir öğretim sürecinin öğretmen adaylarının dijital pedagojik algılarını güçlü düzeyde desteklediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, algıdaki artışın pedagojik tasarımda otomatik bir dönüşüme yol açmadığı ve adayların önemli bir bölümünün teknolojiyi hâlâ öğretmen merkezli bir iyileştirme aracı olarak konumlandırdığı belirlenmiştir. Eğitim fakülteleri, öğretmen yetiştirme programlarına yalnızca teknoloji tanıtımı değil; öğrenci merkezli tasarım deneyimleri, SAMR düzeyleri arasında bilinçli geçiş yapma pratiği ve bağlamsal direnç stratejileri geliştirme fırsatlarını sistematik olarak entegre etmesi önerilmektedir. İleride yapılacak araştırmaların, boylamsal desenlerle TPACK gelişiminin uzun vadeli seyrini izlemesi, öğretmen adaylarının staj süreçlerindeki gerçek sınıf performanslarıyla algılarını karşılaştırması ve farklı disiplinlerdeki öğretmen adaylarıyla karşılaştırmalı çalışmalar yürütülmesi önerilmektedir.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın bulguları birkaç sınırlılık çerçevesinde değerlendirilmelidir. Birincisi, çalışmada zayıf deneysel desen türlerinden tek grup ön test-son test deseni kullanılmış olup karşılaştırma grubunun yokluğu, iç geçerlik açısından bilinen tehditleri beraberinde getirmektedir. 12 haftalık müdahale süreci boyunca öğretmen adaylarının paralel olarak aldıkları diğer alan ve meslek bilgisi derslerinin yarattığı olgunlaşma etkisi, aynı ölçeğin iki kez uygulanmasından kaynaklanabilecek test etkisi ve eğitim-öğretim dönemi içerisinde gerçekleşen tarihsel etkenler, gözlenen artışın yalnızca müdahaleye atfedilmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle ortaya çıkan TPACK algı yükselmesinin bir bölümünün lisans eğitiminin doğal seyrinden kaynaklanmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

İkinci sınırlılık, ölçüm araçlarının yapısal asimetrisidir: TPACK algıları dokuz alt boyutlu öz-bildirim ölçeği ile, SAMR performansı ise tek bir dijital etkinlik planı çıktısı üzerinden değerlendirilmiştir. İki aracın aynı kuramsal yapıyı (TPACK) ölçtüğü varsayımı doğrudan test edilmediğinden, bu çalışmada raporlanan "algı–performans boşluğu" söz konusu ölçüm asimetrisi göz önünde bulundurularak temkinli yorumlanmalıdır. Üçüncü olarak, çalışma grubu ilköğretim ve ortaöğretim matematik öğretmenliği programlarındaki öğrencilerden oluşmakla birlikte, bu iki programa devam eden adaylar tek bir analiz havuzunda ele alınmış; alan bilgisi derinliği ve hedef öğrenci kitlesine yönelik pedagojik tasarım farklılıkları açısından alt grup karşılaştırması yapılmamıştır. Bu tercih, ilgili doktora tezi kapsamında belirlenen araştırma sorularıyla tutarlılığı korumak amacıyla benimsenmiş olmakla birlikte, gelecekteki çalışmalarda iki program arasındaki olası farklılıkların incelenmesi yararlı olacaktır. Son olarak, bu çalışmada "performans" terimi öğretmen adaylarının yazılı dijital etkinlik planları ve görüşme söylemleri düzeyindeki pedagojik tasarımı ifade etmektedir; gerçek sınıf uygulamasına ilişkin gözlem verisi kapsam dışıdır.

Araştırma ve Yayın Etiği

Bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. *(Zorunlu beyan)*

Etik kurul izin bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Dokuz Eylül Üniversitesi
Etik değerlendirme kararının tarihi: 25.11.2024
Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: E-87347630-659-1211123

Yazarların Katkı Oranı

Bu makalede yazarların katkı oranları eşittir.

Çıkar Çatışması

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

Aktaş, İ. ve Özmen, H. (2020). Investigating the impact of TPACK development course on pre-service science teachers' performances. *Asia Pacific Education Review*, 21(4), 667-682. https://doi.org/10.1007/s12564-020-09653-x

Angeli, C. ve Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154-168. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006

Batiibwe, M. S. (2024). Integration of GeoGebra in Learning Mathematics: Benefits and Challenges. *East African Journal of Education Studies*, *7*(4), 684-697. https://doi.org/10.37284/eajes.7.4.2454

Braun, V. ve Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. baskı). Lawrence Erlbaum Associates.

Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4. baskı). SAGE.

Crompton, H. ve Burke, D. (2020). Mobile learning and pedagogical opportunities: A configurative systematic review of PreK-12 research using the SAMR framework. *Computers & Education*, 156, 103945. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103945

Harris, J. B. ve Hofer, M. J. (2017). "TPACK Stories": Schools and School Districts Repurposing a Theoretical Construct for Technology-Related Professional Development. *Journal of Research on Technology in Education,* 49(1–2), 1–15. https://doi.org/10.1080/15391523.2017.1295408

Kaleli-Yilmaz, G. (2015). The views of mathematics teachers on the factors affecting the ıntegration of technology in mathematics courses. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(8). https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n8.8

Kihoza, P. D., Zlotnikova, I., Bada, J. K. ve Kalegele, K. (2016). Classroom ICT integration in Tanzania: Opportunities and challenges from the perspectives of TPACK and SAMR models. *International Journal of Education and Development Using ICT*, 12(1), 107-128.

Klassen, R. M. ve Chiu, M. M. (2010). Effects on teachers' self-efficacy and job satisfaction: Teacher gender, years of experience, and job stress. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 741–756. https://doi.org/10.1037/a0019237

Koehler, M. J. ve Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.

Kruger, J. ve Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121–1134. https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.6.1121

Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis: An expanded sourcebook (2. baskı). SAGE.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli öğretim programları ortak metni. https://tymm.meb.gov.tr/ortak-metin

Mishra, P. (2019). Considering contextual knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education,* 35(2), 76-78. https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611

Mishra, P. ve Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Morse, J. M. (2000). Determining sample size. *Qualitative Health Research*, 10(1), 3-5. https://doi.org/10.1177/104973200129118183

Moskal, B. M. ve Leydens, J. A. (2000). Scoring rubric development: Validity and reliability. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 7(10), 1-6. https://doi.org/10.7275/q7rm-gg74

Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of Educational Computing Research*, 44(3), 299-317. https://doi.org/10.2190/EC.44.3.c

Önal, N. (2016). Development, validity and reliability of TPACK scale with pre-service mathematics teachers. *International Online Journal of Educational Sciences*, 8(2), 93-107.

Pittalis, M. (2021). Extending the technology acceptance model to evaluate teachers' intention to use dynamic geometry software in geometry teaching. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(9), 1385–1404. https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1766139

Puentedura, R. R. (2006). Transformation, technology, and education. http://hippasus.com/resources/tte/

Porras-Hernández, L. H. ve Salinas-Amescua, B. (2013). Strengthening TPACK: A broader notion of context and the use of teacher's narratives to reveal knowledge construction. Journal of Educational Computing Research, 48(2), 223–244. https://doi.org/10.2190/EC.48.2.f

Rosenberg, J. M. ve Koehler, M. J. (2015). Context and technological pedagogical content knowledge (TPACK): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3), 186-210. https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663

Schmid, M., Brianza, E. ve Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior,* 115, 106586. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher,* 15(2), 4-14.

Stinken-Rösner, L., Hofer, E., Rodenhauser, A. ve Abels, S. (2023). Technology Implementation in Pre-Service Science Teacher Education Based on the Transformative View of TPACK: Effects on Pre-Service Teachers' TPACK, Behavioral Orientations and Actions in Practice. Education Sciences, 13(7), 732. https://doi.org/10.3390/educsci13070732

Sungur Gül, K. (2023). Teknoloji odaklı fen eğitimi uygulamalarının teknolojik pedagojik alan bilgilerine ve teknoloji entegrasyonu öz-yeterlik algılarına etkisi. Yaşadıkça Eğitim, 37(2), 489–507. https://doi.org/10.33308/26674874.2023372574

Tatlı, Z., İpek Akbulut, H. ve Altınışık, D. (2016). The ımpact of web 2.0 tools on pre-service teachers' self confidence levels about tpck. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* (TURCOMAT), 7(3), 659-678. https://doi.org/10.16949/turkbilmat.277878

Wiggins, G. ve McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2. baskı). ASCD.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6. baskı). SAGE.

Extended Abstract

Introduction

The rapid digital transformation in contemporary education demands that teachers go beyond merely recognizing technological tools; they must be capable of restructuring learning

processes by integrating these tools with pedagogical objectives. In mathematics education, particularly in geometry-where spatial reasoning and visualization are essential-dynamic geometry software and mobile applications offer powerful interactive environments for concretizing abstract concepts. However, the literature consistently reveals that pre-service teachers' technology integration skills often remain at the level of tool use and lack pedagogical depth.

The Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework, developed by Mishra and Koehler (2006) building on Shulman's (1986) Pedagogical Content Knowledge, represents an integrated knowledge structure emerging from the dynamic interaction of technology, pedagogy, and content knowledge. While TPACK is effective in defining what teachers know, a complementary framework is needed to assess the level at which technology is practically integrated. The SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) model developed by Puentedura (2006) addresses this need by providing a hierarchical classification of technology integration levels. Systematic reviews indicate that the majority of educational practices remain concentrated at the enhancement levels (S+A) and rarely reach the transformation levels (M+R).

Despite the abundance of studies examining TPACK development through quantitative scales, a significant portion of these studies remain limited to self-report outcomes. Researchers have frequently highlighted a discrepancy-or perception-performance gap-between pre-service teachers' high self-efficacy perceptions and their classroom practices. This study addresses this gap by investigating the following research questions: (1) Is there a significant difference between pre-service teachers' pre-test and post-test scores on the TPACK-Math Scale sub-dimensions? (2) How are the digital activity plans distributed across SAMR model levels? (3) What pedagogical profiles emerge when pre-service teachers' design approaches are examined within the TPACK and SAMR frameworks?

Method

This study employed an explanatory sequential mixed-methods design. In the quantitative phase, a single-group pre-test–post-test quasi-experimental design was used, while the qualitative phase adopted a case study design. The study group consisted of 67 second-year undergraduate students enrolled in elementary and secondary mathematics education programs at a public university in İzmir, Turkey, during the 2025–2026 academic year. For the qualitative phase, six participants were purposefully selected using criterion sampling based on their SAMR technology integration levels, representing three distinct pedagogical profiles: Transformation-Oriented (K1, K2), Enhancement-Oriented (K3, K4), and Mixed-Profile (K5, K6).

Quantitative data were collected using the TPACK-Math Scale (TPAB-Mat) developed by Önal (2016), a 59-item five-point Likert-type instrument with nine sub-dimensions and an overall reliability

coefficient of α = .97. Qualitative data were gathered through a researcher-developed SAMR-based Digital Activity Plan Technology Integration Assessment Rubric and semi-structured interviews.

A structured 12-week intervention was implemented. Following pre-tests in the first week, a nine-week TPACK- and SAMR-based pedagogical intervention was conducted, during which eight different mobile applications (GeoGebra Geometry, GeoGebra 3D, Desmos, Unit Circle Trigonometry, Mathigon/Polypad, Euclidea, Pythagorea, and Pythagorea 60°) were introduced and their pedagogical integration was modeled through sample digital activity plans. In week 11, participants designed their own digital activity plans, and in week 12, post-tests and interviews were administered.

Quantitative data were analyzed using paired-samples t-tests after verifying normality assumptions, with effect sizes calculated using Cohen's d. Qualitative data from digital activity plans were assessed using the SAMR rubric, and interview data were analyzed through a hybrid thematic analysis approach. Inter-coder reliability was calculated at 88% using Miles and Huberman's (1994) agreement formula.

Result and Discussion

Quantitative findings revealed statistically significant improvements across all TPACK sub-dimensions in favor of the post-test ($p < .001$). The highest effect size was observed in Technological Pedagogical Content Knowledge ($d = 0.89$), followed by Technology Knowledge ($d = 0.77$) and Technological Pedagogical Knowledge-Online ($d = 0.76$). These results are consistent with international studies demonstrating that well-structured TPACK training programs produce meaningful development across all knowledge components.

However, the qualitative findings exposed a critical perception–plan-level performance gap. SAMR analysis of 67 digital activity plans showed that more than half (55.2%) were concentrated at the enhancement levels (S+A), with 52.2% at the Augmentation level and no plan reaching the Redefinition (R) level. Regarding mobile application type, all Euclidea users (100%) and most Mathigon/Polypad users (87.5%) reached the Modification level, whereas 92.9% of Desmos users remained at the Augmentation level, suggesting that gamified and structured tools function as pedagogical scaffolds.

Thematic analysis of interview data revealed two distinct pedagogical orientations. The Transformation-Oriented group conceptualized technology as a cognitive partner through which students discover geometric relationships via manipulation, while the Enhancement-Oriented group positioned the same technology as a demonstration and modeling tool through which teachers transmit knowledge. This polarization demonstrates that self-report scales have structural limitations in capturing actual pedagogical dispositions. The Mixed-Profile group exhibited both enhancement

and transformative tendencies across different contexts, supporting the view that the SAMR model functions as a flexible, context-dependent process rather than a rigid ladder.

This perception–plan-level performance gap can be theoretically explained through the metacognitive calibration literature. Following Kruger and Dunning's (1999) framework, some participants who showed marked increases in self-reported TPACK scores yet remained at enhancement SAMR levels may have been exhibiting a metacognitive calibration error. Nevertheless, following Klassen and Chiu (2010), increased self-efficacy perceptions-even when not yet translated into plan-level performance-may serve as precursors to future pedagogical risk-taking and innovative teaching attempts.

In conclusion, this study demonstrates that an integrated instructional process combining TPACK and SAMR frameworks strongly supports pre-service teachers' digital pedagogical perceptions. However, increased perceptions do not automatically translate into plan-level pedagogical transformation, with a substantial proportion of participants continuing to position technology as a teacher-centered enhancement tool. Teacher education programs are recommended to systematically integrate student-centered design experiences, deliberate practice in transitioning between SAMR levels, and reflective mechanisms such as video-based microteaching and peer assessment. Future research should track the longitudinal trajectory of TPACK development, compare perceptions with actual classroom performance during practicum, and conduct cross-disciplinary comparative studies.

Limitations of the study include the use of a single-group pre-test–post-test design without a control group, which raises threats from maturation, testing, and history effects across the 12-week intervention; the asymmetry between a nine-dimensional self-report TPACK measure and a single plan-level SAMR output, such that the reported perception–performance gap should be interpreted cautiously in light of this measurement asymmetry; and the analytical decision to treat pre-service teachers from elementary and secondary mathematics teaching programs as a single pool, consistent with the source doctoral dissertation, rather than as separate subgroups. Future research should disaggregate these programs, complement self-report instruments with classroom observation data, and trace the longitudinal trajectory of TPACK development beyond the intervention.

Copyrights
Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License.

Canonical URL https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

J-EDUCAT: Journal of Educational Studies
J-EDUCAT: Eğitim Araştırmaları Dergisi
(ISSN: 3023-8145)
http://www.jeducat,com
Published: *01.11.2026*
Article Type: *Erratum*
Related Article DOI: *https://doi.org/10.5281/zenodo.20445515*
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License.

DÜZELTME (ERRATUM)

İlgili Makale: Futbol Oyun Görüntülerinde Otomatik Faul Tespiti için SqueezeNet Tabanlı Bir Derin Öğrenme Modeli

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.20445515

Yukarıda belirtilen makalenin yayımlanan sürümünde İngilizce genişletilmiş özet (Extended Abstract) yer almamaktadır. Söz konusu eksikliğin giderilmesi amacıyla makalenin İngilizce genişletilmiş özeti aşağıda sunulmuştur.

CORRECTION (ERRATUM)

Related Article: A SqueezeNet-Based Deep Learning Model for Automatic Foul Detection in Soccer Game Images

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.20445515

The published version of the above-mentioned article does not include the English extended abstract. To address this omission, the extended abstract is provided below.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Football is one of the most popular sports worldwide and has evolved into a global phenomenon followed by millions of people. Although football is commonly believed to have originated in England, its earliest known form was the Chinese game “Cuju,” which was played as a military training activity during the third century BC. Over time, football spread across different regions of the world and became an organized sport with standardized rules and institutional structures. In Türkiye, the first official football club was established in İzmir in 1894 by British residents, while the first football club founded by Turks was Black Stocking in İstanbul in 1901. The establishment of major clubs such as Beşiktaş, Galatasaray, and Fenerbahçe contributed significantly to the development of football in the country. The Turkish Football Federation was founded in 1923 and later became a

member of FIFA, which itself had been established in 1904 to regulate football worldwide and organize international competitions. The continuous development of football has also led to the evolution of its rules and officiating mechanisms. The International Football Association Board (IFAB) is responsible for determining and updating the Laws of the Game to ensure fairness, safety, and consistency across all levels of football. The implementation of these rules on the field is entrusted to referees, who play a crucial role in maintaining order, enforcing regulations, and ensuring fair competition. Football referees are expected to possess comprehensive knowledge of the rules, strong communication skills, leadership qualities, physical fitness, and the ability to perform effectively under psychological pressure. As football has become faster and more complex, the number of referees involved in officiating matches has increased, evolving from a single referee to assistant referees and, more recently, Video Assistant Referee (VAR) officials. One of the most challenging responsibilities of football referees is the identification of fouls. According to IFAB regulations, fouls include actions such as kicking, tripping, jumping at, pushing, striking, attempting to strike, or holding an opponent. Such violations are penalized through free kicks or penalty kicks depending on the location of the infringement. In contrast, legal play involves clean challenges directed primarily at the ball without careless, reckless, or excessively forceful contact. Fair play principles require players to respect the rules, protect opponents' safety, and maintain the continuity of the game. However, the increasing speed of modern football, the complexity of player interactions, and the limitations of human observation make foul detection difficult. Although technologies such as VAR and goal-line technology assist referees in reviewing critical incidents, they are generally limited to situations involving goals, penalties, red cards, and mistaken identity cases. Fouls occurring outside these situations often remain dependent on the referee's real-time judgment. Recent developments in artificial intelligence and computer vision have created new opportunities for supporting decision-making processes in sports. Artificial intelligence has already been utilized in areas such as talent identification, athlete performance analysis, and injury risk prediction. Nevertheless, its application during live football matches remains limited. This study addresses this gap by investigating the use of deep learning techniques for the automatic detection of fouls in football images. Among recent advances in computer vision, Convolutional Neural Networks (CNNs) have demonstrated remarkable success in image classification, object detection, and video analysis tasks. Following the success of deep architectures such as AlexNet, numerous CNN-based models have been developed. However, many of these models require substantial computational resources due to their large number of parameters. To overcome this limitation, SqueezeNet was introduced as a compact CNN architecture capable of achieving AlexNet-level accuracy while using significantly fewer parameters. The architecture relies on Fire modules consisting of squeeze and expand layers, intensive use of 1×1 filters, reduced channel dimensions, and delayed downsampling strategies. These design principles enable SqueezeNet to

maintain high classification performance while dramatically reducing computational complexity. In this study, football images collected for foul detection were classified using the SqueezeNet architecture, and the obtained results were analyzed and reported.

Method

This study employed SqueezeNet, a deep learning-based Convolutional Neural Network (CNN) architecture, to classify whether a football image contains a foul or not. SqueezeNet is a lightweight CNN model designed to maintain high classification accuracy while significantly reducing the number of trainable parameters. The architecture is based on three primary design strategies aimed at minimizing model size and computational complexity. The first strategy involves replacing as many 3×3 convolution filters as possible with 1×1 filters, thereby reducing the total number of parameters. The second strategy utilizes squeeze layers to decrease the number of input channels before applying 3×3 filters. These squeeze layers perform a dimensionality reduction operation before the expand layers. The third strategy postpones downsampling operations to deeper layers of the network, allowing higher-resolution feature maps to be preserved in the early stages and improving classification performance. The fundamental building block of SqueezeNet is the Fire module, which consists of a squeeze layer and an expand layer. The squeeze layer uses 1×1 convolution filters to reduce channel dimensions, while the expand layer employs both 1×1 and 3×3 convolution filters to enhance feature representation. This structure enables the model to maintain representational power while lowering computational costs. In this research, the SqueezeNet model was initialized with weights pre-trained on the large-scale ImageNet dataset. This transfer learning approach improves convergence speed and classification accuracy, particularly when working with limited datasets. The final classification layer of the pre-trained network was modified to match the binary classification task used in this study, namely “foul” and “no foul.” SqueezeNet contains approximately 1.2 million parameters, which is substantially fewer than traditional deep learning architectures. Despite having nearly 50 times fewer parameters than AlexNet, it can achieve comparable accuracy levels. The model was implemented and trained in MATLAB. Image data were resized appropriately before being fed into the network, and the dataset was divided into training, validation, and test subsets. Model performance was evaluated using the accuracy metric.

Result and Discussion

The proposed SqueezeNet-based deep learning model was evaluated on a dataset consisting of 716 football images, including 461 foul situations and 255 non-foul situations. The dataset was divided into training and testing subsets using a 70%–30% split. The model was trained in MATLAB using the default SqueezeNet configuration with five epochs and a batch size of 64. To ensure reliability, the experiments were repeated ten times under the same conditions, and the average

results were reported. The experimental findings demonstrated that the model achieved a mean training accuracy of 97.21%, a validation accuracy of 96.57%, and a test accuracy of 95.42%. Analysis of the confusion matrix showed balanced performance across both classes without noticeable bias. The model correctly identified 90 foul images while misclassifying only two foul cases as non-fouls. Similarly, 48 non-foul images were classified correctly, with only three images incorrectly predicted as fouls. Performance metrics calculated from the confusion matrix yielded a precision value of 96.77%, a recall value of 97.83%, and an F1-score of 97.30%, confirming the effectiveness of the proposed approach in foul detection. The results were found to be consistent with recent studies in the literature that employed architectures such as DenseNet121, EfficientNetV2, ResNet50, YOLO, and Faster R-CNN for football foul detection. The achieved test accuracy above 95% indicates that the model can successfully generalize to previously unseen data. Furthermore, the small difference between training and validation accuracies suggests that overfitting was largely avoided during the learning process. The study concludes that SqueezeNet provides a reliable and computationally efficient solution for automatic foul detection in football images. Its low parameter count, approximately 1.2 million parameters, makes it suitable for real-time sports analysis applications. Future research may focus on larger and more balanced datasets, data augmentation techniques, comparative evaluations with alternative architectures, and video-based real-time foul detection systems for referee support and sports analytics applications.