



Investigation Relations between the Technological Pedagogical Content Knowledge Efficacy Levels and Self-Efficacy Perception Levels of Pre-Service Mathematics Teachers*

Kübra AÇIKGÜL^{a*}, Recep ASLANER^b

^a İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Malatya/Türkiye

^b İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Malatya/Türkiye



Article Info

DOI: 10.14812/cufej.409949

Article history:

Received 09.04.2018

Revised 05.01.2019

Accepted 25.03.2019

Keywords:

Technological Pedagogical Content Knowledge,
Pre-service Mathematics Teacher, Efficacy,
Self-efficacy.

Abstract

The purpose of the study is to determine relationships between the pre-service math teachers' TPACK efficacy and self-efficacy perception levels. In the study it was focused on the polygons one of the geometry subjects, and pre-service teachers' Content Knowledge (CK), Pedagogical Content Knowledge (PCK), Technological Content Knowledge (TCK), and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) levels were examined. Correlational research approach was used in the research. The participants composed of 88 pre-service teachers who were attended in Special Teaching Methods II course. In order to evaluate the pre-service teachers' CK, PCK, TCK, TPACK efficacy levels in the collection of data, Multiple Choice Achievement Test on Polygons, Question Forms, Lesson Plan Preparation Method and Participant Report were used. Also TPACK Regarding Geometry Instrument was used to evaluate pre-service teachers' TPACK self-efficacy levels. In conclusion according to the results obtained from different data sources in the study, for the TPACK efficacy scores and self-efficacy scores there is no statistically significant relation for both pre-test and post-test.

Matematik Öğretmen Adaylarının Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Yeterlilik Düzeyleri ve Öz-Yeterlilik Algı Düzeyleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi

Makale Bilgisi

DOI: 10.14812/cufej.409949

Makale Geçmişi:

Geliş 09.04.2018

Düzeltilme 05.01.2019

Kabul 25.03.2019

Anahtar Kelimeler:

Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi,
Matematik Öğretmen Adayı,,
Yeterlilik,
Öz-yeterlilik.

Öz

Bu araştırmanın amacı, ilköğretim matematik öğretmen adaylarının Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) yeterlilik düzeyleri ve TPAB öz-yeterlilik algı düzeyleri arasındaki ilişkileri belirlemektir. Araştırmada geometri konularından biri olan çokgenler konusu üzerinde durulmuştur ve öğretmen adaylarının Alan Bilgisi (AB), Pedagojik Alan Bilgisi (PAB), Teknolojik Alan Bilgisi (TAB) ve Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) düzeyleri incelenmiştir. Araştırmada korelasyonel araştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Araştırmanın katılımcılarını Özel Öğretim Yöntemleri II dersini alan 88 ilköğretim matematik öğretmen adayı oluşturmuştur. Verilerin toplanması aşamasında öğretmen adaylarının AB, PAB, TAB, TPAB yeterlilik düzeylerinin belirlenmesi için Çokgenler Konusunda Çoktan Seçmeli Başarı Testi, Soru Formları, Ders Planı ve Katılımcı Raporu kullanılmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının TPAB öz-yeterlilik algı düzeylerinin belirlenmesi için Geometri Konusunda TPAB Ölçeği kullanılmıştır. Özetle araştırmada farklı veri kaynaklarından elde edilen sonuçlara göre, hem ön test hem de son test puanları için TPAB yeterlilik puanları ve öz-yeterlilik algı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.

* Bu çalışma birinci yazarın doktora tez çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır.

*Author: kubra.acikgul@iionu.edu.tr

Introduction

Technological Pedagogical Content Knowledge is a theoretical framework, which is utilized for determining what teachers should know to use technology effectively in teaching or developing an effective teaching for a specific subject (Akkoç, 2011). Technological Pedagogical Content Knowledge model was introduced into the field of educational studies by Matthew J. Kohler and Punya Mishra (Koehler and Mishra, 2005) in 2005 as a theoretical framework to understand the necessary teacher knowledge for integration of technology (Agyei and Voogt, 2012; Graham, 2011). Later, in 2006 TPACK model was published as a theoretical framework that addresses necessary field knowledge teachers should obtain in order to integrate technology effectively (Mishra and Koehler, 2006).

Theoretically, TPACK was structured on theoretical framework of Pedagogical Content Knowledge (PCK) defined by Shulman (1986) (Koehler and Mishra, 2005, 2009). Theoretical framework of TPACK is based on the ground that teachers' knowledge is necessary for teaching in technologically enhanced environments have three sources, namely content knowledge, pedagogical knowledge and technological knowledge, and focused on the relationships and interactions between these components (Abbitt, 2011a, 2011b; Harris, Mishra and Koehler, 2009; Koehler and Mishra, 2005, 2009; Mishra and Koehler, 2006; Schmidt et al., 2009).

Within this context, theoretical framework of TPACK presents seven fields including content, pedagogical and technological knowledge and intersections of these fields: Content Knowledge, Pedagogical Knowledge, Technological Knowledge, Pedagogical Content Knowledge, Technological Content Knowledge, Technological Pedagogical Knowledge and Technological Pedagogical Content Knowledge (Koehler and Mishra, 2009; Mishra and Koehler, 2006). TPACK, however, does not only focus on what teachers should know, it is also a useful framework that teachers can utilize while thinking about how to develop this knowledge (Schmidt et al., 2009). Although TPACK framework is relatively new (Abbitt, 2011a), it has been accepted as a theoretical structure that provides an explanation for teacher knowledge in effective integration of technology; and it has commonly been cited in teacher training programs which aim to provide technological knowledge and skills to prospective teachers since it was introduced into the literature (Alayyar, Fisser and Voogt, 2012; Baran and Canbazoglu Bilici, 2015). The importance of developing methods to measure TPACK in research has been emphasized, since the knowledge teachers should have in the integration of technology process is being addressed within TPACK structure (Graham et al., 2009; Schmidt et al., 2009).

Methods for TPACK Measurement

With the technological developments affecting mathematics education, the interest in and the importance given to the use of technology in many branches of mathematics have been increasing (Habre and Grundmeier, 2007; Laborde, 2003). Responsibility for the use of technology effectively is given to mathematic teachers (NCTM, 2000). With the responsibility given to the teachers during the process of integration of technology, it is considered significant that mathematics teachers and pre-service teachers have the qualifications regarding content, pedagogy, technology fields and intersection and combination of these fields (TPACK) (Niess, 2005; Niess et al., 2009). Also in studies conducted with mathematics pre-service teachers, the effect of their own fields' structure is claimed to be important on their TPACK development (Niess, 2005). This situation brought out the importance of measuring TPACK of pre-service teachers exclusively based on their fields.

Outlines of the methods used for measuring TPACK share similarities with evaluation methods of teacher efficiency (Alshehri, 2012). Based on the history of utilizing survey methods for teachers' technological integration levels, researchers started studying for developing survey/scale that evaluate teachers' and pre-service teachers' TPACK levels (Schmidt et al., 2009). As a reflection of the general tendency to use survey/scale to measure TPACK, in most studies conducted with pre-service teachers surveys/scales were developed in order to measure pre-service teachers' TPACK levels (Abbitt, 2011a; Archambault and Crippen, 2009; Baran, Chuang and Thompson, 2011; Graham et al., 2009; Jang and Tsai, 2012; Schmidt et al., 2009). Measuring TPACK via survey/scale has been considered useful, since it

provides the opportunities for collecting the data sufficiently and easily and measuring TPACK again and again (Abbitt, 2011b). Surveys providing the opportunity to measure and examine the TPACK of a big group is claimed to be one of the reasons for them to be preferred regularly (Archambault and Crippen, 2009). Also with the potential of TPACK surveys/scales' being applied in different content and technologies, they have been considered as data collection tools that can be utilized on a more general and abstract level (Agyei and Keengwe, 2014). As a result, in studies self-report forms that use surveys and scales have become the most used data source in determining TPACK (Archambault and Crippen, 2009; Lyublinskaya and Tournaki, 2015; Voogt, Fisser, Pareja Roblin, Tondeur, Van Braak, 2013).

Even though, TPACK framework in effective technology integration is a model that addresses teacher knowledge, data collected through measuring tools such as surveys/scales have reflected the perception levels of pre-service teachers rather than their knowledge levels and in studies participants' TPACK scores were treated as their perception scores (Açıkgül and Aslaner, 2015; Koehler and Mishra, 2005; Şad, Açıkgül and Delican, 2015). Also in studies self-efficacy concept within the Social Learning Theory by Bandura (1977) has been considered as an important factor that affects integration of technology into the class by teachers (Abbitt and Klett 2007; Abbitt, 2011a; Wang, Ertmer and Newby, 2004). As a result, some researchers have addressed TPACK perception under the self-efficacy structure (Aquino, 2015; Canbazoğlu Bilici, Yamak, Kavak and Guzey, 2013; Niess, Van Zee and Gillow-Wiles, 2010).

On the other hand, determining TPACK levels mostly by using survey/scale is criticized by several researchers. Voogt et al. (2013) claimed that evaluating TPACK levels with self-report forms like survey/scale causes confusing teacher knowledge with belief. Abbitt (2001b) stated that the ability of self-reporting tools like surveys for representing knowledge levels regarding TPACK are limited with participants' ability to evaluate their own knowledge and to reflect in a manner suitable for the survey. Similarly in their study Archambault and Barnett (2010) addressed the inability to measure behavior that is directly observed as a limitation and because of this reason asked the participants how they perceive their knowledge levels through scaling. Şad et al. (2015) suggested TPACK framework is limited by the concept of knowledge and mentioned the difficulty of measuring knowledge in practice; also stated that this situation leads the researchers to ask indirect questions regarding participants' perception in determining TPACK levels.

While in their study Agyei and Keengwe (2014) did not ignore the benefits of surveys that enabled the participants to reflect their awareness and increased confidence about their TPACK, they supported the use of measurement tools, through which pre-service teachers can display their TPACK. Abbitt (2011a) stated that both knowledge and belief measurements would provide unique and informative understanding for preparing teachers, who utilize technology to form an interesting and effective class environment. Researcher also claimed that examining the relationship between knowledge and self-efficacy beliefs about technology integration might provide a unique connection between these two research fields. Spazak (2013) argued that a potential relationship between pre-service teachers' TPACK and their self-efficacy regarding technology would provide insight to the effective use of technology. Abbitt (2011b), however, pointed out that the contribution of a pre-service teachers' TPACK perception level to their ability to plan the use of technology effectively in teaching is mostly ambiguous. Akyüz (2018) stated that in the literature emphasis placed on the relationship between TPACK scores based on performance regarding use of technology in teaching and TPACK scores based on self-evaluation but it is still a subject that is mostly neglected. Indeed, when the literature was reviewed, a limited number of studies about this subject was encountered (Agyei and Keengwe, 2014; Akyüz, 2018; Kopcha, Ottenbreit-Leftwich, Jung and Baser, 2014).

The aim of study by Kopcha et. al. (2014) is to determine the relationship between the pre-service teachers' TPACK performance and perception scores. Researchers conducted their study with 27 pre-service teachers (24 primary school pre-service teachers, 3 pre-school pre-service teachers), who took introduction to technology integration course. In the research lesson plans prepared by pre-service teachers were determined through performance evaluation rubric developed by Harris, Grandgenett and Hofer (2010); and their perceptions were determined through the TPACK scale developed by Schmidt et

al. (2009). Study examined the relationships between obtained TPACK scores. In their study Agyei and Keengwe (2014) investigated the relationship between mathematics pre-service teachers' TPACK learning outputs (Lesson plan rubric, TPACK observation rubric, product evaluation rubric) and scores obtained from self-report forms regarding their TPACK. In the study 104 final year pre-service teachers, who attended Instructional Technology course, prepared lesson plans and activities supported by electronic spreadsheet programs, implemented and also revised them based on feedback. Findings of the study were obtained by 5 different data collection tools used for evaluating pre-service teachers learning outcomes and TPACK developments; namely TPACK lesson plan rubric, TPACK observation rubric, product evaluation rubric, ICT skills test and TPACK scale. The research examined the relationships between TPACK scores obtained from different data collection tools.

Only one study (Akyüz, 2018) conducted in our country studied the relationship between different TPACK measurement methods. In her study Akyüz (2018) examined the relationship between TPACK scores of 9 mathematics pre-service teachers based on performance and self-evaluation. Study was conducted with pre-service teachers, who attended the selective "Exploring Geometry with Dynamic Geometry Applications" course. While the participants' performance scores were obtained through the analyses of lesson plans, activity pages and dynamic geometry software files, their self-evaluation scores were determined using TPACK scale developed by Schmidt et al. (2009). Researcher interpreted the relationship between TPACK measurements by comparing mean scores of TPACK performance and TPACK self-evaluation.

To sum up, statements reveal the importance of investigating the relationships between TPACK scores, which are indicators of mathematics pre-service teachers' knowledge, skill and performance regarding use of technology in teaching, and TPACK scores based on pre-service teachers' self-evaluation for realizing the effective integration of technology. But the limited number of studies about this subject show the necessity for investigating the relationship between TPACK scores obtained by various measurement tools, in order to have more and detailed information about these relationships. Thus Akyüz (2018) put emphasis on the need for more research investigating the relationships between scores obtained from various self-evaluation and performance evaluation tools, when determining TPACK levels of pre-service teachers. Within this context in this research investigating the relationships between TPACK self-efficacy levels and TPACK efficacy levels indicating mathematics pre-service teachers' knowledge, skill and performances regarding technology integration through various measurement tools is considered important.

In order to identify the measurement tools used for determining TPACK levels of pre-service teachers literature was reviewed. For determining TPACK levels studies have suggested self-evaluation tools (survey/scale, interview, diaries etc.) in addition to classroom observations, performance evaluation scales/rubrics (classroom observations, lesson plans, works of students, class activities and evaluation of teaching materials) and tools like question forms with open ended questions etc. (Abbitt, 2011b; Agyei and Keengwe, 2014; Alshehri, 2012; Harris et al., 2010; Koehler, Shin and Mishra, 2012; Lyublinskaya and Tournaki, 2015). Among the aforementioned measuring tools performance evaluation tools are considered important for understanding practical applications of TPACK and observe their TPACK development by examining pre-service teachers' design and planning process (Abbitt, 2011b). In fact in their study, within which they examined various approaches used for measuring TPACK, Koehler et al. (2012) stated that self-evaluation and performance evaluation are widely used for determining TPACK. The researchers, however, have revealed that question forms consisting of open ended questions are the least popular measuring tool and argued the reason behind this might be the difficulty to code and analyze the data from open ended questions. In this study to determine the TPACK efficacy levels of pre-service teachers multiple choice test, question form with open ended questions, lesson plan and participant report and to determine their TPACK self-efficacy perception levels Likert type scale were used. By examining relationships between TPACK efficacy and self-efficacy perception scores obtained from different data sources, it was believed that a deeper understanding regarding pre-service teachers TPACK would be gained and more detailed and reliable results would be acquired.

In her literature review article Yiğit (2014) stated that there is a limited number of studies about how to measure mathematics pre-service teachers' TPACK developments and measurement tools in those studies are not clearly defined. Within this context it is considered significant to make the measurements with data sources, which have clearly defined intended aims and development processes. This way it is thought that the study would contribute to the literature regarding the data sources, which can be used to measure mathematics pre-service teachers' TPACK.

On the other hand, the necessary teacher knowledge for integrating technology effectively and the ways teachers utilize technology can differ in different content fields (Graham et al., 2009; Harris, et al., 2009). This situation reveals the importance and necessity of defining and addressing TPACK exclusively for each field (Agyei and Keengwe, 2014; Graham et al., 2009; Harris et al., 2009; Schmidt et al., 2009). It is thought that the most affected field from the use of technology in mathematics education is geometry (Açıkgül, 2012), and studies mention the potential of technology in teaching and learning geometry (Lai and White, 2012; Leung, 2008; Mariotti, 2000; Straesser, 2001). Studies also showed the benefits of using technology while teaching and learning the subject of polygons, one of the subjects in geometry (Erez and Yerushalmy, 2006; Jones, 2001; Kordaki and Balomenou, 2006). So in this study examining pre-service teachers' TPACK levels on a subject, where technology is effective, was considered important; the relationships between pre-service teachers' TPACK efficacy levels regarding the subject of polygons and their TPACK self-efficacy perception levels regarding the subject of geometry were investigated.

In their study Voogt et al. (2013) suggested that a teachers' TPACK can be evaluated better, if the meaning of TPACK is better understood in specific subject fields. Based on this knowledge while evaluating pre-service teachers' TPACK regarding polygons in this study, dimensions consist of Content Knowledge (CK) were focused on and Content Knowledge (CK), Pedagogical Content Knowledge (PCK), Technological Content Knowledge (TCK) and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) dimensions were examined.

Method

Correlational research approach was used in this study. In correlational research, the relationships between two or more variables are examined and the level of relationship between these variables is explained by using correlation coefficient (Fraenkel, Wallen and Hyun, 2012, p. 331).

Participants

This research was conducted with 88 pre-service teachers (female=72, male=16), who were juniors in Elementary Mathematics Education Department attending Special Teaching Methods II course at a middle sized university in Eastern Anatolia Region.

The prerequisite of being a participant was to have already attended Special Teaching Methods I course and pre-service teachers took part in the study voluntarily. Pre-service teachers were randomly assigned into 4 groups (G1, G2, G3, G4). In all groups pre-service teachers practiced exercises aimed at utilizing technology for teaching the subject of polygons.

The Course of the Study and the Role of the Researcher

Special Teaching Methods course is given in fall and spring semesters as Special Teaching Methods I and Special Teaching Methods II. The subjects of Special Teaching Methods I course are the importance, necessity and basic goals of mathematics teaching, approaches, strategies, methods and techniques used in mathematics teaching and materials used in mathematics teaching. The focus point of the course is the use of technology in mathematics teaching. Dynamic Geometry Software (GeoGebra), which is used to teach geometry, was also practically introduced.

Special Teaching Methods II course included Micro Teaching Applications regarding technology supported teaching of 7th grade polygons subject. Micro Teaching Application courses consisted of subject teaching, video watching, evaluation and discussion parts. Also during Micro Teaching Applications two of the groups (G2, G4) were provided with technological support by supplying them

GeoGebra materials developed by the researchers. Pre-service teachers in the other groups mostly used GeoGebra program during Micro Teaching Applications, while teaching polygons. On the other hand, in two groups (G1, G4) TPACK game activities were implemented. TPACK Game was introduced by Judi Harris, Punya Mishra and Matt Koehler (Hofer, 2015; Mishra, 2010, 2013; Richardson, 2010). For TPACK Game a game page including bags with 7th grade polygons subject learning outcomes; teaching model, method and techniques; technologies was prepared. By clicking on the bags pre-service teachers picked random cards. After that pre-service teachers discussed their ideas regarding the effectiveness of a potential course design -keeping in mind the mathematical content of the chosen learning outcome, limitations and advantageous aspects of pedagogy or technology components- that could be structured using the chosen components together.

First researcher was also the operator of the research in every group. During the Micro Teaching Applications course researcher participated as an observer. While pre-service teachers performed their lesson plans during Micro Teaching Applications, researcher recorded the process by taking observation notes. During this process the researcher did not interrupt the pre-service teachers in any way but provided technical support about electronics, if pre-service teachers needed it. During the video watching stage, researcher watched the videos with pre-service teachers and filled TPACK Micro Teaching Evaluation Rubric. In discussion stage, she took the role as moderator. In this stage she discussed the effectiveness of the course with pre-service teachers. In TPACK Games stage the researcher did not intervene in choices and discussions of pre-service teachers. In all groups data sources were practiced in the same environment and by the same researcher, in order to avoid location and practitioners threats. Also during data analysis categorization was not made by groups, evaluations were made randomly by covering the names of the participants.

Data Collection

In the research pre-service teachers' TPACK efficacy and TPACK self-efficacy perception levels were measured twice at the beginning and at the end of Special Teaching Methods II course. During the process between pre-test and post-test pre-service teachers performed activities aimed at the use of technology in mathematics classes. Data sources used for determining pre-service teachers' TPACK efficacy and TPACK self-efficacy perception levels are introduced below.

Multiple Choice Achievement Test Regarding the Subject of Polygons

For the study a multiple choice achievement test regarding the subject of polygons on 7th grade level was developed, in order to determine pre-service teachers' CK efficacy levels. The draft achievement test including 57 items and 5 choices was evaluated by 3 faculty member specialized in geometry, mathematics education and program development fields and 2 mathematics teachers in terms of content and face validity, comprehensibility and conformability to the target population; and 2 questions with Content Validity Index (CVI) lower than 0,6 were removed from the test. This way draft form with 55 questions was formed (Davis, 1992). After that items were reviewed by 5 pre-service teachers to check the comprehensibility. Pilot scheme was conducted with 312 pre-service teachers enrolled in Elementary Mathematics Education Department (N1.year = 72, N2.year= 56, N3.year = 87, N4.year = 97).

As a result of the evaluation regarding the construct validity of the test, 16 items with item discrimination index lower than 0,30 were removed from the test and item discrimination index of the test was calculated as ,467. Item discrimination index of test items vary between ,319 and ,770. These scores show that distinctiveness level of the test is perfect and items have good and perfect levels (Ebel and Frisbie, 1986). Item difficulty index of the final test, which includes 39 items, was calculated ,767. This score shows that the test, which was developed in accordance with learning outcomes on 7th grade level, is an easy test for the pre-service teachers (Hingorjo and Jaleel, 2012). Pre-service teachers finding the achievement test easy developed within the scope of learning outcomes on secondary school level was expected. Item-total correlation coefficient for the achievement test was calculated ,317. Within the reliability studies, internal consistency coefficient was calculated KR20 and reliability coefficient was

calculated ,765. Minimum value of reliability coefficient is expected to be ,70 (Wells and Wollack, 2003). This determines that the achievement test is reliable.

Question Forms

For the research question forms consist of open ended questions were developed, in order to measure pre-service teachers PCK, TCK, TPACK efficacy levels. The draft form included 27 questions in total; 9 for PCK, 9 for TCK and 9 for TPACK.

Draft form was evaluated by 2 mathematics teachers, 1 assessment and evaluation and 1 education sciences specialist in terms of content validity, comprehensibility and conformability to assessment and evaluation principles; 6 items with CVI scores lower than 0,8 were removed from the form (Davis, 1992). As a result, there were 7 items in PCK dimension, 7 items in TCK dimension and 7 items in TPACK dimension remained. 21 item question form was divided into three parts, as Question Form 1, Question Form 2 and Question Form 3.

After third adjustment question forms were carried out with 8 final year pre-service teachers, who attended Special Teaching Methods course. The answers were examined by the researcher and one mathematics education specialist and the forms were finalized. Below the content of the questions are explained in terms of the dimensions.

PCK Dimension: In order to determine pre-service teachers PCK efficacy levels, questions about general aims of Secondary School Mathematics curriculum, basic skills predicted to be gained, learning domains, learning domain/domains including the subject of polygons, on which grade level are the learning outcomes regarding polygons and content, the knowledge students are supposed to learn within the scope of an unit about polygons were prepared.

TCK Dimension: In order to determine pre-service teachers' TCK efficacy levels, questions about technologies used for mathematics subjects (tools/software), general technological tools, the differences between technological tools used for making mathematics and technological tools used for teaching mathematics, "Mathematical Appropriateness" concept that is required for technologies used for mathematical subjects, definition and features of Dynamic Geometry Software, concepts of drawing, geometric shape and dynamic shape were prepared.

TPACK Dimension: In order to determine pre-service teachers TPACK efficacy levels, questions about definition of Technology Supported Mathematics Teaching, the aims, advantages and disadvantages of using technology in mathematics teaching and how technology is used in mathematics teaching, advantages and disadvantages of using technology in teaching the subject of polygons were prepared.

Lesson Plan and Participant Report

Lesson plan preparation methods was used to determine pre-service teachers' CK, PCK, TCK and TPACK efficacy levels about the subject of polygons. While preparing the plan Van der Valk and Broekman's (1999) lesson plan preparation method, which they used in their studies, was used. Pre-service teachers were asked to prepare a plan, where technology is used to achieve a chosen learning outcome about 7th grade polygons subject. After the plans were prepared, pre-service teachers filled out a participant report including questions about the plan they prepared. Data obtained from participant reports were used to support the data obtained from the analyses of the lesson plans.

Before developing the participant report, 3 pre-service teachers attended the Special Teaching Methods course were asked to prepare lesson plans. During the analysis made for determining pre-service teachers' CK, PCK, TCK and TPACK levels, points, where detailed information would be needed in the parts clear inferences cannot be made, were determined. Based on the examinations hold on prepared lesson plans, questions in the participant report were prepared. In participant reports participants were asked to explain their reasons for choosing content, pedagogy and technology components, the ways they used them, superior aspects and limitations of the chosen pedagogy and technologies, the troubles they had during the preparation lesson plan and the accordance between the chosen content, pedagogy and

technology components. Before using the participant report form 2 specialists in mathematics education evaluated the items in terms of content, expediency, comprehensibility, language and expression. Edited based on the feedback from the specialists, participant report was also examined by 3 pre-service teachers, who prepared the lesson plans. Form was edited again based on the views of pre-service teachers.

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Scale about Geometry

In order to determine pre-service teachers' self-efficacy perceptions regarding their TPACK in geometry teaching, items from CK, PCK, TCK, TPACK dimensions in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) scale about geometry developed by Bulut (2012) was used. After the pre-test for determining whether the 4 dimensional structure of the scale is valid and reliable for the participants, validity and reliability studies were conducted.

To examine the construct validity, it was decided to make a confirmatory factor analysis. Correlation between variables, nonexistence of extreme and missing values, normal distribution of data set, sample size and sampling adequacy (KMO=,921 and Bartlett's test for sphericity $\chi^2= 2199,613$; $df=406$; $p=,000$) showed that data set is suitable for factor analysis (Field, 2005). During confirmatory factor analysis, realizing the modification suggestions provided by the program improved the model. Goodness of fit values measured in consequence of modifications (between 27-28. items in TPACK dimension) calculated as $\chi^2/df=1,54$, $p=,000$, RMSEA=,079, NFI=,94, CFI=,98, GFI=,68, RMR=,065.

In the literature for goodness of fit values CFI >,90, GFI>,90, RMSEA<,08, NFI>,90 RMR<,08 are indicated as acceptable criteria equals (Brown, 2006; Hair, Black, Babin, Anderson and Tatham, 2006; Hooper, Coughlan and Mullen, 2008; Tabachnick and Fidell, 2007). Comparing the criteria equals to the CFI, RMSEA, NFI, RMR values obtained from the study validated the model. But it was found out that GFI value calculated as , 68 is pretty low than the criteria equals. GFI index is not independent from sample size, rather it is strongly affected by it and intended values are obtained in cases of big sample sizes (Anderson and Gerbing, 1984; Hooper et al., 2008; Shevlin and Miles, 1998). On the other hand, even though, in the literature the ideal sample size for confirmatory factor analysis in terms of the fitness of sample size is designated as 300 (Hair et al., 2006), in this study confirmatory factor analysis was carried out with N=88 participants. GFI value is believed to be low, since the participant number is a lot smaller than the number accepted as the suitable sampling size. Within this context examining the other fit indices, it was concluded that the values obtained from participants validate the 4 factor structure.

Cronbach alpha values for reliability of TPACK scale about geometry were measures $\alpha=,904$ for CK dimension, $\alpha=,916$ for PCK dimension, $\alpha=,892$ for TCK dimension and $\alpha=,933$ for TPACK dimension. These values show the reliability of the scale (Kline, 2011).

Data Analysis

In this research data analysis was carried out in two stages. First qualitative data were quantified and then quantitative data were analyzed by using appropriate statistical tests. For the aims of this research pre-service teachers were divided into 4 groups. Implementation processes were slightly different in each group. But in all groups pre-service teachers basically planned and implemented technology supported courses about the subject of polygons. Since participation of pre-service teachers in technology supported teaching processes is considered important in this study, data analysis was made with data set of 88 participants and examination on the basis of groups were not made.

Quantification of Qualitative Data

In the achievement test "correct" answers were given 1 point and "wrong" answers were given 0 points. TPACK Scale about Geometry was quantified by giving 1 point to Strongly disagree, 2 points to Disagree, 3 points to Somewhat disagree, 4 points to Somewhat agree, 5 points to Agree and 6 points to Strongly agree.

Analysis of the data obtained from question forms were made by 2 raters, who are knowledgeable with theoretical framework of TPACK and technology use in the subject of polygons. In order to determine reliability among raters, Intraclass Correlation Coefficient was calculated. Calculated values were between ,862 and ,999. In this case it can be claimed that concordance among raters is on a satisfactory level and ratings are reliable (Szymanski and Linkowski, 1993; as cited in: Deliceoğlu, 2009). After determining the concordance coefficient between raters, 2 raters got together, discussed about the disagreed points and came to a consensus about the final points.

For the analysis of lesson plan and participant reports TPACK Efficacy Evaluation Rubric designed by the researchers was used. While the items of TPACK Efficacy Evaluation Rubric were prepared, lesson plans prepared by pre-service teachers and participant reports were examined. Based on theoretical framework of TPACK and examination of lesson plans, rubric items were prepared so that they include basic outcomes in CK, PCK, TCK, TPACK dimensions. Ultimately 16 item grading key was prepared, including 3 items for CK dimension, 5 items for PCK dimension, 3 items for TCK dimension and 5 items for TPACK dimension. Criteria determined for each dimension are explained below.

1. CK dimension: scientific efficacy; consistency; command of mathematical content,

2. PCK dimension: explained mathematical contents' inclusiveness level of the mathematical content of the learning outcome; concordance between the learning outcome and teaching strategy, methods, techniques; command of the features of teaching strategy, methods and techniques; use of teaching strategy, methods and techniques in such a way that learning outcome is realized; concordance between learning outcome and assessment and evaluation approaches,

3. TCK dimension: being knowledgeable about technologies specific for mathematical content; command of the features of technologies specific for mathematical content; level of technology use in the manner that it involves mathematical content,

4. TPACK dimension: being knowledgeable about technologies used for the realization of the learning outcome; command of the features of the technologies used for the realization of the learning outcome; concordance between the strategy, method, technique and technologies used for teaching and the learning outcome; use of teaching strategy, method, techniques and technologies in the manner that it realizes the learning outcome; concordance between the learning outcome and approaches and technologies used in assessment and evaluation process.

Expert opinion was received for content and construct validity and reliability studies of prepared TPACK Efficacy Evaluation Rubric. Based on the expert opinions evaluation criteria for each item was determined as; "Completely (3 points)", "Highly (2 points)", "Partially (1 point)" and "None (0 point)".

In order to determine the rater reliability of TPACK Efficacy Evaluation Rubric, researcher graded the lesson plans and participant reports obtained from pre-test and post-test (Npre=88, Npost=88) twice, one month apart. The concordance between the scores of the researcher was examined by calculating correlation coefficients. Before calculating the correlation coefficients, it was investigated whether the data sets validate the normal distribution assumptions (Field, 2005). In the cases assumptions were validated, Pearson Correlation Coefficient was calculated; in cases assumptions were not validated, Spearman Correlation Coefficient was calculated. Examinations showed that points given to TCK1 item in post tests are not normally distributed (TCK1skewness= 2,431, TCK1kurtosis= 9,376, $p=,000$). Data obtained for other items show a normal distribution and through scatterplots, it was determined that relationship between scores obtained from two scorings is linear. Because of this reason for correlation values Spearman's Rank Difference Correlation Coefficient for TAB1 item and Pearson Correlation Coefficient for the rest of the items were calculated. Correlation coefficient values are ranging between ,837 and 1.00 shows that there is a high level relationship between two scorings (Cohen, 1988; Field, 2005).

Analysis of Quantitative Data

In order to determine whether there is a significant correlation between pre-service teachers' TPACK efficacy and self-efficacy perception scores, Pearson Correlation Test was run. For examining the normal distribution while determining the conformity of the data set, researchers paid attention to having skewness and kurtosis coefficient values between -2 and +2 (Cameron, 2004) and mode, median, mean, trimmed mean values were checked. Also histogram and Q-Q plot graphics and scatter graphics were examined and it was determined that data set is suitable for Pearson Correlation test. At this stage 24 relationship tests were applied and in order to prevent the increase in Type 1 error rate, which would affect the results of the study, Bonferroni correction was used and α was found 0,002 ($=0,05/24$) (Abdi, 2010).

Correlation coefficients were calculated separately for pre-tests and post-tests. Obtained correlation coefficients are interpreted as follows; $r=,10-,.29$ "small", $r=,30-,.49$ "medium" and $r=,50-1,0$ "large" level relationship (Cohen, 1988).

Result

Table 1 presents findings regarding the existence of a statistically significant correlation between pre-service teachers efficacy scores acquired from Achievement Test (AT) and Question Forms (QF) and efficacy scores acquired from Lesson plan (LP) and Participant Reports (PR) in CK, PCK, TCK and TPACK dimensions.

Table 1.

Relationship between TPACK Efficacy Levels Obtained From Achievement Test and Question Forms and TPACK Efficacy Levels Obtained From Lesson Plan and Participant Reports

		Variables							
		CK _{LP and PR}		PCK _{LP and PR}		TCK _{LP and PR}		TPACK _{LP and PR}	
		r	p	r	p	r	p	r	p
CK _{AT}	Pre-test	,092	,394						
	Post-test	,099	,360						
PCK _{QF}	Pre-test			,120	,265				
	Post-test			,328	,002				
TCK _{QF}	Pre-test					,188	,079		
	Post-test					,281	,008		
TPACK _{QF}	Pre-test							,100	,353
	Post-test							,306	,004

$p < ,002$

Examining Table 1 shows that for the scores obtained from pre-tests and post-tests there is not a statistically significant correlation between CK_{AT} and CK_{LP and PR}; PCK_{QF} and PCK_{LP and PR}; TCK_{QF} and TCK_{LP and PR}; TPACK_{QF} and TPACK_{LP and PR}. Looking at the relationship coefficients (r), a positive and small level relationship between pre-test efficacy scores obtained from achievement test and question forms and pre-test efficacy scores obtained from lesson plan and participant report in CK, PCK, TCK, TPACK dimensions was determined. Relationship coefficients between post-test efficacy scores show a positive and small level relationship in CK and TCK dimensions; and a positive and medium level relationship in PCK and TPACK scores.

Whether there is a statistically significant correlation between pre-service teachers' efficacy scores obtained from achievement test and question forms and self-efficacy perception scores obtained from TPACK scale in CK, PCK, TCK, TPACK dimensions presented in Table 2.

Table 2.
Relationship between TPACK Efficacy Levels Obtained from Multiple Choice Achievement Test and Question Forms and TPACK Self-efficacy Perception Levels Obtained from TPACK Scale

		Variables							
		CK _{TPACK scale}		PCK _{TPACK scale}		TCK _{TPACK scale}		TPACK _{TPACK scale}	
		r	p	r	p	r	p	r	p
CK _{KAT}	Pre-test	,167	,119						
	Post-test	,119	,271						
PCK _{QF}	Pre-test			,043	,689				
	Post-test			,035	,749				
TCK _{QF}	Pre-test					,023	,834		
	Post-test					,165	,125		
TPACK _{QF}	Pre-test							-,078	,469
	Post-test							,285	,007

p<,002

Table 2 shows that for the scores obtained from pre and post-tests there are no statistically significant correlations between CK_{KAT} and CK_{TPACK scale}, PCK_{QF} and PCK_{TPACK scale}, TCK_{QF} and TCK_{TPACK scale}, TPACK_{QF} and TPACK_{TPACK scale} (p>,002). Relationship coefficients (r) determined a positive and small level relationship between scores obtained from multiple choice achievement test and question forms and scores obtained from TPACK scale in CK, PCK and TCK dimensions in pre and post-tests. In TPACK dimension while a negative and small level relationship between scores in pre-test was determined, in post-test a positive and small level relationship was determined.

Findings regarding whether the relationship between pre-service teachers' efficacy scores obtained from lesson plan and participant report and self-efficacy perception scores obtained from TPACK scale in CK, PCK, TCK and TPACK dimensions is statistically significant or not is presented in Table 3.

Table 3.
Relationship between TPACK Efficacy Scores Obtained from Lesson plan and Participant Report and TPACK Self-efficacy Scores Obtained from TPACK Scale

		Variables							
		CK _{TPACK scale}		PCK _{TPACK scale}		TCK _{TPACK scale}		TPACK _{TPACK scale}	
		r	p	r	p	r	p	r	p
CK _{LP and PR}	Pre-test	,182	,089						
	Post-test	-,091	,397						
PCK _{LP and PR}	Pre-test			,075	,490				
	Post-test			-,151	,161				
TCK _{LP and PR}	Pre-test					,067	,533		
	Post-test					-,074	,493		
TPACK _{LP and PR}	Pre-test							,055	,612
	Post-test							-,066	,541

p<,002

Examining Table 3 shows that for the scores obtained from pre-tests and post-tests there is no statistically significant correlation between CK_{LP and PR} and CK_{TPACK scale}, PCK_{LP and PR} and PCK_{TPACK scale}, TCK_{LP and PR} and TCK_{TPACK scale}, TPACK_{LP and PR} and TPACK_{TPACK scale} (p>,002). Relationship coefficients (r) determined that

in all dimensions there is a positive and small level relationship between scores obtained from lesson plan and participant report and scores obtained from TPACK scale in pre-tests and a negative and small level relationship in post-tests.

Discussion and Conclusion

In this research relationships between TPACK efficacy and self-efficacy perception scores obtained from different data sources were examined. Findings of the study showed that there is no statistically significant correlation between CK efficacy scores obtained from achievement test, CK efficacy scores obtained from lesson plan-participant report and CK self-efficacy perception scores obtained from TPACK scale, in both for pre-test and post-test scores. Similarly no statistically significant correlation was determined between PCK, TCK and TPACK efficacy scores obtained from question forms, PCK, TCK and TPACK efficacy scores obtained from lesson plan-participant report and PCK, TCK and TPACK self-efficacy perception scores obtained from TPACK scale. These results support previous studies findings that show the inconsistencies between different TPACK measurements (Agyei and Keengwe, 2014; Kopcha et al., 2014; So and Kim, 2009). In their study, where the relationship between TPACK performance scores obtained from lesson plan analysis and self-evaluation scores obtained from TPACK scales was examined, Kopcha et al. (2014) determined weak relationships that are not statistically significant between pre-service teachers' self-evaluation scores and performance scores in TCK and TPACK dimensions. Similarly Agyei and Keengwe (2014) determined that there is no relationship between pre-service teachers' TPACK performance scores acquired through lesson plan, observation and product evaluation and self-evaluation scores obtained from TPACK scale. The findings of our study also support Nathan's (2009) findings that pre-service teachers' perception of confidence regarding technology integration does not always have a strong relationship with their knowledge and skill levels.

In this study it was found out that there is a medium level relationship between PCK and TPACK scores obtained from question forms and lesson plan-participant reports. In other cases small level relationships were determined between CK, PCK, TCK and TPACK scores obtained from different data sources. Kopcha et al. (2014) stated that having some discordance between two measurements is expected. But in this study having small level relationships between measurements in many cases, brings out the concerns regarding pre-service teachers' TPACK. So and Kim (2009) claimed that pre-service teachers can have problems making connections between their beliefs, knowledge and implementations, while designing technology supported courses. Weak relationships between pre-service teachers' TPACK self-efficacy perceptions regarding their beliefs and TPACK efficacy regarding their knowledge, skill and performances that are determined in this study, show that pre-service teachers might have trouble making connections using technology in their courses in the future.

On the other hand, weak and insignificant relationships determined in this study between CK, PCK, TCK and TPACK scores show that each measuring tool provides different evidence about mathematics pre-service teachers' TPACK (Kopcha et al., 2014). This result support the explanations in the literature regarding the necessity to use multiple data sources to determine TPACK levels, in order to provide sensitive of TPACK measurements and developing a better understanding of pre-service teachers' TPACK (Abbitt, 2011b; Agyei and Keengwe, 2014; Holmes, 2009). It can also be claimed that this finding justifies the criticisms that addressing TPACK only as perception does not reflect the knowledge structure (Şad et al., 2015) and causes confusion among knowledge and belief (Voogt et al., 2013). Within this context it is suggested to thoroughly investigate TPACK levels of pre-service teachers by using different data collection tools.

On the other hand, there might be different reasons behind the insignificant relationships between TPACK scores obtained from different data sources. In their study Agyei and Keengwe (2014) point out that one of the reasons that there is no relationship between TPACK measurements might be the use of electronic spreadsheets by pre-service teachers in teaching mathematics. Akyüz (2018) suggested that inconsistencies between measurements might be caused by the subject field as well as the characteristics of the used technologies. In this study pre-service teachers participated in teaching practices, where a

specific geometry subject (polygons) was thought mostly by using GeoGebra. Thus the results of this study might be originated from the fact that pre-service teachers used a specific technology to teach a specific subject.

Agyei and Keengwe (2014) also pointed out that, since the TPACK scale they use in their studies has a general and abstract structure, it is possible that pre-service teachers might not keep their fields (mathematics) and the specific technology they used (electronic spreadsheet) in mind in answering the questions. Similarly, while this study focuses on the subject of polygons in achievement test, question forms, lesson plans and participant reports, TPACK Scale about Geometry being specifically designed for geometry subjects but not focusing on a specific technology, might be the reason behind the weak relationships between TPACK efficacy scores and TPACK self-efficacy perception scores.

There are also study results that are in contradiction with results of this study. In her study Akyüz (2018) found out that mean TPACK performance scores of 9 mathematics pre-service teacher is close to the mean TPACK self-evaluation scores. Researcher claimed that the similarity between self-evaluation and performance evaluation scores in the study give rise to the thought that performance evaluation might not be necessary in every case.

In their study, where they examined the relationship between mathematics pre-service teachers' TPACK self-efficacy levels and academic achievements, Erdoğan and Şahin (2010) found out that pre-service teachers' self-efficacy scores have a significant correlation with their total GPA. Result of Erdoğan and Şahin's (2010) study is different from the result of this study regarding the relationship between CK efficacy score obtained from multiple choice achievement test and CK self-efficacy perception score obtained from TPACK scale. One reason behind this difference might be the examination of the relationship between pre-service teachers' knowledge levels regarding the subject of polygons and TPACK self-efficacy perception levels regarding geometry. This situation can be interpreted as measurements of specific content fields can generate different results from general measurements.

In the study of Spazak (2013), conducted with elementary school mathematics pre-service teachers, it was aimed to examine the relationship between pre-service teachers' TPACK levels and technology integration self-efficacy perception levels. The study showed that there are statistically significant correlations between pre-service teachers' self-efficacy perception levels determined with "Technology Integration Confidence Scale" and CK, PK, TK, PCK, TPK, TCK, TPACK levels determined by "Survey of Teachers' Knowledge of Teaching and Technology". But it can be claimed that this result that contradicts with our study originated from the use of scales for both measurements. Indeed results of studies conducted with pre-service teachers from different departments showed a significant correlation between TPACK level determined by scales and self-efficacy perception regarding technology integration. For example Abbitt (2011a) examined the relationship between pre-school pre-service teachers' self-efficacy belief levels determined by "Computer Technology Integration Survey" and TPACK levels determined by "Survey of Preservice Teachers' Knowledge of Teaching and Technology". Results of the study showed that there is a statistically significant correlation between pre-service teachers TK, PK, TPK, TCK and TPACK scores and self-efficacy scores prior to the course, which focuses on technology integration; and between pre-service teachers' TK, PK, PCK, TPK, TCK, TPACK scores and self-efficacy scores following the course. Similarly in their study Keser, Karaoğlan Yılmaz and Yılmaz (2015), where they examined the relationship between TPACK efficacy and self-efficacy perception regarding technology integration of pre-service teachers enrolled in different departments, found a positive high level relationship between efficacy and self-efficacy scores obtained by Technopedagogical Education Competency Scale and Technology Integration Self Efficacy Scale. Results of this study show that the relationship between scores obtained from structurally same data sources is strong.

This study has some limitations. Research was conducted with a study group of 88 mathematics pre-service teachers, who attended Special Teaching Methods course. This situation limits the generalizability of the study. In order to increase the generalizability of the study, the relationships between TPACK levels obtained from different data sources with participation of more pre-service teachers can be investigated.

Also the research focused on the subject of 7th grade polygons. This prevents the generalizability of the study to other subjects. Thus future studies can examine the relationships between TPACK levels of pre-service teachers on different mathematical subjects.

Türkçe Sürümü

Giriş

Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB), öğretimde teknolojinin etkili bir şekilde kullanılması için öğretmenlerin ne bilmesi gerektiğini tespit etme veya özel bir konuda etkili bir öğretim geliştirme konusunda yararlanılan teorik bir çerçevedir (Akkoc, 2011). Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (Technological Pedagogical Content Knowledge) modeli 2005 yılında Matthew J. Kohler ve Punya Mishra tarafından (Koehler ve Mishra, 2005), teknoloji entegrasyonunda gerekli olan öğretmen bilgisini anlamak için bir teorik çerçeve olarak eğitim araştırmaları alanında tanıtılmıştır (Agyei ve Voogt, 2012; Graham, 2011). Ardından 2006 yılında TPAB modeli etkili teknoloji entegrasyonu için öğretmenlerin edinmesi gereken bilgi alanlarını ele alan bir kuramsal çerçeve olarak yayınlanmıştır (Mishra ve Koehler, 2006).

TPAB kuramsal açıdan, Shulman'ın (1986) tanımladığı Pedagojik Alan Bilgisi (PAB) teorik çerçevesi üzerine yapılandırılmıştır (Koehler ve Mishra, 2005, 2009). TPAB kuramsal çerçevesi, teknolojik açıdan zengin ortamlarda öğretim yapmak için gerekli olan öğretmenin bilgisinin alan bilgisi, pedagoji bilgisi ve teknoloji bilgisi olmak üzere üç kaynağı olduğu temeline dayanmakta olup bu bileşenler arasındaki ilişkiler ve etkileşimlere odaklanmaktadır (Abbitt, 2011a, 2011b; Harris, Mishra ve Koehler, 2009; Koehler ve Mishra, 2005, 2009; Mishra ve Koehler, 2006; Schmidt vd., 2009).

Bu bağlamda TPAB kuramsal çerçevesi, alan, pedagoji ve teknoloji bilgisine ek olarak bu bilgi alanlarının kesişimlerini de ele alarak toplam yedi bilgi alanı ortaya koymuştur: Alan Bilgisi, Pedagoji Bilgisi, Teknoloji Bilgisi, Pedagojik Alan Bilgisi, Teknolojik Alan Bilgisi, Teknolojik Pedagoji Bilgisi ve Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (Koehler ve Mishra, 2009; Mishra ve Koehler, 2006). Öte yandan TPAB, yalnızca öğretmenlerin ne bilmesi gerektiğine odaklanmayıp bu bilgiyi nasıl geliştirebileceklerine ilişkin üzerinde düşünmeleri için kullanılabilir yararlı bir çerçevedir (Schmidt vd., 2009).

TPAB çerçevesi, nispeten yeni ortaya çıkmasına karşın (Abbitt, 2011a), literatürle tanıştırıldığı günden beri teknolojik bilgi ve beceriye sahip öğretmenlerin yetiştirilmesi amacıyla öğretmen eğitiminde yaygın olarak başvuru ve etkili teknoloji entegrasyonunda öğretmen bilgisini açıklamayı sağlayan kuramsal bir yapı olarak kabul görmüştür (Alayyar, Fisser ve Voogt, 2012; Baran ve Canbazoglu Bilici, 2015). Teknoloji entegrasyon sürecinde öğretmenlerin sahip olması gereken bilgilerin TPAB yapısı içerisinde ele alınmasıyla araştırmalarda TPAB ölçümü için yöntemler geliştirmenin önemi vurgulanmıştır (Graham vd., 2009; Schmidt vd., 2009).

TPAB'ı Ölçme Yolları

Teknolojide yaşanan gelişmelerin matematik eğitimini de etkilemesi ile matematiğin birçok dalında teknoloji kullanımına olan ilgi ve verilen önemin giderek artmıştır (Habre ve Grundmeier, 2007; Laborde, 2003). Teknolojinin etkin kullanımı konusunda sorumluluk ise matematik öğretmenlerine verilmiştir (NCTM, 2000). Teknoloji entegrasyonu esnasında matematik öğretmenlerine yüklenen sorumlulukla birlikte, matematik öğretmen adaylarının ve matematik öğretmenlerinin içerik, pedagoji, teknoloji bilgi alanlarına ve bu bilgi alanlarının kesişimleri ve birleşimlerine (TPAB) ilişkin yeterliliklere sahip olmaları önemli görülmüştür (Niess, 2005; Niess vd., 2009). Ayrıca, matematik öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalarda adayların TPAB gelişimleri üzerinde kendi alanlarının yapısının etkisinin önemli olduğu ileri sürülmüştür (Niess, 2005). Bu durum matematik öğretmen adaylarının TPAB'larının alanlarına özgü ölçülmesinin önemini ortaya çıkarmıştır.

TPAB'ı ölçmede kullanılan yöntemlerin ana hatları öğretmenin etkinliğini değerlendirmek için kullanılan değerlendirme yöntemleriyle benzerlik göstermiştir (Alshehri, 2012). Öğretmenlerin teknoloji entegrasyon düzeylerini değerlendirmek için anket yöntemlerini kullanma geçmişi üzerine araştırmacılar,

öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin TPAB seviyelerini değerlendiren anket/ölçek oluşturma çalışmalarına başlamıştır (Schmidt vd., 2009). TPAB'ı ölçmek için anket/ölçek kullanma konusunda genel eğilimin bir yansıması olarak öğretmen adaylarıyla yapılan araştırmaların çoğunda adayların TPAB düzeylerini belirlemek için anketler/ölçekler geliştirilmiştir (Abbitt, 2011a; Archambault ve Crippen, 2009; Baran, Chuang ve Thompson, 2011; Graham vd., 2009; Jang ve Tsai, 2012; Schmidt vd., 2009). Anket/ölçek yoluyla TPAB ölçümü yeterli ve kolay veri toplama, TPAB'ı tekrar tekrar ölçme imkânı vermesi özellikleri ile yararlı görülmüştür (Abbitt, 2011b). Anketlerin büyük bir grubun TPAB'larını ölçmek ve incelemek için fırsat sunması sıklıkla tercih edilme nedenleri arasında gösterilmiştir (Archambault ve Crippen, 2009). Ayrıca TPAB anketleri/ölçekleri farklı içerik ve teknolojilere uygulanabilme potansiyeli ile daha genel ve soyut bir seviyede kullanılabilir veri toplama araçları olarak değerlendirilmiştir (Agyei ve Keengwe, 2014). Bunun sonucunda çalışmalarda, TPAB'ı belirlemede en çok kullanılan veri kaynakları anket ve ölçeklerin kullanıldığı öz bildirim raporları olmuştur (Archambault ve Crippen, 2009; Lyublinskaya ve Tournaki, 2015; Voogt, Fisser, Pareja Roblin, Tondeur, Van Braak, 2013).

Etkili teknoloji entegrasyonunda TPAB çerçevesi öğretmen bilgisini ele alan bir model olmasına karşın anket/ölçek gibi ölçme araçlarıyla elde edilen veriler öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinden çok algı düzeylerini yansıtmış, katılımcıların TPAB puanları algı puanları olarak ele alınmıştır (Açıkgül ve Aslaner, 2015; Koehler ve Mishra, 2005; Şad, Açıkgül ve Delican, 2015). Ayrıca çalışmalarda Bandura (1977) tarafından ileri sürülen Sosyal Öğrenme Kuramı içerisinde öne çıkan öz-yeterlilik kavramı, öğretmenlerin teknolojiyi derslerine entegre etmelerini etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmiştir (Abbitt ve Klett 2007; Abbitt, 2011a; Wang, Ertmer ve Newby, 2004). Sonuçta, araştırmacılar TPAB algısını öz-yeterlilik yapısı altında ele almıştır (Aquino, 2015; Canbazoglu Bilici, Yamak, Kavak ve Guzey, 2013; Niess, Van Zee ve Gillow-Wiles, 2010).

Diğer taraftan TPAB düzeyinin daha çok anket/ölçek kullanılarak belirlenmesi araştırmacılar tarafından eleştirilmiştir. Voogt ve diğerleri (2013), TPAB düzeyinin anket/ölçek gibi öz bildirim raporlarıyla belirlenmesinin öğretmen bilgisi ile inancının birbirine karıştırılmasına neden olduğunu ileri sürmüştür. Abbitt (2001b) anket gibi öz değerlendirme araçlarının TPAB alanlarındaki bilgi düzeyini doğru bir şekilde temsil edebilme yeteneğinin, katılımcıların kendi bilgilerini değerlendirip ankete uygun bir biçimde yansıtma becerileri ile sınırlı olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Archambault ve Barnett (2010) çalışmasında doğrudan gözlemlenen davranışları ölçmemelerini sınırlılık olarak ele almış, bu nedenle ölçek ile katılımcılara bilgi düzeylerini nasıl algıladıklarını sorduklarını ifade etmiştir. Şad ve diğerleri (2015) çalışmalarında TPAB çerçevesinin bilgi kavramıyla sınırlandırılmış olduğuna ve uygulamada bilgiyi ölçmenin güçlüğüne değinmiş, bu durumun TPAB düzeyini belirlerken araştırmacıları katılımcıların algılarına yönelik dolaylı sorular sormaya yönelttiğini belirtmiştir.

Agyei ve Keengwe, (2014) çalışmalarında katılımcıların TPAB'ları hakkındaki farkındalıklarının ve artan güvenlerinin yansımaları sağlayan anketlerin yararlarını göz ardı etmezken, öğretmen adaylarının TPAB'larını sergileyebilecekleri ölçme araçlarının kullanımını savunmuştur. Abbitt (2011a), hem bilgi hem de inanç ölçümlerinin, teknolojiyi ilgi çekici ve etkili sınıf ortamları oluşturmak için kullanan öğretmenlerin hazırlanmasına yönelik benzersiz ve bilgilendirici anlayışlar sağlayacağını ifade etmiştir. Ayrıca araştırmacı, teknoloji entegrasyonu hakkındaki bilgi ile öz yeterlilik inançları arasındaki ilişkinin incelenmesinin bu iki araştırma alanı arasında benzersiz bir bağlantı sağlayabileceğini de ileri sürmüştür. Spazak (2013), öğretmen adaylarının TPAB'ları ve teknoloji ile ilgili öz-yeterlilikleri arasındaki olası bir ilişkinin teknolojinin etkin kullanımı konusunda fikir verebileceğini belirtmiştir. Ancak Abbitt (2011b), bir öğretmen adayının TPAB algı düzeyinin, teknolojinin öğretimsel olarak etkin biçimde kullanımını planlama becerisine ne kadar katkı sağladığının büyük ölçüde belirsiz olduğuna dikkat çekmiştir Akyüz (2018) ise, teknolojinin öğretimde kullanımına ilişkin performansa dayalı TPAB puanları ile öz-değerlendirmeye dayalı TPAB puanları arasındaki ilişkinin literatürde önem verilen ancak çoğu zaman ihmal edilen bir konu olduğunu belirtmiştir. Gerçekten literatür incelendiğinde bu konuda sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır (Agyei ve Keengwe, 2014; Akyüz, 2018; Kopcha, Ottenbreit-Leftwich, Jung ve Baser, 2014).

Kopcha ve arkadaşları (2014)'nin araştırmalarının amaçlarından biri öğretmen adaylarının TPAB performans ve algı puanları arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Araştırmacılar çalışmalarını teknoloji

entegrasyonu giriş dersine katılan 27 öğretmen adayı (24 ilköğretim öğretmen adayı, 3 okul öncesi öğretmen adayı) ile gerçekleştirmiştir. Araştırmada öğretmen adayları tarafından hazırlanan ders planları Harris, Grandgenett ve Hofer (2010) tarafından geliştirilen performans değerlendirme rubriği ile belirlenirken öğretmen adaylarının algıları Schmidt ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen TPAB ölçeği ile belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen TPAB puanları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Agyei ve Keengwe (2014) çalışmalarında matematik öğretmen adaylarının TPAB öğrenme çıktıları (TPAB ders planı rubriği, TPAB gözlem rubriği, ürün değerlendirme rubriği) ile TPAB'larına ilişkin öz değerlendirme raporlarından elde edilen puanlar arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Öğretim Teknolojisi dersine katılan 104 son sınıf öğretmen adayı elektronik tablolama programlarıyla desteklenen ders planları ve etkinlikler hazırlamış, ders planlarını uygulamış ve verilen dönütler ile plan ve etkinliklerini revize etmiştir. Araştırmanın verileri, öğretmen adaylarının öğrenme çıktılarını ve TPAB gelişimlerini değerlendirmek amacıyla kullanılan TPAB ders planı rubriği, TPAB gözlem rubriği, ürün değerlendirme rubriği, BIT beceri testi ve TPAB ölçeği olmak üzere 5 farklı veri toplama aracı ile elde edilmiştir. Araştırmada farklı veri toplama araçlarından elde edilen TPAB puanları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Ülkemizde ise farklı TPAB ölçüm yöntemlerinin birbirleriyle ne kadar ilişkili olduğunu inceleyen tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Akyüz (2018) çalışmasında 9 matematik öğretmen adayının performans ve öz değerlendirmeye dayalı TPAB puanları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma seçmeli "Geometriyi Dinamik Geometri Uygulamaları ile Keşfetme" isimli derse katılan öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilmiştir. Öğretmen adaylarının performans puanları ders planları, etkinlik sayfaları ve dinamik geometri yazılım dosyalarının analizinden elde edilirken öz-değerlendirme puanları Schmidt ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen TPAB ölçeği ile belirlenmiştir. Araştırmacı TPAB performans puan ortalamaları ve TPAB öz-değerlendirme puan ortalamalarını karşılaştırarak TPAB ölçümleri arasındaki ilişkiyi yorumlamıştır.

Özetle yapılan açıklamalar etkili teknoloji entegrasyonunun gerçekleşmesi için matematik öğretmen adaylarının öğretimde teknoloji kullanımına ilişkin bilgi, beceri ve performanslarının göstergesi olan TPAB puanları ile adayların öz değerlendirmelerine dayalı TPAB puanları arasındaki ilişkilerin araştırılmasının önemini ortaya çıkarmaktadır. Ancak bu konuda yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olması söz konusu ilişkiler hakkında daha fazla ve daha detaylı bilgi edinebilmek için çeşitli ölçme araçlarının kullanılmasıyla elde edilecek TPAB puanları arasındaki ilişkilerin araştırılmasının gerekliliğini göstermektedir. Nitekim Akyüz (2018) çalışmasının sonucunda öğretmen adaylarının TPAB düzeylerinin belirlenmesinde farklı öz-değerlendirme ve performans değerlendirme araçları kullanılarak elde edilen puanlar arasındaki ilişkileri araştıran daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğuna dikkat çekmiştir. Bu bağlamda bu çalışmada çeşitli ölçme araçları kullanılarak matematik öğretmen adaylarının teknoloji entegrasyonuna ilişkin bilgi, beceri ve performanslarının göstergesi olan TPAB yeterlilik düzeyleri ile TPAB öz-yeterlilik algı düzeyleri arasındaki ilişkilerin araştırılması önemli görülmüştür.

Öğretmen adaylarının TPAB düzeylerinin belirlenmesinde kullanılacak ölçme araçlarının tespiti için literatürdeki ilgili çalışmalar incelenmiştir. Çalışmalarda TPAB düzeyini belirlerken öz değerlendirme araçlarının (anket/ölçek, görüşme, günlükler vb.) yanı sıra, sınıf gözlemleri, performans değerlendirme ölçekleri/rubrikleri (sınıf gözlemleri, ders planları, öğrenci çalışmaları, sınıf etkinlikleri ve öğretim materyallerinin değerlendirilmesi) ve açık uçlu sorulardan oluşan soru formları vb. araçların kullanılması önerilmiştir (Abbitt, 2011b; Agyei ve Keengwe, 2014; Alshehri, 2012; Harris vd., 2010; Koehler, Shin ve Mishra, 2012; Lyublinskaya ve Tournaki, 2015). Bahsedilen ölçme araçları arasında performans değerlendirme araçları, öğretmen adaylarının tasarım ve planlama sürecini inceleyerek TPAB'in pratik uygulamalarını anlamak ve TPAB gelişimini izlemek için önemli görülmüştür (Abbitt, 2011b). Nitekim Koehler ve diğerleri (2012) TPAB'ı ölçmek için kullanılan çeşitli yaklaşımları inceledikleri çalışmalarında, TPAB'in belirlenmesinde öz-değerlendirme ve performans değerlendirmenin sıklıkla kullanıldığını belirlemiştir. Diğer taraftan araştırmacılar, açık uçlu sorulardan oluşan soru formlarının popülerliği en az olan ölçme aracı olduğunu tespit etmiş, bu durumun nedeninin açık uçlu sorulardan oluşan verilerin kodlanması ve analiz edilmesi aşamalarındaki zorluklar olabileceğini öne sürmüştür. Bu çalışmada öğretmen adaylarının TPAB yeterlilik düzeylerini belirlerken çoktan seçmeli test, açık uçlu sorulardan

oluşan soru formu, ders planı ve katılımcı raporu kullanılırken, TPAB öz-yeterlilik algı düzeylerinin belirlenmesinde likert tipi ölçek kullanılmıştır. Farklı veri kaynaklarından elde edilen TPAB yeterlilik ve öz-yeterlilik algısı puanları arasındaki ilişkilerin incelenmesiyle öğretmen adaylarının TPAB'larına ilişkin daha derin bir anlayış sağlanacağı, kapsamlı ve güvenilir sonuçlar elde edileceği düşünülmüştür.

Yiğit (2014) yaptığı literatür derlemesi çalışmasında matematik öğretmen adaylarının TPAB gelişimlerinin nasıl ölçüleceği konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunduğunu ve bu çalışmalarda kullanılan ölçme araçlarının açıkça tanımlanmadığını belirtmiştir. Bu bağlamda çalışmada kullanım amaçları ve geliştirilme süreçleri açıkça tanımlanan veri kaynakları ile ölçümlerin yapılması önemli görülmüştür. Böylece çalışmanın matematik öğretmen adaylarının TPAB'larını ölçmek için kullanılacak veri kaynakları konusunda literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan farklı içerik alanlarında teknolojiyi etkili bir şekilde entegre etmek için gerekli olan öğretmen bilgisi ve öğretmenlerin teknolojiyi kullanım şekilleri değişiklik gösterebilmektedir (Graham vd., 2009; Harris, vd., 2009). Bu durum TPAB'ın alana özgü tanımlanması ve ele alınmasının gerekliliğini ve önemini ortaya çıkarmaktadır (Agyei ve Keengwe, 2014; Graham vd., 2009; Harris vd., 2009; Schmidt vd., 2009). Matematik eğitiminde teknoloji kullanımından en çok etkilenen alanın geometri olduğu düşünülmekte (Açıkgül, 2012), çalışmalarda teknolojinin geometri öğrenimi ve öğretimindeki potansiyelinden bahsedilmektedir (Lai ve White, 2012; Leung, 2008; Mariotti, 2000; Straesser, 2001). Ayrıca, yapılan çalışmalar geometri konularından biri olan çokgenler konusunun öğrenimi ve öğretiminde teknoloji kullanımının faydalarını ortaya koymuştur (Erez ve Yerushalmy, 2006; Jones, 2001; Kordaki ve Balomenou, 2006). Bu bağlamda bu çalışmada teknolojinin etkili olduğu bir konuda öğretmen adaylarının TPAB düzeylerini incelemek önemli görülmüş, öğretmen adaylarının çokgenler konusundaki TPAB yeterlilik düzeyleri ile Geometri konusundaki TPAB öz-yeterlilik algı düzeyleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Voogt ve arkadaşları (2013) çalışmalarında TPAB'ın belirli konu alanları için ne anlama geldiğinin daha iyi anlaşılması durumunda, bir öğretmenin TPAB'ının daha iyi değerlendirilebileceğine dikkat çekmiştir. Bu bilgidir hareketle çalışmada öğretmen adaylarının çokgenler konusundaki TPAB'larını değerlendirirken içerisinde Alan Bilgisi (AB) olan boyutlara odaklanılmış ve çalışmada Alan Bilgisi (AB), Pedagojik Alan Bilgisi (PAB), Teknolojik Alan Bilgisi (TAB) ve Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) boyutları incelenmiştir.

Yöntem

Bu araştırmada korelasyonel araştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Korelasyonel araştırmalarda, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiler incelenerek, bu değişkenlerin ne derecede ilişkili olduğu korelasyon katsayısı kullanılarak açıklanmaktadır (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2012, s. 331)

Katılımcılar

Bu araştırma, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan orta büyüklükte bir üniversitenin İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı 3. sınıfında öğrenim gören ve Özel Öğretim Yöntemleri II dersini alan 88 (bayan=72, erkek=16) öğretmen adayıyla gerçekleştirilmiştir.

Katılımcıların belirlenmesinde Özel Öğretim Yöntemleri I dersini almış olmaları ön koşul olarak belirlenmiş ve araştırmaya katılmaya gönüllü öğretmen adaylarıyla çalışılmıştır. Özel Öğretim Yöntemleri II dersi kapsamında öğretmen adayları rastgele atama yoluyla 4 gruba (G1, G2, G3, G4) ayrılmıştır. Tüm gruplarda öğretmen adayları çokgenler konusunun öğretiminde teknoloji kullanımına yönelik uygulamalarda bulunmuştur.

Çalışmanın Yapıldığı Ders ve Araştırmacının Rolü

Özel Öğretim Yöntemleri dersi Özel Öğretim Yöntemleri I ve Özel Öğretim Yöntemleri II şeklinde güz ve bahar döneminde okutulmaktadır. Özel Öğretim Yöntemleri I dersi kapsamında matematik öğretiminin önemi, gerekliliği ve temel amaçları, matematik öğretiminde kullanılan yaklaşımlar, stratejiler, yöntemler ve teknikler, matematik öğretiminde kullanılan materyaller konu olarak ele alınmıştır. Ders esnasında matematik öğretiminde teknoloji kullanımına odaklanılmıştır. Ayrıca derste geometri öğretiminde

kullanılan DGY (GeoGebra) kullanımı uygulamalı olarak gösterilmiştir. Özel Öğretim Uygulamaları II dersi kapsamında 7. sınıf çokgenler konusunun teknoloji destekli öğretimine ilişkin Mikro Öğretim Uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Mikro Öğretim Uygulamaları ders anlatımı, videoların izlenmesi, değerlendirme ve tartışma aşamalarından meydana gelmiştir. Ayrıca, Mikro Öğretim Uygulamaları esnasında gruptan ikisine (G2, G4) araştırmacılar tarafından geliştirilen GeoGebra materyalleri verilerek teknoloji desteği sağlanmıştır. Diğer gruplarda ise Mikro Öğretim Uygulaması esnasında öğretmen adayları çokgenler konusunun öğretiminde çoğunlukla GeoGebra programını kullanmıştır. Öte yandan iki grupta (G1, G4) TPAB Oyun etkinlikleri gerçekleştirilmiştir. TPAB Oyunu Judi Harris, Punya Mishra ve Matt Koehler tarafından ortaya atılmıştır (Hofer, 2015; Mishra, 2010, 2013; Richardson, 2010). TPAB Oyunu'nda Java programı kullanılarak içerisinde 7. sınıf çokgenler konusunda kazanımların; öğretim model, yöntem ve tekniklerin; teknolojilerin yer aldığı torbaların olduğu oyun sayfası oluşturulmuştur. Öğretmen adayları torbalara tıklayarak rastgele kartlar seçmişlerdir. Ardından öğretmen adayları seçtikleri kazanımın matematiksel içeriği, pedagoji ya da teknoloji bileşenlerinin üstün yanlarını ve sınırlılıklarını göz önünde bulundurarak bu bileşenlerin birlikte kullanılmasıyla yapılabilecek olası bir ders tasarımının etkililiği ile ilgili fikirlerini tartışmışlardır.

Araştırmacıardan ilki aynı zamanda tüm gruplarda araştırmacının uygulayıcısıdır. Mikro Öğretim Uygulaması kapsamında ders anlatımı yapılırken araştırmacı sınıfta gözlemci olarak yer almıştır. Mikro öğretim uygulaması esnasında öğretmen adayları ders anlatımlarını gerçekleştirirken araştırmacı sınıfta gözlemci rolünde yer alarak ders anlatım sürecini gözlem notları ile kayıt altına almıştır. Bu süreçte öğretmen adaylarına hiçbir müdahalede bulunmamıştır. Öğretmen adaylarının ihtiyaç duymaları durumunda elektronik aletlerle ilgili sorunlarda teknik destek sağlamıştır. Videoların izlenmesi aşamasında araştırmacı öğretmen adaylarıyla birlikte videoları izleyerek TPAB Mikro Öğretim Değerlendirme Rubriği'ni doldurmuştur. Tartışma aşamasında ise, tartışmayı yöneten kişi konumunda olmuştur. Tartışma aşamasında öğretmen adaylarıyla dersin etkililiğini tartışmıştır. TPAB Oyunları esnasında ise öğretmen adaylarının seçimlerine ve tartışmalarına müdahalede bulunmamıştır. Veri toplama aşamasında tüm gruplarda veri kaynakları öğretmen adaylarına aynı ortamda ve aynı araştırmacı tarafından uygulanmış olup yer ve uygulayıcı tehdidi giderilmeye çalışılmıştır. Ayrıca uygulama sonrasında veriler analiz edilirken gruplara göre sınıflandırılma yapılmamış, öğretmen adaylarının isimleri kapatılarak değerlendirmeler rastgele yapılmıştır.

Verilerin Toplanması

Araştırmada öğretmen adaylarının TPAB yeterlilik ve TPAB öz-yeterlilik algı düzeyleri Özel Öğretim Yöntemleri II dersinin başında ve sonunda olmak üzere iki defa ölçülmüştür. Ön test ve son test arasındaki süreçte öğretmen adayları matematik derslerinde teknoloji kullanımına yönelik uygulamalarda bulunmuştur. Matematik öğretmen adaylarının TPAB yeterlilik düzeylerini ve TPAB öz-yeterlilik algı düzeylerini belirlemek için kullanılan veri kaynakları aşağıda açıklanmıştır.

Çokgenler Konusunda Çoktan Seçmeli Başarı Testi

Çalışmada öğretmen adaylarının AB yeterlilik düzeylerini belirlemek için 7. sınıf düzeyinde çokgenler konusu ile ilgili çoktan seçmeli başarı testi geliştirilmiştir. 57 madde ve 5 seçenekten oluşan taslak başarı testi kapsam ve görünüş geçerliliği, anlaşılabilirlik ve hedef kitleye uygunluk ölçütleri açısından geometri, matematik eğitimi ve program geliştirme alanında uzman 3 öğretim üyesi ve 2 matematik öğretmeni tarafından değerlendirilmiş ve Kapsam Geçerlilik İndeksi (KGI) 0,6'nın altında olan 2 soru testten çıkarılarak 55 maddelik taslak form elde edilmiştir (Davis, 1992). Ardından maddeler 5 matematik öğretmen adayına okutularak maddelerin anlaşılabilirliği kontrol edilmiştir. Pilot uygulama İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı'nda öğrenim gören 312 (N1.sınıf = 72, N2.sınıf = 56, N3.sınıf = 87, N4.sınıf = 97) öğretmen adayıyla gerçekleştirilmiştir.

Testin yapı geçerliliğine ilişkin yapılan inceleme sonucu madde ayırt edicilik indeksi 0,30'dan düşük olan 16 madde testten çıkarılmış ve testin madde ayırt edicilik indeksi ,467 olarak hesaplanmıştır. Testteki maddelerin madde ayırt edicilik indeksleri ,319-,770 arasında değişmektedir. Bu değerler testin ayırt ediciliğinin mükemmel düzeyde olduğunu, maddelerin ise iyi ve mükemmel düzeyde ayırt ediciliğe sahip

olduğunu göstermektedir (Ebel ve Frisbie, 1986). 39 maddelik nihai testin madde güçlük indeksi ,767 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ortaokul 7. sınıf düzeyindeki kazanımlara uygun olarak geliştirilen testin öğretmen adayları için kolay bir test olduğunu göstermektedir (Hingorjo ve Jaleel, 2012). Ortaokul düzeyindeki kazanımlar kapsamında oluşturulan başarı testinin öğretmen adaylarına kolay gelmesi çalışmada beklenen bir durumdur. Başarı testi için madde toplam korelasyon katsayısı ,317 olarak hesaplanmıştır. Güvenirlik çalışmaları kapsamında iç tutarlılık katsayısı KR20 güvenirlik katsayısı ,765 olarak hesaplanmıştır. Güvenirlik katsayısının minimum değerinin ,70 olması beklenmektedir (Wells ve Wollack, 2003). Bu bağlamda başarı testinin güvenilir olduğu belirlenmiştir.

Soru Formları

Araştırmada öğretmen adaylarının PAB, TAB, TPAB yeterlilik düzeylerini ölçmek için açık uçlu sorulardan oluşan soru formları geliştirilmiştir. Taslak formda PAB boyutunda 9, TAB boyutunda 9 ve TPAB boyutunda 9 olmak üzere toplam 27 soru bulunmaktadır.

Taslak form kapsama uygunluk, anlaşılabilirlik, ölçme değerlendirme ilkelerine uygunluk açısından 2 matematik eğitimi, 1 ölçme değerlendirme ve 1 eğitim bilimleri uzmanı tarafından değerlendirilmiş ve KGİ değeri 0,8'den küçük olan 6 madde formdan çıkarılmıştır (Davis, 1992). Bu durumda PAB boyutunda 7, TAB boyutunda 7, TPAB boyutunda 7 madde kalmıştır. 21 maddelik soru formu Soru Formu 1, Soru Formu 2 ve Soru Formu 3 şeklinde üç bölüme ayrılmıştır.

Yapılan düzenlemenin ardından Özel Öğretim Yöntemleri derslerini almış 4. sınıfta öğrenim gören 8 öğretmen adayına soru formları uygulanmıştır. Adayların cevapları araştırmacı ve bir matematik eğitimi uzmanı tarafından incelenerek formların son hali verilmiştir. Aşağıda soruların kapsamı boyutlara göre açıklanmıştır.

PAB Boyutu: Öğretmen adaylarının PAB yeterlilik düzeylerini belirlemek için Ortaokul Matematik Dersi Programı'nın genel amaçları, programda kazandırılması öngörülen temel beceriler, öğrenme alanları, çokgenler konusunun yer aldığı öğrenme alanı/alanları, çokgenlere ilişkin kazanımların hangi sınıf düzeyinde yer aldığı ve içeriği, çokgenlerle ilgili verilen bir ünite kapsamında öğrencilerin öğrenmesi gereken bilgiler hakkında sorular hazırlanmıştır.

TAB Boyutu: Öğretmen adaylarının TAB yeterlilik düzeylerini belirlemek için adaylara matematik konularında kullanılan teknolojiler (araçlar/yazılımlar); genel teknolojik araçlar, matematik yapmak için kullanılan teknolojik araçlar ve matematik öğretimi için kullanılan teknolojik araçlar arasındaki farklar; matematik konularında kullanılan teknolojilerin sahip olması gereken "Matematiksel Uygunluk" kavramı; Dinamik Geometri Yazılımlarının tanımı ve özellikleri; çizim, geometrik şekil ve dinamik şekil kavramları hakkında sorular hazırlanmıştır.

TPAB Boyutu: Öğretmen adaylarının TPAB yeterlilik düzeylerini belirlemek için adaylara Teknoloji Destekli Matematik Öğretiminin tanımı; matematik öğretiminde teknoloji kullanımının amaçları, avantajları, dezavantajları ve teknolojilerin matematik öğretiminde nasıl kullanılacağı; çokgenler konusunun öğretiminde teknoloji kullanımının avantajları ve dezavantajları hakkında sorular hazırlanmıştır.

Ders Planı ve Katılımcı Raporu

Ders planı hazırlama yöntemi öğretmen adaylarının çokgenler konusundaki AB, PAB, TAB ve TPAB yeterlilik düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Ders planları hazırlanırken Van der Valk ve Broekman'ın (1999) çalışmalarında kullandığı ders planı hazırlama yöntemi kullanılmıştır. Öğretmen adaylarından 7. sınıf seviyesinde çokgenler konusu ile ilgili seçtikleri bir kazanımı gerçekleştirmeleri için teknolojinin kullanıldığı ders planı hazırlamaları istenmiştir. Ders planlarının hazırlanmasının ardından öğretmen adaylarına hazırladıkları ders planına ilişkin sorulardan oluşan katılımcı raporu uygulanmıştır. Katılımcı raporundan elde edilen veriler ders planlarının analizlerinden elde edilen verileri desteklemek amacıyla kullanılmıştır.

Katılımcı raporunun geliştirilme aşamasına geçilmeden önce Özel Öğretim Yöntemleri dersini almış 3 öğretmen adayından ders planı hazırlamaları istenmiştir. Öğretmen adaylarının AB, PAB, TAB ve TPAB düzeylerini belirlemek amacıyla yapılacak analiz esnasında ders planlarında açıkça çıkarımda bulunulamayan kısımlarda detaylı bilgiye ihtiyaç duyulabilecek noktalar belirlenmiştir. Hazırlanan ders planları üzerinde yapılan incelemeler sonucunda katılımcı raporunda yer alacak sorular hazırlanmıştır. Katılımcı raporlarında adaylardan seçtikleri içerik, pedagoji ve teknoloji bileşenlerini tercih etme nedenlerini, kullanım şekillerini, seçtikleri pedagoji ve teknolojilerin üstün yönlerini ve sınırlılıklarını, ders planını hazırlarken zorlandıkları noktaları, kullandıkları içerik, pedagoji ve teknoloji bileşenlerinin birbirleriyle uyumunu açıklamaları istenmiştir. Katılımcı raporu uygulamada kullanılmadan önce maddelerin kapsamı, amaca uygunluğu, anlaşılabilirliği, dil ve anlatımı açısından değerlendirilmesi amacıyla 2 matematik eğitimi uzmanının görüşleri alınmıştır. Uzmanların görüşleri doğrultusunda düzenlenen rapor ders planlarını hazırlayan 3 öğretmen adayı tarafından incelenmiştir. Öğretmen adaylarının görüşleri doğrultusunda form tekrar düzenlenmiştir.

Geometri Konusunda Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) Ölçeği

Öğretmen adaylarının geometri öğretiminde TPAB'larına ilişkin öz-yeterlilik algı düzeylerini belirlemek için Bulut (2012) tarafında geliştirilen Geometri Konusunda Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) Ölçeği'nin AB, PAB, TAB, TPAB boyutlarındaki maddeleri kullanılmıştır. Ölçeğin 4 boyutlu yapısının çalışmanın katılımcıları için geçerli ve güvenilir olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan ön uygulamanın ardından geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır.

Yapı geçerliliğini incelemek için doğrulayıcı faktör analizi yapılmasına karar verilmiştir. Değişkenler arası korelasyon, uç ve kayıp değerlerden arınlık, veri setinin normal dağılımı, örneklem büyüklüğü ve örnekleme yeterliliği (KMO=,921 ve Bartlett's küresellik testi $X^2= 2199,613$; $sd=406$; $p=,000$) veri setinin faktör analizi için uygun olduğunu göstermiştir (Field, 2005). Doğrulayıcı faktör analiz esnasında programın sunduğu modifikasyon önerileri gerçekleştirilerek modelin iyileştirilmesi sağlanmıştır. Yapılan modifikasyon (TPAB boyutunda yer alan 27-28. maddeler arasında) sonucu hesaplanan uyum iyiliği değerleri $\chi^2/df=1,54$, $p=,000$, $RMSEA=,079$, $NFI=,94$, $CFI=,98$, $GFI=,68$, $RMR=,065$ olarak hesaplanmıştır.

Literatürde uyum iyiliği değerleri için $CFI > ,90$, $GFI > ,90$, $RMSEA < ,08$, $NFI > ,90$, $RMR < ,08$ kabul edilir ölçüt değerler olarak belirtilmiştir (Brown, 2006; Hair, Black, Babin, Anderson ve Tatham, 2006; Hooper, Coughlan ve Mullen, 2008; Tabachnick ve Fidell, 2007). Ölçüt değerler ile çalışmada elde edilen CFI, RMSEA, NFI, RMR değerleri karşılaştırıldığında modelin doğrulandığı belirlenmiştir. Ancak ,68 olarak hesaplanan GFI değerinin eşik değerin oldukça altında olduğu görülmektedir. GFI indeksi örneklem büyüklüğünden bağımsız olmayıp örneklem büyüklüğünden güçlü bir şekilde etkilenmekte ve örneklem büyüklüğünün yüksek olduğu durumlarda istenilen değerlere ulaşılmaktadır (Anderson ve Gerbing, 1984; Hooper vd., 2008; Shevlin ve Miles, 1998). Diğer taraftan örneklem büyüklüğünün uygunluğu açısından literatürde doğrulayıcı faktör analizi için ideal bir örneklem büyüklüğü 300 olarak belirlense de (Hair vd., 2006) bu çalışmada doğrulayıcı faktör analizi $N=88$ katılımcıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcı sayısının uygun örneklem büyüklüğü olarak kabul edilen sayının oldukça altında olması nedeniyle GFI değerinin düşük çıktığı düşünülmektedir. Bu bağlamda diğer uyum indeksleri incelendiğinde katılımcılardan elde edilen değerlerin 4 faktörlü yapıyı doğruladığı sonucuna varılmıştır.

Geometri konusunda TPAB Ölçeğinin güvenilirliği Croanbach alpha değerleri AB boyutu için $\alpha=,904$, PAB boyutu için $\alpha=,916$, TAB boyutu için $\alpha=,892$ ve TPAB boyutu $\alpha=,933$ olarak hesaplanmıştır. Değerler ölçeğin güvenilir olduğunu göstermektedir (Kline, 2011).

Verilerin Analizi

Bu araştırmada veri analiz süreci iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle nitel veriler nicelleştirilmiş ardından nicel veriler uygun istatistiksel testler kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmada kapsamında öğretmen adayları 4 gruba ayrılmıştır. Gruplarda uygulama süreçleri bazı farklılıklar göstermiştir. Ancak temelde tüm gruplarda öğretmen adayları çokgenler konusunun öğretiminde teknoloji destekli dersler planlayarak uygulamıştır. Bu araştırma kapsamında öğretmen adaylarının teknoloji destekli bir öğretim

sürecine katılmaları önemli görüldüğünden veri analizi 88 kişilik veri seti üzerinden yapılmış olup grup bazında inceleme yapılmamıştır.

Nitel Verilerin Nicelleştirilmesi

Başarı testinde “doğru” cevaplara 1 puan “yanlış” cevaplara 0 puan verilmiştir. Geometri Konusunda TPAB Ölçeği Kesinlikle katılmıyorum=1, Katılmıyorum=2, Biraz katılmıyorum=3, Biraz Katılıyorum=4, Katılıyorum=5, Kesinlikle Katılıyorum=6 puan verilerek nicelleştirilmiştir.

Soru formlarından elde edilen verilerin analizi TPAB kuramsal çerçevesi ve çokgenler konusunda teknoloji kullanımı ile ilgili bilgi sahibi olan 2 puanlayıcı tarafından yapılmıştır. Puanlayıcılar arası güvenilirliğin belirlenmesi amacıyla Sınıf-İçi Korelasyon Katsayısı (Intraclass Correlation Coefficient) hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin ,862-,999 aralığında olduğu görülmüştür. Bu durumda puanlayıcılar arası uyumun yeterli düzeyde olduğu ve yapılan puanlamaların güvenilir olduğu söylenebilir (Szymanski ve Linkowski, 1993; akt: Deliceoğlu, 2009). Puanlayıcılar arasındaki uyum katsayısının belirlenmesinin ardından 2 puanlayıcı tekrar bir araya gelerek uyuşmadıkları puanlar üzerinde tartışmış ve ortak kararlar doğrultusunda puanlara son halini vermiştir

Ders planı ve katılımcı raporlarının çözümlenmesi araştırmacılar tarafından geliştirilen TPAB Yeterlilik Değerlendirme Rubriği kullanılarak yapılmıştır.

TPAB Yeterlilik Değerlendirme Rubriğinin maddeleri hazırlanırken öğretmen adaylarının ön test ve son testte hazırladıkları ders planları ve katılımcı raporları incelenmiştir. TPAB kuramsal çerçevesi ve ders planlarında yapılan incelemeler doğrultusunda rubrik maddeleri AB, PAB, TAB, TPAB boyutlarındaki temel kazanımları içerecek şekilde hazırlanmıştır. Sonuçta AB boyutu için 3 madde, PAB boyutu için 5 madde, TAB boyutu için 3 madde, TPAB boyutu için 5 madde olmak üzere toplam 16 maddelik bir puanlama anahtarı hazırlanmıştır. Aşağıda her bir boyut için belirlenen ölçütler açıklanmıştır.

1. AB boyutu: Bilimsel açıdan yeterlilik; tutarlılık; matematiksel içeriğe hâkimiyet,
2. PAB boyutu: Açıklanan matematiksel içeriğin kazanımın matematiksel içeriğini kapsama düzeyi; kullanılan öğretim strateji, yöntem ve teknikler ile kazanımın uyumu; öğretim strateji, yöntem ve tekniklerin özelliklerine hâkimiyet; öğretim strateji, yöntem ve tekniklerin kazanımı gerçekleştirecek şekilde kullanımı; ölçme değerlendirme yaklaşımlarının kazanıma uygunluğu,
3. TAB boyutu: Matematiksel içeriğe özgü teknolojiler hakkında bilgi sahibi olma; matematiksel içeriği özgü teknolojilerin özelliklerine hâkimiyet; teknolojilerin matematiksel içeriği kapsayacak şekilde kullanım düzeyi,
4. TPAB boyutu: Kazanımın gerçekleştirilmesinde kullanılacak teknolojiler hakkında bilgi sahibi olma; kazanımın gerçekleştirilmesinde kullanılacak teknolojilerin özelliklerine hâkimiyet; kullanılan öğretim strateji yöntem teknikler ve teknolojiler ile kazanımın uyumu; öğretim strateji, yöntem-tekniklerin ve teknolojilerin kazanımı gerçekleştirecek şekilde kullanımı; ölçme değerlendirme aşamasında kullanılan yaklaşımlar ve teknolojilerin kazanıma uygunluğu ölçütlerinden oluşmuştur.

Hazırlanan TPAB Yeterlilik Değerlendirme Rubriği'nin kapsam ve yapı geçerliliği ve güvenilirlik çalışmaları için uzman görüşü alınmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirme kriterleri her madde için “Tamamen (3 puan)”, “Oldukça (2 puan)”, “Kısmen (1 puan)” ve “Hiç (0 puan)” olarak belirlenmiştir.

TPAB Yeterlilik Değerlendirme Rubriği'nin puanlama güvenilirliğini belirlemek için araştırmacı ön test ve son testten elde edilen ders planları ve katılımcı raporlarını (Nön=88, Nson=88) 1 ay arayla iki kez puanlamıştır. Araştırmacının yaptığı puanlamalar arası uyum korelasyon katsayıları hesaplanarak incelenmiştir. Korelasyon katsayıları hesaplanmadan önce veri setlerinin normal dağılım varsayımlarını sağlayıp sağlamadığı araştırılmıştır (Field, 2005). Bu varsayımların sağlanması durumunda Pearson Korelasyon Katsayısı hesaplanırken, sağlanmaması durumunda Spearman Korelasyon Katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan incelemede son testler üzerinde yapılan puanlamada TAB1 maddesine verilen

puanların normal dağılmadığı belirlenmiştir (TAB1çarpıklık= 2,431, TAB1basıklık= 9,376, $p=,000$). Diğer maddeler için elde edilen verilerin normal dağılım gösterdiği ve çizilen serpilme grafikleriyle iki puanlamadan elde edilen puanlar arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle TAB1 maddesi için korelasyon değeri için Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı hesaplanırken diğer maddeler için Pearson Korelasyon Katsayısı hesaplanmıştır. ,837-1.00 arasında değişen korelasyon katsayıları iki puanlama arasında yüksek düzeyde ilişki olduğunu göstermiştir (Cohen, 1988; Field, 2005).

Nicel verilerin analizi

Öğretmen adaylarının TPAB yeterlilik ve öz yeterlilik algı puanları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla Pearson Korelasyon Testi yapılmasına karar verilmiştir. Veri setinin uygunluğunun belirlenmesi aşamasında normal dağılımını incelemek için çarpıklık ve basıklık katsayılarının -2 ve +2 değerleri arasında olmasına dikkat edilmiş (Cameron, 2004) ve mod, medyan, aritmetik ortalama, düzeltilmiş aritmetik ortalama (trimmed mean) değerlerine bakılmıştır. Ayrıca histogram ve Q-Q plot grafiği ve serpilme grafikleri incelenmiş ve veri setinin Pearson Korelasyon Testi yapılması için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu aşamada 24 ilişki testi uygulanmış ve çalışmanın sonuçlarını etkileyecek Tip I hata oranının artmasını önlemek için Bonferroni düzeltmesi yapılarak $\alpha=0,002$ ($=0,05/24$) olarak alınmıştır (Abdi, 2010).

Korelasyon katsayıları ön testler ve son testler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen korelasyon katsayıları $r=,10$ -, 29 arası “küçük”, $r=,30$ -, 49 arası “orta” ve $r=,50$ - $1,0$ arası “büyük” düzeyde ilişki olarak yorumlanmıştır (Cohen, 1988).

Sonuçlar

AB, PAB, TAB ve TPAB boyutlarında öğretmen adaylarının Başarı Testi (BT) ve Soru Formlarından (SF) aldıkları yeterlilik puanları ile Ders Planı (DP) ve Katılımcı Raporundan (KR) aldıkları yeterlilik puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığına dair bulgular Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1.

Başarı Testi ve Soru Formlarından Elde Edilen TPAB Yeterlilik Düzeyleri ile Ders Planı ve Katılımcı Raporundan Elde Edilen TPAB Yeterlilik Düzeyleri Arasındaki İlişki

		Değişkenler							
		AB _{DP ve KR}		PAB _{DP ve KR}		TAB _{DP ve KR}		TPAB _{DP ve KR}	
		r	p	r	p	r	p	r	p
AB _{BT}	Ön test	,092	,394						
	Son test	,099	,360						
PAB _{SF}	Ön test			,120	,265				
	Son test			,328	,002				
TAB _{SF}	Ön test					,188	,079		
	Son test					,281	,008		
TPAB _{SF}	Ön test							,100	,353
	Son test							,306	,004

$p<,002$

Tablo 1 incelendiğinde ön testler ve son testlerden elde edilen puanlar için AB_{BT} ile AB_{DP ve KR}; PAB_{SF} puanları ile PAB_{DP ve KR}; TAB_{SF} ile TAB_{DP ve KR}; TPAB_{SF} ile TPAB_{DP ve KR} yeterlilik puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir. İlişki katsayıları (r) incelendiğinde, AB, PAB, TAB, TPAB boyutlarında başarı testi ve soru formları ile ders planı ve katılımcı raporundan elde edilen ön test yeterlilik puanları arasında pozitif yönde ve küçük düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Son test yeterlilik puanları arasındaki ilişki katsayıları, AB ve TAB boyutlarında puanlar arasında pozitif yönde ve küçük

düzeyde bir ilişki, PAB ve TPAB boyutlarında puanlar arasında pozitif yönde ve orta düzeyde bir ilişki olduğunu göstermiştir.

AB, PAB, TAB ve TPAB boyutlarında öğretmen adaylarının başarı testi ve soru formlarından aldıkları yeterlilik puanları ile TPAB ölçeğinden aldıkları öz-yeterlilik algı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığına dair bulgular Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2.

Çoktan Seçmeli Başarı Testi ve Soru Formlarından Elde Edilen TPAB Yeterlilik Düzeyleri ile TPAB Ölçeğinden Elde Edilen TPAB Öz-yeterlilik Algı Düzeyleri Arasındaki İlişki

		Değişkenler							
		AB _{TPAB} ölçeği		PAB _{TPAB} ölçeği		TAB _{TPAB} ölçeği		TPAB _{TPAB} ölçeği	
		r	p	r	p	r	p	r	p
AB _{BT}	Ön test	,167	,119						
	Son test	,119	,271						
PAB _{SF}	Ön test			,043	,689				
	Son test			,035	,749				
TAB _{SF}	Ön test					,023	,834		
	Son test					,165	,125		
TPAB _{SF}	Ön test							-,078	,469
	Son test							,285	,007

p<,002

Tablo 2 incelendiğinde ön testler ve son testlerden elde edilen puanlar için AB_{BT} ile AB_{TPAB} ölçeği, PAB_{SF} ile PAB_{TPAB} ölçeği, TAB_{SF} ile TAB_{TPAB} ölçeği, TPAB_{SF} ile TPAB_{TPAB} ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (p>,002). İlişki katsayıları (r) incelendiğinde, AB, PAB ve TAB boyutlarında çoktan seçmeli başarı testi ve soru formları ile TPAB ölçeğinden elde edilen puanlar arasında ön ve son testlerde pozitif yönde ve küçük düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. TPAB boyutunda ise, puanlar arasında ön testte negatif yönde ve küçük düzeyde bir ilişki belirlenirken, son testte pozitif yönde ve küçük düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir.

AB, PAB, TAB ve TPAB boyutlarında öğretmen adaylarının ders planı ve katılımcı raporundan aldıkları yeterlilik puanları ile TPAB ölçeğinden aldıkları öz-yeterlilik algı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığına dair bulgular Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3.

Ders planı ve Katılımcı Raporundan Elde Edilen TPAB Yeterlilik Puanları İle TPAB Ölçeğinden Elde Edilen TPAB Öz-yeterlilik Algı Puanları Arasındaki İlişki

		Değişkenler							
		AB _{TPAB} ölçeği		PAB _{TPAB} ölçeği		TAB _{TPAB} ölçeği		TPAB _{TPAB} ölçeği	
		r	p	r	p	r	p	r	p
AB _{DP ve KR}	Ön test	,182	,089						
	Son test	-,091	,397						
PAB _{DP ve KR}	Ön test			,075	,490				
	Son test			-,151	,161				
TAB _{DP ve KR}	Ön test					,067	,533		
	Son test					-,074	,493		
TPAB _{DP ve KR}	Ön test							,055	,612

Son test	-,066	,541
$p < ,002$		

Tablo 3 incelendiğinde ön testler ve son testlerden elde edilen puanlar için AB_{DP} ve KR ile AB_{TPAB} ölçeği, PAB_{DP} ve KR ile PAB_{TPAB} ölçeği, TAB_{DP} ve KR ile TAB_{TPAB} ölçeği, $TPAB_{DP}$ ve KR ile $TPAB_{TPAB}$ ölçeği puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ($p > ,002$). İlişki katsayıları (r) incelendiğinde, tüm boyutlarda ders planı ve katılımcı raporu ile TPAB ölçeğinden elde edilen puanlar arasında ön testlerde pozitif yönde ve küçük düzeyde bir ilişki, son testlerde negatif yönde ve küçük düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Tartışma ve Öneriler

Bu araştırmada farklı veri kaynaklarından elde edilen TPAB yeterlilik ve öz yeterlilik algı puanları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, başarı testinden elde edilen AB yeterlilik puanları, ders planı-katılımcı raporundan elde edilen AB yeterlilik puanları ve TPAB ölçeğinden elde edilen AB öz yeterlilik algısı puanları arasında hem ön test puanları için hem de son test puanları için istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını göstermiştir. Benzer şekilde, soru formlarından elde edilen PAB, TAB ve TPAB yeterlilik puanları, ders planı-katılımcı raporundan elde edilen PAB, TAB ve TPAB yeterlilik puanları ve TPAB ölçeğinden elde edilen PAB, TAB ve TPAB öz yeterlilik algısı puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, farklı TPAB ölçümleri arasındaki tutarsızlıkları gösteren önceki çalışma sonuçlarını desteklemektedir (Agyei ve Keengwe, 2014; Kopcha vd., 2014; So ve Kim, 2009). Kopcha ve arkadaşları (2014) ders planlarının analizinden elde edilen TPAB performans puanları ile TPAB ölçeği ile elde edilen öz-değerlendirme puanları arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında TAB ve TPAB boyutlarında öğretmen adaylarının öz-değerlendirme puanlarıyla performans puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı olmayan zayıf ilişkiler olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Agyei ve Keengwe (2014) çalışmalarında matematik öğretmen adaylarının ders planı, gözlem, ürün değerlendirme yoluyla elde edilen TPAB performans puanları ile TPAB ölçeği ile elde edilen öz değerlendirme puanları arasında ilişki olmadığını tespit etmiştir. Ayrıca bu çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar Nathan'ın (2009) öğretmen adaylarının teknoloji entegrasyon güven algıları ile bilgi ve beceri düzeylerinin her zaman güçlü ilişki göstermeyeceği şeklindeki çalışma sonucunu desteklemektedir.

Bu çalışmada soru formları ile ders planı ve katılımcı raporundan elde edilen PAB ve TPAB puanları arasında orta düzeyde ilişkiler olduğu belirlenirken, diğer durumlarda farklı veri kaynaklarından elde edilen AB, PAB, TAB ve TPAB puanları arasında küçük düzeyde ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Kopcha ve arkadaşları (2014) iki ölçüm arasında bir miktar uyumsuzluk olmasının beklenen bir durum olduğunu belirtmiştir. Ancak bu çalışmada ölçümler arası ilişkilerin birçok durumda küçük düzeyde olması öğretmen adaylarının TPAB'larına ilişkin endişeleri ortaya çıkarmaktadır. So ve Kim (2009) teknoloji destekli dersleri tasarlarırken öğretmen adaylarının inançları, bilgileri ve uygulamaları arasında tam olarak bağlantı kurmakta zorlanabileceklerini ifade etmiştir. Bu çalışmada belirlenen öğretmen adaylarının inançlarına ilişkin TPAB öz-yeterlilik algıları ile bilgi, beceri ve performanslarına ilişkin TPAB yeterlilikleri arasındaki zayıf ilişkiler gelecekte öğretmen adaylarının derslerinde teknoloji kullanırken bağlantı kurmakta zorlanabileceklerini göstermektedir.

Diğer taraftan bu çalışmada elde edilen AB, PAB, TAB ve TPAB puanları arasındaki zayıf ve anlamsız ilişkiler her bir ölçme aracının matematik öğretmen adaylarının TPAB'larına ilişkin farklı kanıtlar sunduğunu göstermektedir (Kopcha vd., 2014). Bu sonuç literatürde yer alan TPAB ölçümlerin duyarlılığını sağlamak ve öğretmen adaylarının TPAB'ları hakkında daha iyi bir anlayış geliştirmek için TPAB düzeyinin belirlenmesinde çoklu veri kaynağı kullanılmasının gerekliliğine ilişkin yapılan açıklamaları desteklemektedir (Abbitt, 2011b; Agyei ve Keengwe, 2014; Holmes, 2009). Ayrıca bu sonucun TPAB'ın yalnızca algı olarak ele alınmasının bilgi yapısını tam olarak yansıtmadığı (Şad vd., 2015) ve bilgi ile inancın birbirine karıştırılmasına neden olduğuna dair yapılan eleştirileri haklı çıkardığı söylenebilir (Voogt vd., 2013). Bu bağlamda öğretmen adaylarının TPAB düzeylerinin farklı veri toplama araçları ile derinlemesine araştırılması önerilmektedir.

Öte yandan bu çalışmada farklı veri kaynaklarından elde edilen TPAB puanları arasında anlamlı ilişkiler olmamasının çeşitli nedenleri olabilir. Agyei ve Keengwe (2014) çalışmalarında TPAB ölçümleri arasında ilişki çıkmamasının nedenlerinden birinin öğretmen adaylarının matematik konularını öğretirken elektronik tablolama programlarını kullanmaları olabileceğine dikkat çekmiştir. Akyüz (2018) ise TPAB ölçümleri arasındaki tutarsızlıkların çalışılan konu alanından kaynaklanabileceği gibi kullanılan teknolojilerin özelliklerinden de kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada öğretmen adayları özel bir geometri konusunun (çokgenler) öğretiminde çoğunlukla GeoGebra programının kullanıldığı öğretim deneyimlerine katılmışlardır. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen sonuçların da öğretmen adaylarının özel bir içeriğin öğretiminde belirli bir teknolojiyi kullanmalarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca Agyei ve Keengwe (2014) çalışmalarında kullandıkları TPAB ölçeğinin genel ve soyut bir yapıda olması sebebiyle öğretmen adaylarının ölçme aracına kendi alanlarını (matematik) ve kullandıkları özel teknolojiyi (elektronik tablolama) dikkate alarak cevap verememiş olabileceğine dikkat çekmiştir. Benzer şekilde bu çalışmada başarı testi, soru formları, ders planları ve katılımcı raporunda çokgenler konusunun öğretimine odaklanılırken Geometri konusunda TPAB ölçeğinin geometri konuları için hazırlanmış olması ve özel bir teknolojiye odaklanmaması TPAB yeterlilik puanları ile TPAB öz-yeterlilik algı puanları arasındaki zayıf ilişkilerin nedeni olabilir.

Bu çalışmanın sonuçlarıyla çelişen çalışma sonuçları da bulunmaktadır. Akyüz (2018) çalışmasında 9 matematik öğretmen adayından elde ettiği TPAB performans puan ortalamaları ile TPAB öz değerlendirme puan ortalamalarının birbirine yakın olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırmacı çalışmasında elde ettiği öz değerlendirme ve performans değerlendirme puanları arasındaki benzerliğin her durumda performans değerlendirmesinin mutlaka gerekli olmadığını düşündüğünü belirtmiştir.

Erdoğan ve Şahin (2010), matematik öğretmen adaylarının TPAB öz-yeterlilik düzeyleri ile akademik başarıları arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, adayların öz-yeterlilik puanlarının genel not ortalamalarıyla anlamlı ölçüde ilişki olduğunu belirtmiştir. Erdoğan ve Şahin'in (2010) çalışmasında elde edilen sonucun, bu çalışmada çoktan seçmeli başarı testinden elde edilen AB yeterlilik puanı ile TPAB ölçeğinden elde edilen AB öz-yeterlilik algı puanı arasındaki ilişkiye dair elde edilen sonuçtan farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılığın nedenlerinden biri, bu çalışmada öğretmen adaylarının çokgenler konusuna özgü bilgi düzeyleri ile geometri konusundaki TPAB öz yeterlilik algı düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi olabilir. Bu durum, içerik alanına özgü yapılan ölçümlerin genel ölçümlerden farklı sonuçlar ortaya çıkarabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Spazak (2013), ortaöğretim matematik öğretmen adayları ile yaptığı çalışmasında öğretmen adaylarının TPAB düzeyleri ile teknoloji entegrasyonu öz-yeterlilik algı düzeyleri arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada öğretmen adaylarının "Teknoloji Entegrasyon Güven Ölçeği" ile belirlenen öz-yeterlilik algı düzeyleri ile "Öğretmenlerin Öğretim ve Teknoloji Bilgisi Anketi" ile belirlenen AB, PB, TB, PAB, TPB, TAB, TPAB düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğu görülmüştür. Ancak çalışmamızla çelişen bu sonucun, Spazak (2013)'ün çalışmasında iki ölçümde de ölçek kullanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim farklı bölümlerde okuyan öğretmen adaylarıyla yapılan çalışma sonuçları da, ölçeklerle belirlenen TPAB düzeyi ile teknoloji entegrasyonuna yönelik öz-yeterlilik algı düzeyi arasındaki ilişkinin anlamlı olduğunu göstermiştir. Örneğin, Abbitt (2011a) okul öncesi öğretmen adaylarının "Bilgisayar Teknolojisi Entegrasyon Anketi" ile belirlenen öz-yeterlilik inanç düzeyleri ile "Öğretmen Adaylarının Öğretim ve Teknoloji Bilgi Anketi" ile belirlenen TPAB düzeyleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları, teknoloji entegrasyonuna odaklanılan ders öncesinde adayların TB, PB, TPB, TAB ve TPAB puanları ile öz yeterlilik puanları arasında ve ders sonrasında adayların TB, PB, PAB, TPB, TAB ve TPAB puanları ile öz yeterlilik puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, farklı bölümlerde öğrenim gören öğretmen adaylarının TPAB yeterlilikleri ve teknoloji entegrasyonuna yönelik öz-yeterlilik algıları arasındaki ilişkiyi inceleyen Keser, Karaoğlan Yılmaz ve Yılmaz (2015)'in çalışmalarının sonucu, Teknopedagojik Eğitim Yetkinlik Ölçeği ve Teknoloji Entegrasyonu Öz Yeterlilik Ölçeği ile elde edilen yeterlilik ve öz-yeterlilik puanları arasında pozitif yönde yüksek ilişki olduğunu göstermiştir. Bu çalışma sonuçları aynı yapıda veri kaynaklarından elde edilen puanlar arasındaki ilişkinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırma Özel Öğretim Yöntemleri dersini alan 88 matematik öğretmen adayının yer aldığı bir çalışma grubu üzerinde yapılmıştır. Bu durum araştırmanın genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Araştırmadan elde edilen sonuçların genellenebilirliğini arttırmak daha fazla öğretmen adayının katılımı ile adaylarının farklı veri kaynaklarından elde edilen TPAB düzeyleri arasındaki ilişkiler araştırılabilir. Ayrıca, araştırmada konu sınırlandırılması yapılarak 7. sınıf çokgenler konusu üzerinde çalışılmıştır. Bu durum çalışma sonuçlarının farklı konulara genellenmesini engellemektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda matematiğin farklı konularında öğretmen adaylarının TPAB düzeyleri arasındaki ilişkiler araştırılabilir.

References

- Abbitt, J. and Klett, M. (2007). Identifying influences on attitudes and self-efficacy beliefs towards technology integration among pre-service educators. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, 6, 28-42.
- Abbitt, J. T. (2011a). An investigation of the relationship between self-efficacy beliefs about technology integration and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) among preservice teachers. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27(4), 134-143.
- Abbitt, J. T. (2011b). Measuring Technological Pedagogical Content Knowledge in preservice teacher education: A review of current methods and instruments. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(4), 281–300.
- Abdi, H. (2010). Holm's sequential bonferroni procedure. In N. Salkind (Eds.), *Encyclopedia of research design* (pp. 1–8). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Açıkğül, K. (2012). *The investigation of pre-service teachers' problem solving processes on locus problems by dynamic geometry software and their opinions on the processes*. Master thesis, İnönü University, Malatya.
- Açıkğül, K. and Aslaner, R. (2015). Investigation of TPACK confidence perception of pre-service elementary mathematics teachers. *Erzincan University Journal of Education Faculty*, 17(1), 118-152.
- Agyei, D. D. and Keengwe, J. (2014). Using Technological Pedagogical Content Knowledge development to enhance learning outcomes. *Education and Information Technologies*, 19, 155–171.
- Agyei, D. and Voogt, J. (2012). Developing technological pedagogical content knowledge in pre-service mathematics teachers, through collaborative design teams. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(4), 547-564.
- Akkoç, H. (2011). Investigating the development of pre-service mathematics teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge. *Research in Mathematics Education*, 13(1), 75-76.
- Akyüz, D. (2018). Measuring technological pedagogical content knowledge (TPACK) through performance assessment. *Computers & Education*, 125, 212-225.
- Alayyar, G., Fisser, P., and Voogt, J. (2012). Developing Technological Pedagogical Content Knowledge in pre-service science teachers: Support from blended learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(8), 1298-1316.
- Alshehri, K. A. (2012). *The influence of mathematics teachers' knowledge in technology, pedagogy and content (TPACK) on their teaching effectiveness in Saudi public schools*. Doctoral Dissertation, University of Kansas.
- Anderson, J.C. and Gerbing, D.W. (1984). The effect of sampling error on convergence, improper solutions, and goodness-of-fit indices for maximum likelihood confirmatory factor analysis. *Psychometrika*, 49(2), 155-173.
- Aquino, A. B. (2015). Self-efficacy on Technological, Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) of biological science pre-service teachers. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 3(4), 150-157.
- Archambault, L. and Crippen, K. (2009). Examining TPACK among K-12 online distance educators in the United States. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 71-88.
- Archambault, L. M. and Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers and Education*, 55(4), 1656-1662.
- Baran, E. ve Canbazoğlu Bilici, S. (2015). A Review of the research on Technological Pedagogical Content Knowledge: The Case of Turkey. *Hacettepe University Journal of Education*, 30(1), 15-32.
- Baran, E., Chuang, H.H. and Thompson, A. (2011). TPACK: An emerging research and development tool for teacher educators. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, 10(4), 370-377.

- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford Press.
- Bulut, A. (2012). Investigating perceptions of preservice mathematics teachers on their Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) regarding geometry. Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Cameron, A. (2004). Kurtosis. In M. Lewis-Beck, A. Bryman and T. Liao (Eds.). *Encyclopedia of social science research methods*. (pp. 544-545). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Canbazoğlu Bilici, S., Yamak, H., Kavak, N., S. and Guzey, S. (2013) Technological Pedagogical Content Knowledge Self-Efficacy Scale (TPACK-SeS) for pre-service science teachers: Construction, validation and reliability. *Eurasian Journal of Education Research*, 52, 37-60.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Davis, L.L.(1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. *Applied Nursing Research*, 5(4), 194-197.
- Deliceoğlu, G. (2009). The comparison of the reliabilities of the soccer abilities? rating scale based on the classical test theory and generalizability. Doctoral dissertation, Ankara University, Ankara.
- Ebel, R. L. and Frisbie, D. A. (1986). *Essentials of educational measurement*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Erdoğan, A. and Şahin, I. (2010). Relationship between math teacher candidates' Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) and achievement levels. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2707-2711.
- Erez, M. M. and Yerushalmy, M. (2006). "If you can turn a rectangle into a square, you can turn a square into a rectangle ..." young students experience the dragging tool. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11(3), 271-299.
- Fraenkel, J., Wallen, N. and Hyun, H.H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). Boston: McGraw Hill.
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). London: Sage.
- Graham, C. R.(2011). Theoretical considerations for understanding Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). *Computers and Education*, 57(3), 1953-1960.
- Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St. Clair, L. and Harris, R. (2009). TPACK development in science teaching: Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *TechTrends, Special Issue on TPACK*, 53(5), 70-79.
- Habre, S. and Grundmeier T. A. (2007). Pre-service mathematics teachers' views on the role of technology in mathematics education. *The Journal*, 3, 1-10.
- Hair, J. F. Jr., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., and Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.
- Harris, J., Grandgenett, N. and Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In C. Crawford, D. A. Willis, R. Carlsen, I. Gibson, K. McFerrin, J. Price and R. Weber (Eds.), *Proceedings of the Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2010* (pp. 3833– 3840). Chesapeake, VA: AACE.
- Harris, J., Mishra, P. and Koehler, M. (2009). Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393-416.
- Hingorjo, M. R. and Jaleel, F. (2012). Analysis of one-best MCQs: the difficulty index, discrimination index and distractor efficiency. *JPMA-Journal of the Pakistan Medical Association*, 62(2), 142-147.
- Holmes, K. (2009). Planning to teach with digital tools: Introducing the IWB to pre-service secondary mathematics teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(3), 351-365.

- Hooper, D., Coughlan, J. and Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: guidelines for determining model fit. *The Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53-60.
- Jang, S.J., and Tsai, M.F. (2012). Exploring the TPACK of Taiwanese elementary mathematics and science teachers with respect to use of interactive whiteboards. *Computers and Education*, 59(2), 327- 338.
- Jones, K. (2001), Learning geometrical concepts using dynamic geometry software. In: Kay Irwin (Ed), *Mathematics Education Research: A catalyst for change*. Auckland: University of Auckland, p. 50-58.
- Keser, H., Karaoğlan Yılmaz, F. G., & Yılmaz, R. (2015). TPACK competencies and technology integration self efficacy perceptions of pre-service teachers. *Elementary Education Online*, 14(4), 1193-1207.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York: Guilford Press.
- Koehler, M. J. and Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152.
- Koehler, M. J. and Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Koehler, M. J., Shin, T. S., and Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, and M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (pp. 16-31).
- Kopcha, T. J., Ottenbreit-Leftwich, A., Jung, J., & Baser, D. (2014). Examining the TPACK framework through the convergent and discriminant validity of two measures. *Computers & Education*, 78, 87–96.
- Kordaki, M. and Balomenou, A. (2006). Challenging students to view the concept of area in triangles in a broader context: Exploiting the tools of Cabri II. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11(1), 99-135.
- Laborde, C. (2003). Technology used as a tool for mediating knowledge in the teaching of mathematics: the case of Cabri-geometry. *Proceedings of 8th. ACTM*, Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.
- Lai, K. and White, T. (2012). Exploring quadrilaterals in a small group computing environment. *Computers and Education*, 59(3), 963–973.
- Leung, A. (2008). Dragging in a dynamic geometry environment through the lens of variation. *Int J Comput Math Learning*, 13, 135–157.
- Lyublinskaya, I. and Tournaki, N. (2015). Examining the relationship between self and external assessment of TPACK of pre-service special education teachers. *Research Highlights in Technology and Teacher Education 2015*, 29-36.
- Mariotti, M. A. (2000). Introduction to proof: The mediation of a dynamic software environment. *Educational Studies in Mathematic*, 44, 25–53.
- Mishra, P. and Koehler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054.
- Nathan, E. J. (2009). *An examination of the relationship between preservice teachers' level of Technology Integration Self-Efficacy (TISE) and level of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)*. Doctoral dissertation, University of Houston.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. <http://www.nctm.org/standards.htm> Accessed 10 May 2011.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21, 509–523.
- Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper S. R., Johnston, C., Browning, C., Özgün Koca, S. A., and Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4–24.

- Niess, M. L., Van Zee, E. H. and Gillow-Wiles, H. (2010). Knowledge growth in teaching mathematics/science with spreadsheets: Moving PCK to TPACK through online professional development. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27(2), 42-52.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. and Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.
- Shevlin, M. and Miles, J. N. V. (1998). Effects of sample size, model specification and factor loadings on the GFI in confirmatory factor analysis. *Personality and Individual Differences*, 25(1), 85-90.
- So, H. J. and Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(1), 101-116.
- Spazak, L. (2013). *Secondary preservice teachers' perception of preparedness to integrate technology*. Doctoral dissertation, Indiana University of Pennsylvania, United States.
- Straesser, R. (2001). Cabri-géomètre: Does Dynamic Geometry Software (DGS) change geometry and its teaching and learning? *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6, 319-333.
- Şad, N., Açıkgül, K. and Delican, K. (2015). Senior preservice teachers' senses of efficacy on their Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Theoretical Educational Science*, 8(2), 204-235.
- Tabachnick, B. G. and Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Wang, L., Ertmer, P. A. and Newby, T. J. (2004). Increasing preservice teachers' self-efficacy beliefs for technology integration. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(3), 231-250.
- Wells, C. S. and Wollack, J. A. (2003). *An Instructor's Guide to Understanding Test Reliability. Testing and Evaluation Services. University of Wisconsin*. <https://testing.wisc.edu/Reliability.pdf> Accessed 15 August 2016.
- Van Der Valk, T. A. and Broekman, H. (1999). The lesson preparation method: A way of investigating pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 11-22.
- Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & Van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge—a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109-121.
- Yiğit, M. (2014). A review of the literature: How pre-service mathematics teachers develop their Technological, Pedagogical, And Content Knowledge. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(1), 26-35.