

Eğitim Teknolojisi

kuram ve uygulama

Kiř 2019

Cilt 9

Sayı 1

Winter 2019

Volume 9

Issue 1

Educational Technology

theory and practice

ISSN: 2147-1908

Cilt 9, Sayı 1, Kış 2019
Volume 9, Issue 1, Winter 2019

Genel Yayın Editörü / Editor-in-Chief: **Dr. Halil İbrahim YALIN**
Editör / Editor: **Dr. Tolga GÜYER**

Basım Editörü / Publisher Editor: **Dr. Tolga GÜYER**
Redaksiyon / Redaction: **Mertcan ÜNAL, Dr. Burcu BERİKAN, Figen DEMİREL UZUN, Akça Okan YÜKSEL**
Dizgi / Typographic: **Dr. Tolga GÜYER**
Kapak ve Sayfa Tasarımı / Cover and Page Design: **Dr. Bilal ATASOY**
İletişim / Contact Person: **Dr. Tolga GÜYER**

Dizinlenmektedir / Indexed in: **ULAKBİM Sosyal ve Beşerî Bilimler Veritabanı (TR-Dizin), Türk Eğitim İndeksi, Sosyal Bilimler Atıf Dizini**

ETKU Dergisi **2011 yılından itibaren yılda iki defa** düzenli olarak yayınlanmaktadır.
Educational Technology Theory and Practice Journal is published regularly **twice a year since 2011.**

Editör Kurulu / Editorial Board*

Dr. Ana Paula Correia
Dr. Buket Akkoyunlu
Dr. Cem Çuhadar
Dr. Deniz Deryakulu
Dr. Deepak Subramony

Dr. Feza Orhan
Dr. H. Ferhan Odabaşı
Dr. Hafize Keser
Dr. Halil İbrahim Yalın
Dr. Hyo-Jeong So

Dr. Kyong Jee(Kj) Kim
Dr. M. Yaşar Özden
Dr. Özcan Erkan Akgün
Dr. S. Sadi Seferoğlu
Dr. Sandie Waters

Dr. Servet Bayram
Dr. Şirin Karadeniz
Dr. Tolga Güyer
Dr. Trena Paulus
Dr. Yavuz Akpınar
Dr. Yun-Jo An

* Liste isme göre alfabetik olarak oluşturulmuştur. / List is created in alphabetical order

Hakem Kurulu / Reviewers*

Dr. Abdullah Kuzu
Dr. Adile Aşkim Kurt
Dr. Agah Tuğrul Korucu
Dr. Arif Altun
Dr. Aslıhan İstanbullu
Dr. Aslıhan Kocaman Karoğlu
Dr. Ayça Çebi
Dr. Ayfer Alper
Dr. Aynur Kolburan Geçer
Dr. Ayşegül Bakar Çörez
Dr. Bahar Baran
Dr. Barış Sezer
Dr. Berrin Doğusoy
Dr. Betül Özeydin
Dr. Bilal Atasoy
Dr. Burcu Berikan
Dr. Çelebi Uluyol
Dr. Demet Somuncuoğlu Özerbaş
Dr. Deniz Atal Köysüren
Dr. Deniz Mertkan Gezgin
Dr. Ebru Kılıç Çakmak
Dr. Ebru Solmaz
Dr. Ekmel Çetin
Dr. Emin İbili
Dr. Emine Aruğaslan
Dr. Emine Cabı
Dr. Emine Şendurur
Dr. Engin Kurşun
Dr. Erinç Karataş
Dr. Erhan Güneş
Dr. Erkan Çalişkan
Dr. Erkan Tekinarslan
Dr. Erman Yükseltürk

Dr. Erol Özçelik
Dr. Ertuğrul Usta
Dr. Esmâ Aybike Bayır
Dr. Esra Yecan
Dr. Fatma Bayrak
Dr. Fatma Keskinçelik
Dr. Fezile Özdamlı
Dr. Filiz Kalelioğlu
Dr. Filiz Kuşkaya Mumcu
Dr. Funda Erdoğan
Dr. Gizem Karaoğlan Yılmaz
Dr. Gökçe Becit İşçitürk
Dr. Gökhan Akçapınar
Dr. Gökhan Dağhan
Dr. Gülfidan Can
Dr. H. Ferhan Odabaşı
Dr. Hafize Keser
Dr. Halil Ersoy
Dr. Halil İbrahim Akyüz
Dr. Halil İbrahim Yalın
Dr. Halil Yurdugül
Dr. Hanife Çivril
Dr. Hasan Çakır
Dr. Hasan Karal
Dr. Hatice Durak
Dr. Hatice Sancar Tokmak
Dr. Hüseyin Bicen
Dr. Hüseyin Çakır
Dr. Hüseyin Özçınar
Dr. Hüseyin Uzunboylu
Dr. Işıl Kabakçı Yurdakul
Dr. İbrahim Arpacı
Dr. İlknur Resioğlu

Dr. Kerem Kılıçer
Dr. Kevser Hava
Dr. M. Emre Sezgin
Dr. M. Fikret Gelibolu
Dr. Mehmet Akif Ocak
Dr. Mehmet Barış Horzum
Dr. Mehmet Kokoç
Dr. Mehmet Üçgül
Dr. Melih Engin
Dr. Meltem Kurtoğlu
Dr. Muhittin Şahin
Dr. Mukaddes Erdem
Dr. Murat Akçayır
Dr. Mustafa Sarıtepeci
Dr. Mustafa Serkan Günbatar
Dr. Mustafa Yağcı
Dr. Mutlu Tahsin Üstündağ
Dr. Müge Adnan
Dr. Nadire Çavuş
Dr. Necmi Eşgi
Dr. Nezh Önal
Dr. Nuray Gedik
Dr. Nurettin Şimşek
Dr. Onur Dönmez
Dr. Ömer Faruk İslim
Dr. Ömer Faruk Ursavaş
Dr. Ömür Akdemir
Dr. Özcan Erkan Akgün
Dr. Özden Şahin İzmirli
Dr. Özlem Baydaş
Dr. Özlem Çakır
Dr. Ramazan Yılmaz
Dr. Recep Çakır

Dr. Salih Bardakçı
Dr. Sami Acar
Dr. Sami Şahin
Dr. Selay Arkün Kocadere
Dr. Selçuk Karaman
Dr. Selçuk Özdemir
Dr. Serap Yetik
Dr. Serçin Karataş
Dr. Serdar Çiftçi
Dr. Serkan Şendağ
Dr. Serkan Yıldırım
Dr. Serpil Yalçınalp
Dr. Sibel Somyürek
Dr. Soner Yıldırım
Dr. Şafak Bayır
Dr. Şahin Gökçearslan
Dr. Şeyhmus Aydoğdu
Dr. Tarık Kışla
Dr. Tayfun Tanyeri
Dr. Turgay Alakurt
Dr. Tolga Güyer
Dr. Türkan Karakuş
Dr. Uğur Başarmak
Dr. Ümmühan Avcı Yücel
Dr. Ünal Çakıroğlu
Dr. Veynel Demirer
Dr. Vildan Çevik
Dr. Yalın Kılıç Türel
Dr. Yasemin Demirarslan Çevik
Dr. Yasemin Gülbahar
Dr. Yasemin Koçak Usluel
Dr. Yavuz Akbulut
Dr. Yusuf Ziya Olpak
Dr. Yüksel Gökteş

* Liste isme göre alfabetik olarak oluşturulmuştur. / List is created in alphabetical order.

İletişim Bilgileri / Contact Information

İnternet Adresi / Web: <http://dergipark.gov.tr/etku>

E-Posta / E-Mail: tguyer@gmail.com

Telefon / Phone: +90 (312) 202 17 38

Adres / Adress: Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, 06500 Teknikokullar - Ankara / Türkiye

3B TASARIM ÖĞRENME DENEYİMİNİN SÜREÇ DEĞERLENDİRMESİ VE EĞİTSEL ÇIKTILARININ KEŞFEDİLMESİ¹

Ekmel ÇETİN² , Burcu BERİKAN³ , Akça Okan YÜKSEL⁴

Öz

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı dönüşümler ve sanayi devrimiyle gelen yeni sanayi çağı, eklemeli imalat ile birlikte ön plana çıkan 3 boyutlu yazıcıların önemini artırmıştır. Bu çalışma, “Çocuklar için 3D Tasarım” eğitiminin öğrenciler açısından etkilerinin derinlemesine incelenmesini amaçlamaktadır. 79 öğrenci (42 erkek, 37 kadın)12 hafta boyunca 3D tasarım etkinliklerine katılmıştır. Çalışmanın başında, bilgi formu ile çocukların demografik bilgileri ve bilişim teknolojileri kullanım durumları hakkında bilgiler alınmıştır. 12 hafta süren eğitim içerisinde, öğrencilerin ortaya koydukları 120 ürünün değerlendirilmesi ile gelişimleri incelenmiştir. Ayrıca, eğitimden sonra öğrencilerle probleme dayalı soruların yer aldığı bir görüşme yapılarak, öğrencilerin gördükleri bir nesneyi parça bütün ilişkisi kurarak analiz edebilme düzeyleri incelenmiştir. Buna ek olarak, öğrenci ve veliler ile yapılan görüşmelerle, öğrencilerin kazandıkları becerileri gerçek hayatla ve dersleri ile ilişkilendirme durumları incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, öğrencilerin eğitim ortamını nasıl değerlendirdiğini keşfetmek üzere görüşmeler yapılmıştır. Bilgi formundan elde edilen veriler frekans, yüzde gibi betimsel analizlerle yorumlanırken görüşmelerden elde edilen nitel veriler de içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuç olarak, öğrencilerin eğitimden sonra parça bütün ilişkisi kurma ve tasarım becerileri açısından gelişme kaydettiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, öğrenciler eğitim içerisinde kazandıkları becerilerin çeşitli mesleklerdeki (mimarlık, tıp, inşaat vb.) uygulama alanları ile ilişkilerini ifade etmişlerdir. Öğrenciler elde ettikleri becerilerin güzel sanatlar, geometri ve fizik dersleri için de önemli olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin eğitim

¹ Bu çalışma, ITTES 2017’de özet bildiri olarak sunulmuştur.

² Arş. Gör. Dr., Kastamonu Üniversitesi/Eğitim Fakültesi/BÖTE Bölümü, ekmelcetin@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1076-8887

³ Arş. Gör. Dr., Gazi Üniversitesi/Gazi Eğitim Fakültesi/BÖTE Bölümü, burcuberikan@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6241-9593

⁴ Arş. Gör., Bozok Üniversitesi/Eğitim Fakültesi/BÖTE Bölümü, yuksel.akcaokan@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5430-0821

ortamı değerlendirirken, kullanım kolaylığı, eğitimin içerikleri ve eğitimin etkisi temaları üzerinde görüş bildirdikleri görülmüştür. Öğrenciler, eğitim materyallerini ve araçlarını kullanmanın bir zorluk ve motivasyon kaybı yaratmadığını ve 3D tasarım yapabilmenin kolay, zevkli ve gerçekçi/anlamli olduğunu göstermesi açısından etkinliklerin faydalı olduğunu ifade etmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: 3B tasarım; tasarım becerisi; çevrimiçi 3D tasarım ortamları; Tinkercad

DISCOVERING THE EDUCATIONAL OUTCOMES AND FORMATIVE EVALUATION OF 3D DESIGN LEARNING EXPERIENCE

Abstract

Rapid transformations in information and communication technologies and the industrial revolution revealed the importance of 3D printers. This study aims to examine in depth the effects of the "3D Design for Children" education in terms of students' perspective. 42 male and 37 female students participated in 3D design activities for 12 weeks. First, demographic information and information technology use of children collected with a form. During the 12-week training period, the improvement of students was investigated with 120 products developed by students. After the training, students were interviewed and the level of their ability to analyze an object they viewed by establishing a whole part relationship was examined. Moreover, interviews with were conducted to investigate the relationship between the skills of the students and their real life and courses. In the final phase, interviews were held to explore how students assessed the learning environment. Qualitative data obtained from the interviews were analyzed by content analysis method while the data obtained from the information form were interpreted with descriptive analyzes such as frequency and percentage. As a result, it is observed that the students improved after the trainings in terms of the ability to establish all parts and design skills. It was seen that the students reported opinions on ease of use, contents of education and effects of education. Students expressed the view that using training materials and tools did not cause any difficulty and motivation loss and that the activities were easy, enjoyable and realistic/meaningful to do 3D design.

Keywords: 3D design; conceptual skill; online 3D design environments; Tinkercad

Summary

Rapid transformations in information and communication technologies force individuals and societies to change. The first mechanical industry movement which started with steam machines about 300 years ago (Industry 1.0) continued with a rapid evolutionary process with electricity and mass production (Industry 2.0) and computers and automation systems (Industry 3.0). With the advancement in computer and automation systems, the transition to intelligent production systems, called Industry 4.0, has been made.

The widespread use of 3D printing technology also has a significant economic impact on the hardware and software industry. This effect indirectly leads to changes in education. With the role of educating students preparing for the future, it is thought that students should gain the skills and competencies necessary for their future working methods and daily life. For this reason, it is necessary to arrange the learning approaches accordingly in order to bring 21st century skills to the students successfully. It is important in this process to develop new learning processes and methods aimed at gaining 21st century skills rather than organizing events focusing solely on a particular subject or subject.

The basis of the studies in the field of maker in education (coding, robotics, 3D design) based on the constructivist approach. This approach focuses on learning through creative production processes and exploring knowledge rather than passively getting knowledge. The maker movement is shaped mainly on project-based and experiential learning and practice. In the Maker process, learning environments are supported by inquiry-based learning experiences, STEM approach and entrepreneurship concept. Especially with the spread of science, technology, engineering and mathematics (STEM) approach, interest towards production skills has increased. Digital production in education has become an important part of educational programs and is being used as means of thinking and producing to develop student interest and skills in STEM fields.

In summary, it is often emphasized that 3D design activities are important, especially in terms of spatial thinking and creativity skills. Moreover, with the widespread use of the STEM curriculum approach, it seems that 3D modeling tools are important for digital production, which is the most important keystone of the maker movement. The basic aim of this study is to explore the process evaluation and educational outputs of the 3D design learning experience. Process evaluation aims to explore positive and negative situations for the activity of the 3D design learning experience.

The longitudinal case study was used to examine the use of the Tinkercad program and the 3-month learning process in which students spend their time doing activities and products in conjunction with this program. 42 male and 37 female students participated in 3D design activities for 12 weeks. First, demographic information and information technology use of children collected with a form. During the 12-week training period, the improvement of students was investigated with 120 products developed by students. After the training, students were interviewed and the level of their ability to analyze an object they viewed by

establishing a whole part relationship was examined. Moreover, interviews with were conducted to investigate the relationship between the skills of the students and their real life and courses. In the final phase, interviews were held to explore how students assessed the learning environment. Qualitative data obtained from the interviews were analyzed by content analysis method while the data obtained from the information form were interpreted with descriptive analyzes such as frequency and percentage.

Students generally stated that they did not have problem during activities, they liked the content and examples. Teacher's view showed that the designed education resulted in the increase of the students' unity, curiosity and creativity. Teacher stated that giving tasks for children to put forth creative products made it possible for students to work intensively and rigorously on products and strive to improve their products. As a result of interviews on the benefits of the skills; it seems that students find these skills useful for many professions and courses. Especially; occupations such as engineering, medicine, architecture and construction are often seen as the forefront. The most striking point in the literature is the need for these professions to have intense spatial skills. During the interviews, it is seen that the students' ideas are in parallel with other studies in the literature. Mathematics, geometry, visual arts and basic science courses were among the most useful courses for students to use the skills they acquired from education. What is important here is that the courses that the students are taught in the literature are similar to the courses that are shown to be related to the 3D design and production activities as a result of supporting the spatial thinking skills of the students.

Interviews with parents focused on the changes that occurred in the students both inside and outside the school. Parents pointed out that the increase in students' knowledge of Information Technologies, as well as the playing of computer games, led to new hobbies such as 3D design activities. Another observation is that children are willing to exchange ideas about 3D design with themselves and are willing to complete activities that they did not complete at school.

As a result of the students' findings, these activities useful especially for mathematics and geometry courses, the benefits of the examples and activities to be provided by the students related to these courses may increase. Similarly, providing examples and activities related to the professions to which the students relate will also enhance the student's perceived benefits and motivation.

Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde(BİT) yaşanan hızlı dönüşümler, bireyleri ve toplumları değişime zorlamaktadır. Yaklaşık 300 yıl öncesinde buhar makineleri ile başlayan ilk mekanik sanayi hareketi (Sanayi 1.0), elektrik gücü ve seri üretim (Sanayi 2.0), bilgisayarlar ve otomasyon sistemleri (Sanayi 3.0) ile devam etmiş ve hızlı bir evrilme sürecine girmiştir. Bilgisayar ve otomasyon sistemlerindeki gelişme ile Sanayi 4.0 olarak adlandırılan akıllı üretim sistemlerine geçiş yapılmıştır (Schrauf & Berttram, 2016). İlk olarak 2011 yılında Almanya’da ortaya çıkan Sanayi 4.0, ekonomik ve sosyal faydaları nedeniyle tüm dünyada önemli bir eğilim olarak görülmektedir. Gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra, pek çok büyük şirket de yeni sanayi devriminin gerektirdiği uygulamalara hız vermeye başlamıştır (Tübitak, 2016). Bu yeni sanayi çağı, makineler ile veri toplayıp bu verileri analiz ederek, üretim sürecini daha esnek, hızlı ve verimli hale getirmeyi amaçlamaktadır (Rüßmann et al., 2015). Gelişmiş ülkelerin sanayi raporları incelendiğinde Sanayi 4.0 ile ilişkili Otomasyon ve Kontrol Sistemleri, Gelişmiş Robotik Sistemler ve Eklemeli İmalat gibi teknolojilerin ülkelere ve toplumlara en çok katma değer yaratacak alanlar olduğu görülmektedir (Berger, 2014; Frey & Osborn, 2017; Westkamper & Walter, 2014). Bu bağlamda potansiyeli olan alanlar değerlendirildiğinde eklemeli imalat ile birlikte ön plana çıkan 3 boyutlu yazıcıların önemi ortaya çıkmaktadır. Eklemeli üretim yöntemleri karmaşık ve hafif tasarım avantajları sayesinde küçük ölçekte özelleştirilmiş ürünler üretmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kalıp teknolojisini ortadan kaldırarak esnek üretimi sağlaması, bir yere bağımlı üretim sistemlerini kaldırarak nakliye masraflarını azaltması gibi avantajları ile 3b baskı teknolojisi üretim sürecinde etkin ve verimli bir rol üstlenmiştir (Schrauf & Berttram, 2016). 3B baskı teknolojisinin giderek yaygınlaşması donanım ve yazılım endüstrisinde de ekonomik açıdan önemli bir etki oluşturmaktadır. Bu etki de dolaylı olarak eğitim alanında değişikliklere yol açmaktadır. Eğitim bireylerin geleceğe hazırlanması rolü ile öğrencilerin gelecekteki çalışma yöntemleri ve günlük yaşam için gerekli beceri ve yeterliliği kazanmaları gerektiği düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda, öğrencilere 21. yüzyıl becerilerini başarılı bir şekilde kazandırmak için öğrenme yaklaşımlarının buna uygun düzenlenmesi; bu süreçte, yalnızca belli bir derse veya konuya odaklanarak etkinlikler düzenlemek yerine, 21. yüzyıl becerilerini kazandırmayı amaçlayan yeni öğrenme süreç ve yöntemlerinin geliştirilmesi önemlidir (Papavlasopoulou, Giannakos & Jaccheri, 2017). Bu kapsamda çocuklara tasarım ve üretime yönelik becerilerin kazandırılmasına odaklanacak ortamların hazırlanması ve bu becerilerin gelişimine yönelik süreçlerin oluşturulması amaçlanmaktadır. Tasarım ve üretim becerileri yeni nesil bireyler için kazandırılması gereken önemli beceriler olarak ifade edilmektedir (Özdemir, Çetin, Çelik, Berikan & Yüksel, 2017). Bu amaçla yola çıkan özellikle eğitim alanındaki araştırmacıların son yıllarda bu becerileri kazandırmak için bu süreçleri ön plana çıkaran eğlenceli ortamlar ve etkinlikler üzerine çalıştıkları görülmektedir (Selena & Neil, 2017; Somyürek, 2015). Çocuklar için tasarım ve üretimi eğlenceli hale getiren “maker” hareketinin öğrenme süreçlerine olumlu etkisinden bahsedilmektedir (Chu, Angello, Saenz & Quek 2017). Maker hareketi ve dijital üretim ilişkili iki kavram olarak ifade edilmektedir. Çocuklar, bilgisayarlarda yazılım olarak sunulan dijital üretim araçları ve üretim etkinliklerine daha kolay erişim sağlayarak dijital üretimler gerçekleştirmektedir (Willett, 2007). Dijital üretim, bireylere dijital teknolojilerle birlikte üretme ve öğrenme deneyimi sunmaktadır (Smith & Tilman,2015). Eğitimde maker

(Kodlama, Robotik, 3D Tasarıma) ve benzeri çalışmaların temelleri Papert'ın yapısalcılık yaklaşımına dayanmaktadır. Bu yaklaşımda bilgiyi pasif olarak almak yerine yaratıcı üretim süreçleri ile öğrenmeye ve bilgiyi keşfetmeye odaklanılmaktadır (Papert, 1991). Maker hareketi, özellikle Papert'ın (1980) proje tabanlı ve deneyerek-yaparak öğrenme ve uygulamaları üzerine şekillenmektedir (Resnick & Rosenbaum, 2013). Maker sürecinde öğrenme ortamları sorgulama temelli öğrenme deneyimleri, STEM (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) yaklaşımı ve girişimcilik kavramı ile desteklenmektedir. Özellikle STEM yaklaşımının yaygınlaşması ile üretim becerilerine yönelik ilgi artmıştır (Papavasopoulou et al., 2017). Dijital üretim, eğitim programlarının önemli bir parçası haline gelerek (Buehler, Grimes, Grimes, & Hurst, 2015), STEM alanlarında öğrenci ilgisi ve yeteneklerini geliştirmek için düşünme ve üretme araçları olarak kullanılmaktadır (Tillman, An, Cohen, Kjellstrom & Boren, 2014). STEM ile zenginleştirilmiş ve öğrencilerin ürünlerini döngüsel ve sürekli olarak yeniden düzenlemelerine imkân sağlayan aktiviteler ile öğrencilerin disiplinler arası problemlere çözümler üretmesi sağlanmaktadır (Bewan, Gutwill, Petrich & Wilkinson, 2015). Bu kapsamda öğrencilerin deneyerek, keşfederek üretim yapabilecekleri öğrenme yaklaşımları karşımıza çıkmaktadır. Vossoughi, Escudé, Kong ve Hooper'a (2013) göre Tinkering metodu öğrencilerin bilişsel ve davranışsal gelişiminde zengin bir pedagojik ortam sağlamaktadır. Böylece öğrenciler tasarım sürecinde deneyerek, bozarak ve disiplinler arası yaklaşımla tasarım süreci gerçekleştirmektedirler. Özetle, dijital üretim araçları maker hareketi ve STEM yaklaşımı için çok kritik olarak görülen döngüsel olarak geliştirme ve üretme (tinkering) deneyimini sağlamaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan dijital üretim araçlarından biri olan 3D tasarım geliştirme ortamlarının eğitsel çıktılarına yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde, uzamsal becerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Uzamsal beceri bir nesnenin zihinde canlandırılması, uzayda döndürülmesi, farklı noktalardan bakıldığında boyutlarının zihinde anlamlandırılması olarak tanımlanmaktadır (Olkun, 2003; Rafi, Samsudin & Said, 2008). Özellikle alan yazında uzamsal beceri eksikliğinin tasarımcıların başarılı tasarımlar gerçekleştirmesini engellediğini ve 3D tasarım sürecinin öğrencilerin uzamsal becerilerine katkı sağladığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Lin & Lee 2010; Luh & Chen 2013; Smith & Olkun, 2005;). Araştırmacılar, uzamsal becerilerin öğrencilerin tasarımla ilgili akademik performanslarına olan etkisine yönelik çalışmalar yürütmekte ve uygun öğrenme ortamlarıyla uzamsal becerilerin geliştirilebileceği fikrini desteklemektedir (Alias, Black & Gray, 2002; Burton & Dowling 2009; Liao, 2015; Tuckey, Selvaratnam & Bradley, 1991). Uzamsal becerinin geliştirilmesi sürecinde 3 boyutlu modelleme araçları önemli bir eğitsel araç olarak ifade edilmektedir (Kwon, 2017). 3 boyutlu modelleme araçları, kullanıcılara şekil, boyut ve mekânsal sunumlar açısından gerçek dünyayı anlama ve farkındalıkta kolaylık sağlamakta, bireyler için gerçekçi uzamsal deneyimler oluşturmaktadır (Cölln et al., 2012). Bu sayede 3d tasarım uygulamaları eğitim öğretim sürecinde yeni öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesine destek sağlamaktadır. Şimşek ve Yücekaya (2014) matematik ve geometri derslerinde dinamik geometri yazılımı, Gün ve Atasoy (2017) artırılmış gerçeklik uygulaması, Mintz, Litvak ve Yair (2001) fen eğitiminde 3 boyutlu modelleme araçları kullanarak öğrencilerin uzamsal becerilerini incelemiştir. Birçok araştırmacı matematik, geometri, kimya, biyoloji, fizik, jeoloji ve sanat gibi birçok alanda uzamsal becerinin gelişiminde tasarım araçlarının olumlu etkisinden bahsetmiştir (Kaufmann, Schmalstieg & Wagner. 2000; Lazarowitz & Naim, 2013; Wu, Xu & Zou 2005; Yarema vd., 2010; Yıldız & Altun, 2011).

Günümüzde, BİT'in potansiyel faydalarını en üst düzeye çıkarmak ve katma değer yaratmak için yenilikçi yöntemler kullanılması önem kazanmaktadır. Tasarım sürecinde dijital ortamların kullanılması yaratıcılığı desteklemektedir (Loveless, 2002). Benzer şekilde, 3d tasarım uygulamalarının da yaratıcılığı geliştirdiği belirtilmektedir (Chang, Chien, Lin, Chen & Hsieh, 2016). Ürün geliştirmede yaratıcılık önemli bir boyuttur. Sanatsal bir çalışmada yaratıcılık estetik açısından değerlendirilirken, mühendislik tasarımlarında ise özgünlük, kullanılabilirlik, faydalılık gibi özellikleri ile değerlendirilmektedir (Nguyen & Shanks, 2009).

Özetle, 3b tasarım uygulamalarının alan yazında öğrencilerin özellikle uzamsal düşünme ve yaratıcılık becerileri açısından önemli olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır. Ayrıca STEM müfredat yaklaşımının yaygınlaşması ile maker hareketinin en önemli ayağı olan dijital üretim için 3b modelleme araçlarının önemli olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın temel amacı 3b tasarım öğrenme deneyiminin süreç değerlendirmesinin ve eğitsel çıktılarının keşfedilmesidir. Süreç değerlendirme ile 3b tasarım öğrenme deneyiminin uygulama sürecine yönelik süreci etkileyen negatif ve pozitif durumların keşfedilmesi amaçlanmaktadır. Eğitsel çıktılarının keşfedilmesi amacıyla ise öğrencilerin etkinliklerin faydasına yönelik algıları ve 3d tasarım becerilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede eğitim süreci sonucunda öğrencilerin geliştirmiş oldukları görüş ve becerilerin kanıta dayalı olarak ortaya konulması sağlanmıştır.

Bu iki temel amaç doğrultusunda, aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

Alt amaç 1: Uygulama öncesinde öğrencilerin mevcut durumlarının analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

- 3D tasarım ve üretim eğitimlerine katılan öğrencilerin ve ebeveynlerinin bilişim teknoloji kullanım durumları nedir? Öğrencilerin bilişim teknolojilerini kullanım amaçları nedir?
Alt amaç 2: Uygulama esnasında süreç değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

- 3D tasarım ve üretim etkinliklerinin uygulama sürecine yönelik öğrenci görüşleri nelerdir?
Alt amaç 3: Uygulama sonucunda eğitsel çıktılarının keşfedilmesi amaçlanmaktadır.

- Öğrencilerin 3D tasarım ve üretim etkinliklerinin faydasına yönelik görüşleri nelerdir?
- 3D tasarım ve üretim etkinliklerinin eğitsel çıktılara yönelik veli gözlemleri nelerdir?
- Öğrencilerin 3D tasarım ve üretim sürecine ait beceri ve tamamlama düzeyleri nedir?
- Öğrencilerin parça-bütün ilişkisi kurabilme düzeyleri nedir?
- Velilerin 3D tasarım ve üretim etkinliklerinin faydasına yönelik görüşleri nelerdir?
- Yönetici ve eğitimcilerin bilişimle üretim ve gerçek hayatla ilişkilendirme hakkındaki görüşleri nelerdir?

Yöntem

Araştırma Deseni

Tinkercad programının kullanımı ve öğrencilerin bu program eşliğinde etkinlikler yaparak ve ürünler ortaya koyarak geçirdikleri 3 aylık bir öğrenme sürecinin incelenmesi amacıyla durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışması belirli bir durum ve çalışma grubu üzerinde detaylı ve doğrudan kanıta dayalı veri toplamaya imkân sağlayan ve bünyesinde nicel ve nitel

veriler bulundurabilen çalışmaların incelenmesinde kullanılan betimleyici bir nitel analiz yöntemidir (Jensen & Rodgers, 2001). Durum çalışması kullanılmasının bilimsel yönden faydası yeni bilgiler keşfetmek için yol gösterici olma özelliğinde yatmaktadır (Shaugnessy, Zechmeister & Zechmeister, 2008). Bu çalışmada ürün değerlendirmeleri nicel olarak toplanmış ve analiz edilmiştir, nitel verilerle de desteklenmiştir.

Durumun Tanımlanması

Bilişim teknolojileri meraklılarına (enthusiasts) göre bir önceki yüzyılda elektriğin değiştirdiği gibi bu yüzyılda da veri hizmetlerinin şehirleri değiştirme potansiyeli bulunmaktadır (The Economist, 2013). Şehirlerin veri hizmetleriyle yeniden planlanması ise akıllı kent (smart city) kavramını gündeme getirmiştir. Ülkemizde de bir ilçe belediyesi ilçesini akıllı kent haline getirmeyi planlamaktadır. Akıllı kent kavramının bileşenleri dünya üzerinde en kabul görmüş haliyle IEEE tarafından yayınlanmıştır. Bir akıllı kent; akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı çevre, akıllı toplum, akıllı yaşam ve akıllı yönetimi etkin hale getirebilmek için teknoloji, kent yönetimi ve toplumu bir araya getirir (IEEE, 2015). Lüleburgaz Belediyesinin 2012-2016 stratejik planının 3.amacı dünyanın “Akıllı Şehirleri” (smart city) arasında yer almaktır. Bu amaca yönelik olarak kurumun ve vatandaşların teknolojik yeterliliğini artırmaya yönelik çalışmalar yapılması amaçlanmaktadır. Bu hedef doğrultusunda çeşitli faaliyetler yürütülmüştür. Bu araştırmanın yapılmasına ön ayak olan durum Lüleburgaz Belediyesinin stratejik amaçlarından akıllı şehir olma yolundaki 4.hedefi olan ilde yaşayan vatandaşların teknolojik yeterliliklerinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılması ve sunulan hizmetlerin kullanımının teşvik edilmesidir. Akıllı kentler oluşturulurken vatandaşların da “akıllı kullanıcı” olması ve belediyenin sunacağı hizmetleri kullanabilmesi, ayrıca bunların yanında bilişim teknolojilerinin daha geniş imkânlarından da faydalanması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, belediye çocuklara bilişimle üretim becerisinin kazandırılması amacıyla ilk etapta 3 ay süren bir eğitim gerçekleştirilmiştir. Lüleburgaz Belediyesi bu eğitimleri çocuklara vermenin temel felsefesinin “sadece var olan teknolojiyi hızlı ve kolay bir şekilde kullanmak değil, aynı zamanda kullanılan teknolojinin alt yapısını, çalışma prensiplerini ve onu oluşturan bileşenleri de çocukların görmelerini ve öğrenmelerini sağlamak” olduğunu ilgili raporlarında belirtmektedir (Lüleburgaz Belediyesi, 2015). Bu doğrultuda düzenlenen 3b tasarım öğretim ve öğrenme sürecindeki öğrenci, öğretmen, veli ve yöneticileri içeren bütüncül bir araştırma yapılması planlanmıştır.

Katılımcılar

Araştırma Lüleburgaz Belediyesi bünyesinde yürütülmüştür. Lüleburgaz Belediyesi çocuklara ve gençlere yönelik çeşitli eğitsel, sosyal, kültürel, sanat ve spor faaliyetleri yürütmektedir. 42 erkek, 37 kadın olmak üzere toplam 79 öğrenci 3B tasarım ve üretim etkinliklerine katılmıştır. Öğrencilerin yaş ve sınıf dağılımları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı Öğrencilerin Yaş ve Sınıf Dağılımları

Yaş	n	Sınıf	n
10	4	5	15
11	12	6	22
12	18	7	14
13	16	8	10
14	9	9	9
15	11	10	9
16	9		

Tablo 1’de görüldüğü üzere öğrenciler 10-16 yaş arasında dağılım göstermektedir. Öğrenim düzeyi olarak da çoğunluğu ortaokul kademesi oluşturmaktadır. Katılımcılardan 18 öğrenci lise düzeyindedir. Katılımcılar öğrencilerin haftalık olarak eğitime katılmak istedikleri gün tercihleri göz önünde bulundurularak Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe ve Pazar günleri olmak üzere 5 gruba ayrılmıştır. Gruplarda yaş veya sınıf düzeyi yönünde bir kategori uygulanmamıştır. Her grupta farklı yaş ve sınıf düzeyinden öğrenciler yer almıştır. Öğrencilerin gruplardaki dağılımı Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Gruplara Göre Öğrencilerin Yaş Dağılımları

Grup numarası	10 yaş	11 yaş	12 yaş	13 yaş	14 yaş	15 yaş	16 yaş
Grup 1	2	6	2	1	0	1	0
Grup 2	2	1	4	2	3	3	1
Grup 3	0	4	7	4	0	0	4
Grup 4	0	0	2	3	3	6	2
Grup 5	0	1	3	6	3	1	2

Uygulama

Uygulama ortamı belediyenin eğitimler için tahsis ettiği bir bilgisayar laboratuvarıdır. 1 ana bilgisayar ve ona bağlı projeksiyon cihazıyla kullanıcılar için hizmete sunulan 20 bilgisayardan oluşmaktadır. Toplam 74 öğrenci 5 gruba ayrılmıştır. İlk dersler bir eğitimci tarafından eş zamanlı (senkron) video konferans aracılığı ile internet üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tasarım programı olarak Autodesk firmasının çevrimiçi olarak kullanıma sunmuş olduğu Tinkercad programı kullanılmıştır (www.tinkercad.com). 5 grubun her birine 1 saat olmak üzere internet üzerinden toplam 5 saat temel düzeyde bu programı kullanma eğitimi verilmiştir. Daha sonra kendi bilgisayar öğretmenleriyle haftada 2 saat olmak üzere 3 ay boyunca toplam 24 saat 3D tasarım ve üretim eğitim ve etkinlikleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvara alınan 1 adet 3D yazıcı sayesinde öğrenciler yaptıkları tasarımları anında üretebilme fırsatını da elde etmişlerdir. 24 ders saati süren etkinliklerde öğrencilerin bir tasarım ihtiyacı belirlemeleri ve bu ihtiyaca yönelik olarak 3D tasarımlarının ilk prototiplerini

geliştirmeleri istenmiştir. Öğrenciler ilk geliştirdikleri prototipi öğretmenlerinden ve arkadaşlarından aldıkları dönütler ile süreç içerisinde geliştirmeye devam etmiştir. Ürün tasarlama sürecinde öğrencilerin adım adım basitten karmaşığa doğru tasarımlarına son halini vermesi istenmiştir.

Veri Toplama ve Veri Analizi

Okuryazarlığın değişen doğası göz önünde bulundurulduğunda, öğrencilerin dijital çağda yeni okuryazarlık uygulamalarını desteklemek için alternatif değerlendirme yolları geliştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, öğrencilerin hem süreç hem ürün değerlendirmesine odaklanılan performans dayalı yöntemler önem kazanmaktadır (Parlak & Doğan, 2014). Çünkü bu değerlendirmeler sayesinde öğrencilerin kendi bağlamlarında değerlendirilmesi, üst düzey düşünme becerilerine odaklanması ve sonuçta bir ürün oluşturulması önemlidir (Airasian, 2001; akt Şenel-Çoruhlu, 2007). Rohrbach (2010), birçok tasarım eğitimcisinin değerlendirme sürecinde dereceli ürün değerlendirme anahtarlarını (rubrikleri) kullandığını belirtmektedir. Dornisch ve McLoughlin (2006) güvenilir, etkili ve uygulanabilir bir değerlendirme rubriğinin, yaratıcı ürün veya performansın değerlendirilmesinde önemi üzerinde durmuştur. Aydın ve Karaçam (2015) teknolojik tasarım ürünlerine yönelik yaptıkları çalışmada rubrik kullanarak değerlendirme yapmışlar, öğrencileri hayata hazırlamak açısından tasarım uygulamalarının fen eğitiminde önemli bir yere sahip olduğu ve bu uygulamaların da öğrenme amaçlı değerlendirilmesi açısından rubriklerin kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu ifadeler bağlamında bu çalışma kapsamında öğrenci ürünlerinin rubrik ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Veri toplama araçları katılımcı bilgi formu, görüşmeler ve 3B tasarım ürünleridir. Bilgi formu ile çocukların demografik bilgileri ve bilişim teknolojileri kullanım durumları hakkında bilgiler alınmıştır. Yüz yüze yapılan görüşmelerde hem öğrencilerden hem de velilerinden etkinliklerle ilgili görüş alınmıştır. Görüşmeler 25 öğrenci ve 21 veli ile gerçekleştirilmiştir. Görüşmede yer alan öğrenci ve veliler rastgele seçilmiştir. Öğrenci ve velilerden alınan veriler araştırmacılar tarafından hazırlanmış yarı yapılandırılmış görüşme formları ile toplanmıştır. Öğrenciler için hazırlanmış yarı yapılandırılmış görüşme formu 8 soru, veliler için hazırlanmış yarı yapılandırılmış görüşme formu ise 4 sorudan oluşmaktadır. Görüşme sürecinden önce görüşme formları hazırlanmış olup, 4 alan uzmanının incelemesi sonucunda düzenlenerek son halini almıştır. Görüşmelerin amacı öğrencilerin 3B tasarımla ilgili etkinlik öncesi ve sonrası düşüncelerini öğrenmek, 3D tasarımın güncel hayatla ve eğitimle bağlantısını öğrencilerin kendi ifadeleriyle dile getirmelerini sağlamaktır. Çocukların 3B tasarımları da öğretmenleri aracılığıyla toplanmış ve toplamda 149 adet 3B tasarım ürünleri geliştirilen analitik rubrikle iki uzman tarafından değerlendirilmiştir. Öğrenciler bireysel çalışma hızlarına ve tasarım becerilerine göre farklı sayılarda ürün geliştirmiştir. Amaç üretilen ürün sayısından ziyade, ürünlerin detaylandırılması, yaratıcı fikirlerin ürüne dönüştürülmesi gibi tasarım becerileri olduğundan her öğrencinin sabit sayıda tasarım yapması beklenmemiştir. Analitik rubriğin geliştirilme sürecinde tasarım süreci ve ürünleri ile ilgili literatürden ilgili bileşenler belirlenerek 7 uzmanın değerlendirilmesine sunulmuştur. Uzmanlar arası görüş birliğinin sağlanması sonucunda analitik rubriğin ilk örneği ile 20 ürün değerlendirilmiş olup,

değerlendiriciler arası uyum katsayısı belirlenmiştir. Uyum katsayısının kabul edilebilir düzeyde olduğuna karar verildikten sonra 149 ürün iki uzman tarafından değerlendirilmiştir. Analitik rubrik görsellik, işlevsellik ve yaratıcılık bileşenlerinden oluşmaktadır. Görsellik, geliştirilen ürünün tasarım kurallarına uygunluğunu değerlendirmektedir. Ürünün ölçütlerinin gerçeğe uygunluğu bu aşamada önemlidir. İşlevsellik geliştirilen ürünün ihtiyaca uygunluğu ve kullanılabilirliği ile ilgilidir. Yaratıcılık geliştirilen ürünün yeterince detaylandırılmasına ve önceden geliştirilen ürünlerden farklılaşmasına dayanmaktadır.

Katılımcılar tarafından tasarlanan 3B ürünlerin değerlendirilmesinde, araştırmacılar tarafından geliştirilen rubrik kullanılmıştır. Kan (2007)'ye göre rubrik; yapılandırılmış performans görevleri üzerinde değişik düzeylerde performansa ait karakteristik özellikleri ve kriterleri tanımlayan ve bu özellik ve kriterler doğrultusunda performansa ya da ürüne ilişkin yargıya varmada kullanılan puanlama rehberi olarak tanımlanabilir. Hazırlanan rubrik, ürün değerlendirme kullanıldığından yatay ekseninde ürünün sahip olması gereken ölçütleri yer alırken dikey ekseninde ise kötü, orta ve iyi olmak üzere bu ölçütün dereceleri tanımlanmıştır. Ürün ölçütü ile düzey eksenlerinin kesiştiği her bir hücre için ayrı ayrı tanımlamalar yapılmış ve ürünün sahip olması gereken her bir ölçüt için kötü 1; orta 2 ve iyi düzeyde 3 puan verilmiştir. Bir kişinin rubrikte alabileceği toplam puan en fazla 24 iken en az 8'dir. Uzmanların ürün değerlendirmeleri arasındaki uyumu Kendal Tau korelasyonu ile incelenmiştir. Değerlendiriciler arasındaki uyum .68 olarak bulunmuştur.

Bilgi formundan elde edilen veriler frekans, yüzde gibi betimsel analizlerle yorumlanırken görüşmelerden elde edilen nitel veriler de içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Nitel araştırmalarda yansız olma (objectivity) ve genelleme, üzerine düşünülmesi gereken konular olarak görülebilir. Araştırma deseninin tasarımı ve veri toplama yöntem ve süreçlerine göre verilerin objektif olarak değerlendirildiğinin kabul edileceği belirtilmektedir (Berg, 2009). Benzer şekilde velilerle yapılan görüşmeler de çocukların verdiği bilgileri teyit etmek amacıyla faydalı olacaktır.

Bulgular ve Yorum

Öğrenen Analizi

Öğrencilerin ve ebeveynlerinin bilişim teknoloji kullanım durumları

Tablo 2'de çocukların sahip oldukları teknolojilere ilişkin bilgiler verilmiştir. Tabloya bakıldığında öğrencilerde teknoloji kullanımının yaygın olduğu görülmektedir. Kendisine ait masaüstü ya da dizüstü bilgisayarını söyleyen 51 öğrenci bulunmaktadır. 55 öğrencinin kendisine ait tableti, 67 öğrencinin de kendisine ait akıllı telefonu bulunmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar, yeni tanınmaları ve piyasa değerlerinin de yüksek olması sebebiyle henüz yaygınlaşmamıştır. Öğrencilerden 1 tanesi bahsi geçen teknolojilerden hiçbirine sahip olmadığını belirtmiştir.

Tablo 2. Öğrencilerin Sahip Oldukları Teknolojiler

Sahip olunan teknolojiler	n	f(%)
Bilgisayar (Masaüstü/Dizüstü)	51	64.5
Tablet	55	69.6
Akıllı Telefon	67	84.8
3 Boyutlu Yazıcı	0	0
Hiçbiri	1	.01

İnternet kullanımında ise 31 öğrenci çoğunlukla akıllı telefon/tablet üzerinden bağlantı kurduğunu, 47 öğrenci de çoğunlukla evdeki ADSL bağlantısını kullandığını söylemiştir. Öğrencilerden bir tanesi internete erişiminin olmadığını belirtmiştir.

Ebeveynlere bakıldığında ise çocukların anne ve babalarında bilgisayar (dizüstü/masaüstü), akıllı telefon ya da tablet ürünlerinden en az bir tanesi, çoğunlukta ise birden fazlasının mevcut olduğu görülmektedir. Ailelerde de bilişim teknolojileri kullanımının yaygın olduğu belirlenmiştir. Velilerle yapılan görüşmelere ait bulgular da bu veriyi desteklemektedir.

Tablo 3. Öğrencilerin Bilgisayar ve İnterneti Kullanım Amaçları

Kullanım Amacı	n
Gezinme, gazete okuma, video izleme, oyun oynama	74
Sosyal medya kullanımı (Facebook, Twitter vb)	65
Eğitim (ders videoları, eğitim yazılımları, ödev yapma, ders takibi)	63
Elektronik posta kullanımı, haberleşme, sohbet	48
Ofis işlemleri (yazı yazma, tablo oluşturma vb)	39
Forum sitelerinde bilgi paylaşımı	30
Görsel tasarım, çizim (Photoshop vb)	20
Web sitesi tasarlama, program yazma, animasyon oluşturma	16
İnteraktif işlemler (bankacılık, alışveriş vb.)	15

Tablo 3'e bakıldığında öğrencilerin bilgisayar ve interneti hangi amaçlarla kullandıkları görülmektedir. Öğrencilerin neredeyse tamamı bilişim teknolojilerini internette gezinme, gazete okuma, video izleme, oyun oynama gibi aktiviteler için kullandıklarını söylemişlerdir. Yine büyük çoğunluk sosyal medyada zaman geçirmektedir. Eğitim amaçlı kullandığını söyleyenler ise 63 öğrencidir (79,74%). Bazı öğrencilerin görsel tasarım, çizim programları, web tasarım, programlama gibi bilişim becerileri hakkında fikir sahibi oldukları görülmektedir. Oranı az bile olsa (19%) bankacılık ve alışveriş gibi interaktif işlemler yaptığını belirten öğrenciler de bulunmaktadır. Tüm bu verilerden çocuklarda teknoloji kullanımının yaygın olduğu ve yapılacak 3 boyutlu tasarım ve üretim etkinliğine çok da uzak kalmayacakları söylenebilir.

Süreç Değerlendirme

3D Tasarım ve Üretim Etkinliklerinin Uygulama Sürecine Yönelik Öğrenci Görüşleri

Etkinlikler tamamlanmadan 2 hafta önce araştırmacılar tarafından eğitim ortamı ziyaret edilmiştir ve 25 öğrenciyle yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından hazırlanan yarı-yapılandırılmış görüşme formu soruları öğrencilere yönlendirilmiştir. Sorular öğrencilerin öğrenme ortamına yönelik görüşlerini almaya yöneliktir ve öğrenme deneyimlerini kabul durumlarını göstermek için planlanmıştır.

Görüşme yapılan 25 öğrencinin 24'ü bu konulara ilgi duyduklarını, etkinlikleri çok beğendiklerini ve 3 ay boyunca sıkılmadan ve mümkün olduğunca devamsızlık yapmadan eğitimlere katıldıklarını belirtmişlerdir. 1 öğrenci ise kendisinin çok istekli olmadığını fakat ailesinin isteğiyle devam ettiğini belirtmiştir.

Öğrencilere 3B tasarım ve üretim süreci hakkındaki görüşleri ve etkinlikler sonrasında evde çalışmalarına devam edip etmedikleri sorulmuştur. Alınan yanıtlar analiz edildiğinde Tablo 4'de yer alan temaların ortaya çıktığı görülmüştür:

Kullanım kolaylığı (Tinkercad ile tasarım): Görüşme yapılan 25 öğrenciden 19'u 3D tasarım yapmanın kolay olduğunu dile getirmiştir. 4'ü ise kolay olduğunu fakat bazı etkinliklerde zorlandıklarını belirtmişlerdir. 2 öğrenci kullanım kolaylığıyla ilgili bir görüş belirtmemiştir. Genel anlamda Tinkercad ortamında 3B tasarım yapmanın kolay olduğu görüşü alınmıştır.

Eğitim İçerikleri: Eğitim içerikleriyle ilgili bazı öğrencilerden olumlu(10), bazılarında ise olumsuz görüşlerin (3) alındığı görülmektedir. Eğitim içeriklerini beğendim, içerikler eğlenceliydi ve içeriklerin adım adım takip edilmesi güzeldi ifadeleri eğitim içeriklerinin beğenildiğini göstermektedir. Olumsuz yorumlara dikkat edilmesi gerekirse; öğrencilerin bazılarının eğitim içeriklerini yavaş ve sıkıcı buldukları görülmüştür. İçeriklerin yavaş olmasının internet bağlantısıyla ilgili olabileceği de düşünülürse eğitim içeriklerinin genel anlamda beğenildiği söylenebilir.

Eğitim etkisi: 11 öğrencinin verdiği yanıtlar verilen eğitimin sonrasında, öncesine göre öğrencilerde bazı düşüncelerin değişmesine etki ettiğini göstermektedir. Öğrenciler 3 boyutlu tasarımın eğitimden önce zor ve pahalı olduğunu düşündüklerini belirtirken bunun kolay olduğunu ve üretmeyi öğrendiklerini ifade etmişlerdir.

Tablo 4. Uygulama Sürecine Yönelik Öğrenci Görüşleri

Tema	f	Örnek Alıntılar
Kullanım kolaylığı (Tinkercad) (uygulama)	20	- Kullanımı kolaydı/çok kolaydı - 3B tasarım yapmak kolaymış - Zor olduğunu düşünüyordum ama kolaymış - Etkinlikler kolaydı - Etkinlikler zor gelmedi
Eğitim içerikleri (uygulama)	13	- Eğitim içeriklerini beğendim (+) - Eğitim içerikleri yavaştı (-) - İçerikler eğlenceliydi (+) - İçerikler bazen sıkıcıydı (-) - İçeriklerin adım adım takip edilmesi güzeldi (+)
Eğitimin etkisi (çıktı)	11	- Eğitimden önce tasarımın böyle kolay olduğunu bilmiyordum - Eğitimden önce bu tasarımları yapmanın pahalı olduğunu sanıyordum - Mimarların işi bana kolay gelmeye başladı - Eğitim sayesinde üretmeyi öğrendik

Eğitsel Çıktıların Keşfedilmesi

Öğrencilerin 3B tasarım ve üretim etkinliklerinin faydasına yönelik görüşleri

3 boyutlu tasarım ve üretimi gerçek hayatla ilişkilendirme boyutu için öğrencilere mesleklerle ve okuldaki derslerle ilişkilendirme bağlamında sorular yöneltilmiştir. Böylece öğrencilerin ileride okumak istedikleri bölüm ve yapmak istedikleri mesleklerle 3 boyutlu tasarım ve üretimi ilişkilendirmeleri sağlanmıştır. Aynı zamanda aldıkları 3 boyutlu tasarım ve üretim eğitiminin mevcut derslerine bir faydası olup olmadığını ifade etmeleri beklenmiştir. Mesleklerle ilişki kurma boyutuna bakıldığında, Tablo 5’de görüldüğü üzere öğrencilerden en çok farklı alanlar içeren mühendislik yanıtının geldiği görülmektedir. Bu yanıtı tıp-tıp doktorluğu, mimarlık, inşaat ve eczacılık meslekleri takip etmektedir. Öğrencilerden 1’er kez gelen meslek yanıtları ise “Diğer” kategorisi altında toplanmıştır. Bu meslekler Astronot, Veteriner, Mobilya Tasarımı, Öğretmen, Grafiker ve Giyim Tasarımıdır.

Tablo 5. Öğrenci Görüşlerine Göre 3B Tasarımın İlişkili Olduğu Meslekler

3D Tasarımın ilişkili olduğu meslekler	f
Mühendislik (makina, metalurji, araba, uçak, materyal tasarımı)	11
Doktor-Tıp (diş, alçı, protez)	10
Mimarlık (süs eşyaları, eşya tasarımı)	8
İnşaat	5
Eczacı (ilaç, ilaç kutusu ve raf tasarımları)	2
Diğer	6

Öğrenciler 3 boyutlu tasarım ve üretimi neden bu mesleklerle ilişkilendirdiklerini ifade etmişlerdir. Farklı meslek grupları için öğrencilerin örnek ifadeler aşağıdaki şekildedir:

“Mühendisler araba üretmeden önce tasarım yaparlar. Bu her şey için gerekli. Mesela evdeki eşyalar. Tasarım yapabilmek mühendisler için çok önemli.”

“Bilgisayarda tasarımı yapmak kolay ve hızlı olduğu için çok farklı çeşit süs eşyası tasarlayabiliriz. Bu bizim yeteneğimizi de geliştirir.”

“Dişçiler insanların ağızına uygun olan yapay dişleri burada kolayca tasarlayabilir.”

“Metalurji bölümü, mobilya, ev tasarımı. Birçok alanda kullanılabilir”

“Bilgisayar mühendisi. Sadece meslek değil evde de kullanabilirim, arkadaşşıma doğum günü hediyesini tasarlarım, özel bir hediye olur”

Öğrenciler Tablo 6’da görüldüğü üzere 3 boyutlu tasarım ve üretimini sıklıkla Geometri dersi (13), ardından da Matematik dersi (10) ile ilişkili bulduklarını belirtmişlerdir. Tinkercad programında en çok kullanılan şekillerin küp, küre, üçgen prizma gibi şekiller olduğu düşünülürse 3 boyutlu tasarım ve üretim aşamalarında Matematik ve Geometriden sıklıkla faydalanılacağı, bunun da derslerde kullanılacak bir materyal olduğu sonucu ortaya çıkabilir. 3 boyutlu şekiller ve onların boyut hesaplamalarıyla uğraşılması Matematik ve Geometri derslerinde öğrencilerin pratik yapmalarına ve kendilerini geliştirmelerine olanak sağlayabilir. Bu iki ders haricinde Tabloda görüldüğü üzere Güzel Sanatlar, Biyoloji, Bilgisayar, Fizik, Kimya ve Teknoloji Tasarım derslerinin de 3 boyutlu tasarım ve üretimle ilişkilendirildiği görülmektedir. Sadece bir öğrenci 3 boyutlu tasarım ve üretimin iş hayatına yönelik olduğunu, bu sebeple derslerde kullanılamayacağını belirtmiştir.

Tablo 6. Öğrenci Görüşlerine Göre 3B Tasarımın İlişkili Olduğu Dersler

3B Tasarımın ilişkili olduğu dersler	f
Geometri	13
Matematik	10
Güzel Sanatlar	3
Biyoloji	3
Bilgisayar	3
Fizik	2
Kimya	1
Teknoloji Tasarım	1
Derslerde kullanılamaz, iş hayatına yönelik	1

Öğrenciler 3 boyutlu tasarım ve üretimi neden bu derslerle ilişkilendirdiklerini ifade etmişlerdir. Farklı dersler için öğrencilerin örnek ifadeler aşağıdaki şekildedir:

“Bilgisayar derslerime yaradı. Scratch kullanıyorduk zaten. Matematik ve geometri derslerinde de işe yarar.”

“Geometri dersinde şekiller için harika bir şey. Hayal etmesi zor olan şeyleri evde tasarlayınca baya öğrendim.”

“Fen dersinde hücreyi tasarlayabiliriz.”

3B tasarım ve üretim etkinliklerinin eğitsel çıktılara göre veli gözlemlerine yönelik görüşler

Öğrencilerin 3 boyutlu tasarım ve üretim eğitimi almaları, edindikleri becerilerle ürün ortaya koymaları ve düşüncelerini ifade etmelerinin yanı sıra bu verileri destekleyebilmek adına velilerin de görüşlerine başvurulması gerekliliği düşünülmüştür. Öğrenci velilerinin görüşleri hem dışarıdan bir göz olarak öğrencilerdeki değişimi aktaracak hem de bu eğitimin veli gözünden değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır. Bu bağlamda velilere çocuklarındaki bilişim teknolojilerine yönelik değişimler ve aldıkları eğitimle ilgili evde sergiledikleri davranışlara yönelik sorular yöneltilmiştir.

Tablo 7’de görüldüğü üzere veliler büyük oranda çocuklarında BİT’e yönelik ilgisinin arttığını belirtmektedirler. Bu durumu bazı veliler çocuğun kendini geliştirme isteğine yorumlarken bazıları da BT’nin sanıldığı kadar sıkıcı olmadığı konusuyla ilişkilendirmişlerdir. Genel olarak alınan yanıtlar veliler gözünden bakıldığında çocuklarda bilişim teknolojilerine yönelik bakış açılarının olumlu yönde değiştiğini göstermektedir. Öğrenme ve tasarım yapma boyutunda BT kullanımında farklılık oluştuğunun ifade edilmesi buna örnek olarak verilebilir. Aynı şekilde öğrencilerin üretim yaparak yeni bir bakış açısı geliştirmiş olduklarının veliler tarafından ifade edilmesi öğrencilerin üretim durumlarını ve kendi düşüncelerini destekler niteliktedir.

Tablo 7. Öğrencilerin Bilişim Teknolojilerine Yönelik İlgi Değişimi

Öğrencilerin Bilişim Teknolojilerine Yönelik İlgi Değişimi	f
BT’ye yönelik ilgisi arttı / kendini geliştirme isteği	9
BT kullanımlarında farklılık oluştu / öğrenme, tasarım yapma	6
BT ile ilgili fikirleri değişti / sıkıcı olmaması yönünde	3
BT kullanımı konusunda yeni bakış açısı kazandı / üretim yapabilme	3
BT bilgisi arttı	2
BT’ye yönelik enerjisi arttı / daha istekli	1
BT’nin sadece oyundan ibaret olmadığını anladı	1
BT’ye daha önce de ilgisi vardı	1

Öğrencilerin eğitim sonrasında eve gittiklerinde evde sergiledikleri davranışlara bakıldığında fikir alışverişi ve paylaşımın öne çıktığı görülmektedir (Tablo 8). Bu durum hem öğrenci hem de veli ifadelerinde görülen öğrenmeye ve üretmeye istekli ve hevesli olmanın bir yansıması ve aynı zamanda kanıtı olarak görülebilir. Öğrencilerin büyük oranda fikir alma ve yaptıklarını gösterme davranışı sergiledikleri ve hatta tasarladıkları ve çıktısını aldıkları

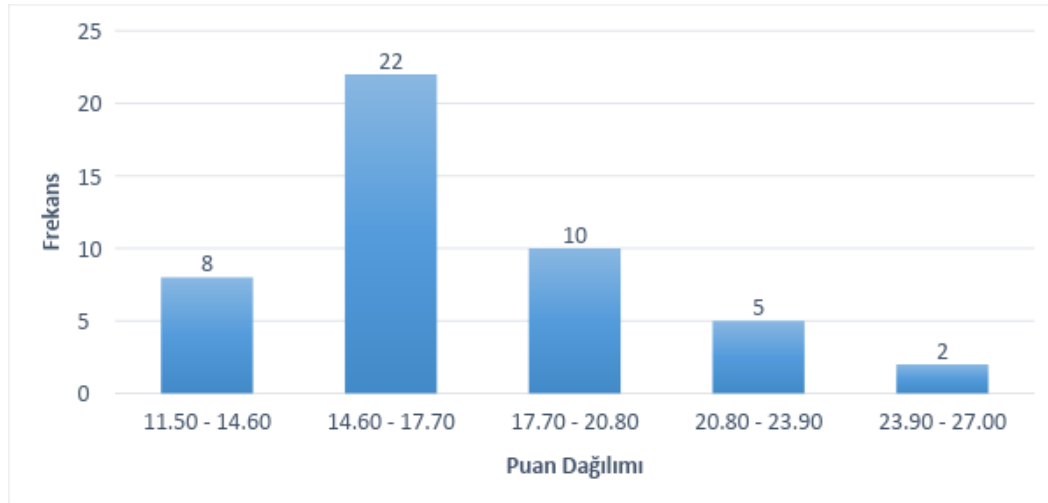
ürünleri hediye etme istekleri olduğu görülmektedir. Bununla birlikte veliler çocuklarının yarım kalan tasarım işlerini evde tamamladıklarını belirtmişlerdir. Öğrencilerin eğitimlere ve etkinliklere zevk alarak gittikleri de veli ifadelerinde görülmektedir.

Tablo 8. Öğrencilerin 3D Tasarımla İlgili Evde Sergiledikleri Davranışlar

Öğrencilerin 3B tasarımıla ilgili evde sergiledikleri davranışlar	f
Fikir alışverişi yapması ve 3D tasarımıla ilgili yaptıklarını paylaşması	9
Yarım kalan etkinlikleri evde tamamlaması	4
Eğitimlere ve etkinliklere zevk alarak gitmesi	4
Yaptığı ürünleri hediye etme/paylaşma/sunma isteği	1

Öğrencilerin 3D tasarım ve üretim sürecine ait beceri ve tamamlama düzeyleri nedir?

Öğrencilerin 3 boyutlu tasarım becerileri uzmanların değerlendirme anahtarına verdikleri puanların ortalaması ile elde edilmiş olup Şekil 1’de ilgili grafiğe yer verilmiştir. 24 puan üzerinden değerlendirilen ürünlerde, en yüksek öğrencinin aldığı puan 24, en düşük puan ise 11.50 olarak puanlanmıştır. Öğrencilerin toplam ortalaması 17.15 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Öğrencilerin 3B Ürün Geliştirme Düzeyleri

Öğrencilerin ürünleri görsellik (12 puan), işlevsellik (6 puan) ve yaratıcılık (6 puan) olmak üzere 3 başlıkta değerlendirilmiştir. Toplamda 149 ürün 2 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Tablo 9’da öğrencilerin görsellik ve işlevsellik puanlarının yüksek olduğu görülürken, yaratıcılık puanlarının diğer göstergelere göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Ürünlerin Uzman Değerlendirme Sonuçları

	Uzman 1	Uzman 2
Görsellik	9.07	8.97
İşlevsellik	4.30	4.15
Yaratıcılık	3.53	3.89

Öğrencilerin parça-bütün ilişkisi kurabilme düzeyleri nedir?

Öğrencilerle yapılan görüşme sırasında öğrencilere sunulan ürünler hakkında öğrencilerin parça bütün ilişkisi kurabilme düzeylerini keşfetmeye yönelik sorular yöneltilmiştir. Öğrencilerin görüşme sırasında göstermiş oldukları performanslar geliştirilen rubrik ile değerlendirilmiş olup, Tablo 10’da ilgili grafiğe yer verilmiştir. 10 puan üzerinden değerlendirilen her bir performans sonucunda genel ortalama alınarak öğrencilerin parça bütün ilişkisi kurabilme düzeyleri 7,46 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 10. Parça bütün ilişkisi kurma düzeyleri

Gösterge	Puan
Bir bütünün parçalarını söyler.	7,5
Parçaları birleştirerek bütün elde eder.	8,2
Parçaların birbiri ile kurdukları ilişkiyi açıklar.	6,7
Derinlik	6,2
Kapsama	7,2
Eksiltme-çıkarma	6,4
İç içe geçme	6,8
Denge	7,3

Velilerin Etkinliklerin Faydasına Yönelik Görüşleri

Veliler çocuklarında gördükleri değişimleri fark etmişler ve bununla ilgili görüşlerini dile getirmişlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi 3 boyutlu tasarım ve üretim etkinliklerinin velilerin gözünden de değerlendirilmesi çalışma sonuçlarına katkı sağlayacağından bu konudaki görüşlerine de başvurulmuştur. Tablo 10’da görüldüğü gibi velilerin tamamı bu tarz eğitim ve etkinliklerin faydalı olduğunu ve çocuklarının geleceğine etki edeceğini belirtmişlerdir. Tablodaki verilere bakıldığında veliler en çok bu eğitimlerin çocuklarının geleceğine ve gelecekte yapacakları mesleklere etki edeceğini düşünmektedirler. Bununla birlikte veliler 3 boyutlu tasarım ve üretim etkinliklerinin çocuğun özgüvenini ve üretkenliğini artıracaklarını ve algoritmik düşüncelerinin gelişeceğini düşünmektedirler. Bu konuda velilerden gelen

yanıtların özellikle çocuklarının geleceğine yönelik olması, 3 boyutlu tasarım ve üretim etkinliklerinden en büyük faydanın geleceğe yönelik beklenti olduğunu göstermektedir.

Öğrencilere sorulan “3 boyutlu tasarımı mesleklerle ilişkilendirme” sorusunun yanıtlarıyla velilerin etkinliklerin faydasına yönelik görüşlerinin benzerliği dikkat çekmektedir. Bulgulara bakıldığında “meslek” kelimesinin kullanımı ve mühendis, eğitimci, tıp eğitimi, ürün tasarımı gibi meslek gruplarının dile getirilmesi velilerin de 3 boyutlu tasarımı gerçek hayatla ve mesleklerle ilişkilendirdiklerini, çocuklarına yönelik bekledikleri faydanın da özellikle bu açıdan etkileneceğini göstermektedir.

Tablo 11. Velilerin Etkinliklere Yönelik Görüşleri

Öğrencilerin Aldıkları Eğitimin Faydaları	f
Geleceğine etki eder	12
Gelecekte her meslekte işine yarar	6
Mühendis olunca işine yarar	3
Özgüvenini artırır	2
Üretkenliğini artırır	2
Algoritmik düşünmesine sebep olur	1
İyi bir eğitimci olur	1
Tıp eğitiminde kullanır	1
Ürün tasarımında işine yarar	1

Yönetici ve eğitimcilerin 3B Tasarım etkinliklerine yönelik görüşleri

Yapılan eğitim ve etkinliklerle ilgili öğrenci ve veli görüşlerine katkı sağlamak amacıyla etkinliği düzenleyen kurumun ilgili yöneticisi ve etkinliklerde öğretmen olarak görev yapan eğitimcinin de görüşlerine başvurulmuştur. Kurumdaki ilgili yöneticinin 3 boyutlu tasarım ve üretim etkinliğiyle ilgili genel görüşlerinden alınan örnek ifadeler aşağıdaki şekildedir:

“Aileler yaptığımız bu eğitim etkinliklerinden çok memnunar. “

“Çocuklarının eskiden sosyal medyayla ya da oyunlarla çok fazla zaman geçirdiklerini ama bu eğitimler sırasında daha verimli kullanmaya başladıklarını belirtiyorlar.»

“Ailelere göre çocuklar artık bilişimle hem üretiyor, hem de paylaşıyorlar.”

“Aileler de destek verdiği için bu eğitimler belediyenin de katkılarıyla 2 yıl sürdürülebilir.”

Yöneticiden alınan bilgilere göre çalışmanın yapıldığı belediye akıllı şehir olma yolunda girişimlerini sürdürmekte olduğu için vatandaşlarının da bilişim teknolojileri konusunda eğitilmesi gerektiğini düşünmektedir. Bu sebeple bilişim teknolojilerine yönelik eğitimlerin özellikle genç yaşlardan başlayarak verilmesi gerekliliği yönetici tarafından vurgulanmıştır. Bu konuda ailelerin desteğinin kurum için önemli olduğunu belirten yönetici, hem öğrencilerin hem de ailelerin yapılan eğitimden memnun kalmaları ve devamı için istekli olmaları halinde bu tarz eğitim ve etkinliklere devam etmek istediklerini de belirtmiştir. Yönetici görüşlerine

bakıldığında 3 boyutlu tasarım ve üretim eğitiminin akıllı şehir vatandaşları olma yolunda öğrencilere ve velilere katkı sağladığı ve daha da sağlayacağı görülmektedir. Öğrencilerin öğretmenin 3 boyutlu tasarım ve üretim etkinliğiyle ilgili genel görüşlerinden alınan örnek ifadeler aşağıdaki şekildedir:

“Öğrencilerin işbirliği yapabildikleri bir eğitim ortamı”

“Öğrenciler ürün geliştirmek için soru sorup yeni yollar aramaya hevesliler”

“Öğrenciler tasarımlarını somutlaştırmak, ürüne dönüştürmek konusunda çok hevesli, daha fazla 3D yazıcı gerekli”

“Öğrenciler tasarladıkları ürünleri değiştirip geliştirme eğiliminde, iş bittiğinde bırakmıyorlar”

“Etkinlikler sırasında öğrencilerin motivasyonları yüksek”

Öğretmen görüşlerine göre öğrencilerin bilişim teknolojilerini kullanarak tasarım ve üretim yapmaya yönelik ilgileri ve motivasyonları yüksek düzeydedir. Bu sebeple öğretmen görüşleri de öğrenci, veli ve yönetici görüşlerini destekler şekilde bu tarz eğitim ve etkinliklerin çocuklar için faydalı ve gerekli olduğu yönündedir.

Tartışma ve Sonuç

Çalışmada, çocukların 3D tasarım ve üretim becerilerine katkı sağlamak amacıyla geliştirilen bir eğitimin süreç değerlendirilmesi yaklaşımı ile ele alınmasını ve bu değerlendirme sonucunda elde edilen çıktıların bundan sonra benzer yaş gruplarına ve benzer amaçla uygulanacak eğitimlere katkı sağlaması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan temel veri kaynağı öğretmen, öğrenci ve velilerle yapılan görüşmelerdir. Bu görüşmeler sayesinde, eğitim uygulaması ile birlikte öğrencilerde meydana gelen değişimlerin keşfedilmesi sağlanmıştır. Süreç değerlendirmenin en temel amaçlarından biri, önceden planlanmış olan etkinliklerin uygulama sürecinde öğrenenlerin bu etkinlikler hakkındaki düşüncelerinin değerlendirilmesidir. Bu sayede, etkinliklerin doğrudan öğrenmeye yönelik sonuçları değerlendirilmeden önce, doğru uygulanıp uygulanmadığının keşfedilmesi sağlanmaktadır. Doğru uygulanmamış bir eğitimin sonuçlarının değerlendirilmesi sağlıklı bilgiler vermemektedir (Duerden & Witt, 2012). Eğitimin uygulama süreci ile ilgili öğrenciler genel olarak bir sorun yaşamadıklarını, içerik ve örnekleri sevdiklerini belirtmişlerdir. Bazı öğrenciler, etkinlikleri yavaş ve sıkıcı bulunduğunu belirtmiştir. Etkinliklerin yavaş ve sıkıcı olduğunu düşünen öğrencilerin, etkinliklerden hedeflenen çıktıları elde edememesi beklenen durum olacaktır. Ancak, bunu belirten öğrenci sayısının az olması sebebi ile etkinliklerin planlandığı şekilde uygulanmasında ciddi bir sakınca görülmemektedir.

Benzer konuda, dersleri yürüten öğretmenlerden alınan görüşler doğrultusunda, tasarlanan eğitimin öğrencilerin iş birliğini, merakını ve yaratıcılıklarını artırdığı sonucuna varılmıştır. Öğretmenler, çocuklara yaratıcı ürünler ortaya koymaya yönelik görevler verilmesinin, öğrencilerin ürünler üzerinde yoğun ve titizlikle çalışmalarını ve ürünlerini geliştirmek için çaba göstermelerini sağladığını belirtmişlerdir. Yaratıcılık ve tasarım yapma süreçlerini birlikte değerlendiren bir çalışmada, yaratıcılığın gelişmesindeki temel bileşenlerin,

bir tasarım yapma sürecinde doğal olarak gözetilen işlevsellik, tutarlılık, orijinallik, fayda ve detaylandırma gibi adımlar olduğu belirtilmiştir (Chang, Chien, Lin, Chen & Hsieh, 2016). Buradan yola çıkarak, etkinlikler süresince, öğretmenlerin belirttiği üzere öğrencilerin titiz, yoğun ve istekli çalışıyor olmalarının, öğrencilerin yaratıcılıklarına katkı sağladığı çıkarımının yapılması mümkündür. Ayrıca, görsel becerilerin öğrencilerin yaratıcılıklarına etkisi üzerinde duran çalışmalar mevcuttur (Augello vd., 2013; Infantino, Pilato, Rizzo, & Vella, 2013). Dolayısıyla, öğretmenlerin bu gibi görsel tasarım etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcılıklarını artırdığını düşünmesi, bu alandaki diğer çalışmalarla da paralellik gösterdiği görülmektedir.

Öğrencilerle elde ettikleri becerilerin faydası üzerine yapılan görüşmeler sonucunda; öğrencilerin bu becerileri birçok meslek ve ders için faydalı bulduğu görülmektedir. Özellikle; mühendislik, tıp, mimarlık ve inşaat gibi mesleklerin sıklıkla ön plana çıktığı görülmektedir. Bahsedilen meslekler ile ilgili literatürde en dikkat çeken nokta, bu mesleklerin yoğun uzamsal yeteneğe duydukları ihtiyaçtır (Sorby, 2007). Çalışmalar tıp (Eyal & Tendick, 2001) ve mühendislik (Potter & Merwe, 2001; Sorby, Drummer, Hungwe & Charlesworth, 2005) mesleklerindeki başarılar ile uzamsal yetenek arasında yüksek bir ilişki olduğunu belirtmektedir. Bu sebeple bazı çalışmalar doğrudan mühendislik öğrencileri için 3D tasarım kursları tasarlanmış ve bahsedilen değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Sorby & Baartmans, 2000; Gerson, Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2001). Diğer yandan, tasarım tabanlı uygulamaların da öğrencilerin görsel ve uzamsal düşünmelerini desteklemek açısından faydalı olduğu savunulmaktadır (Contero, Naya, Company, Saorin & Conesa, 2005). Bazı araştırmacılar, öğrencilerin uzamsal ve görsel yeteneklerini artırmak amacı ile bir 3D görselleştirme aracı geliştirmiştir (Christou vd., 2007; Park, Kim, & Sohn, 2011). Daha küçük yaş grupları için de tasarım etkinliklerinin öğrencilerin uzamsal yeteneğine olan katkısını inceleyen çalışmalar mevcuttur. Okul öncesi öğrencileri için görsel tasarım ile ilgili Lego ve puzzle gibi etkinliklerin kullanıldığı ve bu etkinlikler ile tasarım çalışmalarının öğrencilerin uzamsal yeteneğine olan katkısının ortaya koyulduğu çalışmalar mevcuttur (Verdine, Golinkoff, Hirsh-Pasek, Newcombe, Filipowicz, & Chang, 2014; Casey et al., 2008; Levine, Ratliff, Huttenlocher, & Cannon, 2012). Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde; tasarım tabanlı etkinliklerin kişilerin uzamsal düşünmelerine katkı sağladığı ve bu düşünme becerisinin özellikle mühendislik gibi meslekler için kritik olduğunu söylemek mümkündür. Görüşmelerde en çok bahsedilen diğer mesleklerden biri olan mimarlık için de, Chen (2004) çalışmasında, teknik çizim, perspektif gibi tasarıma dayanan uygulamaların mimarı tasarımda görsel iletişim için kritik olduğunu ve mimarlık mesleğinde önemli olduğunu belirtmiştir. Görüşmeler esnasında öğrencilerin de eğitimin faydası noktasında belirttikleri fikirlerin literatürdeki diğer çalışmalarla paralellik gösterdiği görülmektedir.

Matematik, geometri, görsel sanatlar ve temel bilim dersleri öğrencilerin eğitimden elde ettikleri becerileri kullanmayı en faydalı buldukları dersler arasında yer almıştır. Burada dikkat çeken nokta, öğrencilerin üzerinde durdukları dersler literatürde de benzer şekilde 3D tasarım ve üretim etkinliklerinin öğrencilerin uzamsal yeteneklerine destek sağlamaları sonucunda ilişkili olduğu gösterilen dersler olduğu görülmektedir (Verner, & Merksamer, 2015; Pittalis & Christou, 2010; Presmeg, 2006). Grissmer ve d. (2013) çalışmalarında Lego gibi oyuncaklar ile okul öncesi öğrencilerinin matematik becerilerine olan katkısını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, uzamsal yetenek ve matematik becerisinin öğrencilerin fizik başarısına olan katkısını

ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Pallrand & Seeber, 1984). Ayrıca, STEM yaklaşımı için matematik, mühendislik ve tasarım gibi alanların kritik alanlar olması sebebiyle, uzamsal ve görsel yeteneğin gelişimine yönelik çalışmaların sayısı artmaktadır (Wai, Lubinski, & Benbow, 2009; Newcombe, 2010). Bu noktada, 3D tasarım etkinliklerinin STEM müfredatları içerisinde de fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Literatürdeki bazı çalışmalar, uzamsal yeteneklerin matematik ve mühendislik başarısı ile olan ilişkisi üzerinde durmaktadır (Park, Kim, & Sohn, 2011; Strong & Smith 2002). Matematik öğretmenlerinden oluşan ve dünyada en çok üyeye sahip topluluk sunmuş olduğu raporlarında uzamsal düşünme ve matematik becerisinin STEM açısından önemli üzerinde durmaktadır (Lester, 2007). Bu bilgilerle, öğrencilerin almış oldukları eğitimi mevcut ve gelecek meslekler ve dersleri açısından faydalı gördükleri sonucu çıkarılmaktadır. Ek olarak, öğrencilerin faydalı olduğunu düşündüğü meslek ve alanların da literatürde de benzer şekilde desteklenmiş olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, velilere de öğrencilerin aldıkları eğitimin öğrencilere olan faydasına yönelik sorular yöneltilmiştir. Veliler, bu gibi yaratıcılık ve üretmeye dayalı etkinliklerin gelecekteki mesleklerin ihtiyaçlarını karşılayacağını belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar bu görüşü destekler şekilde, 3D tasarım etkinliklerinin öğrencilerin görsel okuryazarlığını artırdığını ve bu becerilerin günümüz mesleklerinden birçoğunun kullandığı dijital tasarım için kritik olduğu belirtilmektedir (Verner & Merksamer, 2015). Norman çalışmasında (1994), bilgisayar tabanlı teknolojilerin kullanımının niteliğini belirleyen temel faktörün uzamsal ve görsel yetenek olduğunu belirtmiştir.

Velilerle yapılan görüşmelerde okul içi ve dışında öğrencilerde meydana gelen değişimler üzerinde durulmuştur. Veliler, öğrencilerin Bilişim Teknolojilerine yönelik ilgilerinin arttığını, bilgisayar oyunları oynamanın yanı sıra, 3D tasarım etkinlikleri yapmak gibi yeni hobiler edindiklerini belirtmişlerdir. Bir başka gözlem olarak, çocuklarının kendileri ile 3D tasarım konusunda fikir alışverişi yapmaya, okulda yarım bıraktıkları etkinlikleri tamamlamaya istekli olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, çocukların ortaya koyduğu ürünleri diğer insanlarla paylaşma ve beğeni alma yönündeki eğilimlerini gözlemleyen veliler olmuştur. Görüşmelerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, öğretmen, öğrenci ve velilerin etkinlik deneyimlerine yönelik olumlu bir bakış açısına sahip olduklarını söylemek mümkündür.

Öğrencilerle yapılan bir diğer görüşmede; öğrencilerden, verilen iki farklı nesnenin nasıl tasarlanabileceğinin sesli düşünülerek ortaya koyulması istenmiştir. Elde edilen sonuçlar, öğrencilerin parça-bütün ilişkisi kurmaya yönelik bir sorun yaşamadıklarını göstermektedir. Uzamsal düşünmenin tanımı içerisinde yer alan parça bütün ilişkisi kurabilme yeteneğinin (Pittalis & Christou, 2010) etkinlikler sonucunda öğrencilerde göstergeleri ile gözlemlenmiş olmasının, bu gibi etkinliklerin uzamsal düşünmeye olan katkısını destekleyen bir sonuç olduğu düşünülmektedir.

Öğrencilerin eğitim sonunda değerlendirilmeye alınan ürünlerinden elde edilen temel bilgi; öğrencilerin rubrikte yer alan işlevsellik ve görsellik alanlarında sorun yaşanmazken, yaratıcılık noktasında daha az başarı gösterdikleri olmuştur. Ayrıca, görsellik ile ilgili dikkat çeken nokta, bazı öğrencilerin nesnelere birbirlerine göre ölçülendirilmesi noktasında sıkıntı yaşamalarıdır. Piaget görsel yetenek noktasında, bu beceriyi en üst basamağa koymuştur (Sorby,

& Baartmans, 2000). Bu sebeple, bazı öğrencilerin bu yeteneğin üst bir eşik değerine sahip olması sebebiyle yetersiz kalmış olması sonucu çıkarılmaktadır.

Sınırlılıklar

Çalışma alanı ile ilgili literatürde kuramsal bir temel oluşturmak oldukça zordur. Bu sebeple çalışmada, çocukların 3d tasarım becerilerine yönelik uygulamaya dayalı çalışmalar ile kavramsal bir çerçeve oluşturulmuştur. Yöntemsel açıdan durum çalışması kullanılmış olup, görüşme yönteminden yoğun olarak faydalanılmıştır. Araştırmacıların araştırmanın yürütüldüğü şehirden farklı bir şehirde ikamet etmeleri sebebi ile geniş yelpazeye sahip bir gözlem süreci kurgulamak mümkün olmamıştır. Bu sebeple araştırma, araştırmacıların belirli zaman dilimlerinde araştırma ortamını ziyaret edip görüşmelerden yoğun şekilde veri elde edilmesi şeklinde kurgulanmıştır. Öğrencilerin küçük yaş gruplarından olması sebebiyle görüşmelerde detaylı veri toplanması araştırmacıları zorlamıştır. Bu noktada, bireysel görüşmeler yerine odak grup görüşmeleri ile öğrencilerin fikirlerini grup içerisinde rahat paylaşmaları sağlanabilir.

Öneriler

Çalışmadan elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, etkinliklerin bazı açılardan yeniden düzenlenmesine yönelik bazı noktalar dikkat çekmektedir. Öğrencilerin yaratıcılık puanlarının diğer puanlarına göre düşük olması sebebiyle, eğitimin içeriğinde yaratıcılığın geliştirilmesi ve desteklenmesine yönelik gerekli değişikliklerin yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Stiles ve Stern (2009) tasarımı iki türe ayırmıştır. Bir tasarım etkinliği türünde öğrenciler bir hedef model olmadan serbest çalışırlarken, diğerinde öğrenciler önceden belirlenmiş bir model üzerinde çalışmaktadırlar. Araştırmacı, çocukların yaratıcılıklarını artırmak için bu iki yöntemin birlikte kullanılmasını önermektedir. Benzer şekilde Casey ve Bobb (2003) çalışmalarında önceden tanımlanmış modeller üzerinde çalışmanın ölçü, örüntü, parça bütün, ilişki, denge gibi alt becerileri geliştirdiğini göstermiştir. Bu fikirden yola çıkarak, eğitim içerisinde, bu iki yöntemin aktif kullanımının yeniden gözden geçirilmesi faydalı olacaktır.

Bu araştırma ile öğrencilerin 3D tasarım becerilerini hangi ders ve mesleklerle ilişkili gördüğünün analizi yapılmıştır. Bu bilgi, bundan sonra tasarlanacak olan eğitimlerde kullanılan içeriğin ve örneklerin belirlenmesinde önemli bir bilgi sağladığı düşünülmektedir. Öğrencilerin özellikle matematik ve geometri dersi için bu etkinlikleri faydalı bulmaları sonucunda, sağlanacak örnek ve etkinliklerin bu derslerle ilişkisi öğrencilerin eğitime yönelik düşündükleri faydayı artırabilir. Benzer şekilde, öğrencilerin ilişki kurdukları mesleklere yönelik örnek ve etkinliklerin sağlanması da öğrencilerin fayda algısını artıracak ve motivasyonlarına destek sağlayacaktır.

Teşekkür

Araştırma sürecinde Bilişim Garaj Akademisi'nin öğrenme yönetim sistemi kullanılmıştır. Bilişim Garaj Akademisi erken yaşlarda bilişim becerileri, bilişimle üretim ve bilişimle girişimciliğin önemini kuruluş sürecine temel alarak bilişim teknolojilerine yönelik çevrim içi eğitimler sunan bir platformdur (www.bilisimgarajakademisi.com). İçerisinde erken yaşlara

yönelik kodlama, robot tasarım ve robotik kodlama, web tasarım ve 3D tasarım eğitimleri bulunmaktadır. Eğitimler modüller halinde hazırlanmış olup görseller ve eğitim videolarıyla desteklenmiştir. Lüleburgaz Belediyesi'nin akıllı şehir kullanıcısı projesine yönelik düzenlenen bu eğitimler için Bilişim Garaj Akademisi 3D içerikleri ücretsiz olarak kullanıma sunulmuştur.

Kaynakça

- Alias, M., Black, T. R., ve Gray, D. E. (2002). Effect of instruction on spatial visualization ability in civil engineering students. *International Education Journal*, 3(1).
- Aydın, F., ve Karaçam, S. (2015). Gruplar için teknolojik tasarım uygulamalarını değerlendirmeye yönelik bir analitik rubrik çalışması. *Mersin University Journal of the Faculty of Education*, 11(1).
- Berg, B. L. (2009). *Qualitative research methods for the social sciences*(7th ed). Boston, MA: Pearson Ally& Bacon.
- Berger, R. (2014). Industry 4.0: The new industrial revolution–How Europe will succeed. *Roland Berger strategy consultants*.
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., ve Wilkinson, K. (2015). Learning through STEM-rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice. *Science Education*, 99(1), 98-120.
- Buehler, E., Grimes, S., Grimes, S., ve Hurst, A. (2015). *Investigating 3d printing education with youth designers and adult educators. FabLearn 2015*.
- Burton, L. J., ve Dowling, D. G. (2009). Key factors that influence engineering students' academic success: A longitudinal study. *In Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium (REES 2009)* (pp. 1-6). University of Melbourne.
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A., ve Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26, 269–309.
- Casey, B. M., ve Bobb, B. (2003). The power of block building. *Teaching Children Mathematics*, 10, 98–102.
- Chang, Y. S., Chien, Y. H., Lin, H. C., Chen, M. Y., ve Hsieh, H. H. (2016). Effects of 3D CAD applications on the design creativity of students with different representational abilities. *Computers in Human Behavior*, 65, 107-113.
- Chen, L. (2004). Architectural visualization: An analysis from human visual cognition process. *Program in Digital Arts & Design Faculty of Art & Design*. Monash University, Australia.
- Chu, S. L., Angello, G., Saenz, M., ve Quek, F. (2017). Fun in Making: Understanding the experience of fun and learning through curriculum-based Making in the elementary school classroom. *Entertainment Computing*, 18, 31-40.
- Christou, C., Jones, K., Pitta-Pantazi, D., Pittalis, M., Mousoulides, N., Matos, J.F., Sendova, E., Zachariades, T. ve Boytchev, P. (2007) Developing student spatial ability with 3D

- software applications. At *5th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME5)* (pp. 10).
- Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorin, J. L., ve Conesa, J. (2005). Improving visualization skills in engineering education. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(5), 24-31.
- Cölln, M. C., Kusch, K., Helmert, J. R., Kohler, P., Velichkovsky, B. M., ve Pannasch, S. (2012). Comparing two types of engineering visualizations: Task-related manipulations matter. *Applied ergonomics*, 43(1), 48-56.
- Dornisch, M. M., ve McLoughlin, A. S. (2006). Limitations of web-based rubric resources: Addressing the challenges. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 11(3), 1-8.
- Duerden, M. D., ve Witt, P. A. (2012). Assessing program implementation: What it is, why it's important, and how to do it. *Journal of Extension*, 50(1), 1-8.
- Eyal, R., ve Tendick, F. (2001). Spatial ability and learning the use of an angled laparoscope in a virtual environment. In *Proceedings of the annual medicine meets virtual reality conference* (pp. 146–151).
- Frey, C. B., ve Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280
- Gerson, H. B., Sorby, S. A., Wysocki, A., ve Baartmans, B. J. (2001). The development and assessment of multimedia software for improving 3-D spatial visualization skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 9(2), 105-113.
- Grissmer, D. W., Mashburn, A. J., Cottone, E., Chen, W. B., Brock, L. L., Murrah, W. M., et al. (2013, Nisan). Play-based after-school curriculum improves measures of executive function, visuospatial and math skills and classroom behavior for high risk K-1 children. *Paper presented at the Society for Research in Child Development*, Seattle, WA.
- Gün, E. T., ve Atasoy, B. (2017). The effects of augmented reality on elementary school students' spatial ability and academic achievement. *Eğitim ve Bilim*, 42(191).
- IEEE (2015). *IEEE Smart Cities*.
<http://smartcities.ieee.org/about.html> adresinden 15.01.2018 tarihinde erişilmiştir.
- Jensen, J. L., ve Rodgers, R. (2001). Cumulating the intellectual gold of case study research. *Public Administration Review* 61(2), 236-246.
- Kan, A. (2007). Performans değerlendirme sürecine katkıları açısından yeni program anlayışı içerisinde kullanılabilir bir değerlendirme yaklaşımı: Rubrik Puanlama Yönergeleri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 7(1), 129-152.
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D., ve Wagner, M. (2000). Construct3D: a virtual reality application for mathematics and geometry education. *Education and information technologies*, 5(4), 263-276.

- Kwon, H. (2017). Effects of 3d printing and design software on students' interests, motivation, mathematical and technical skills. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(4).
- Lazarowitz, R., ve Naim, R. (2013). Learning the cell structures with three-dimensional models: students' achievement by methods, type of school and questions' cognitive level. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 500-508.
- Levine, S. C., Ratliff, K. R., Huttenlocher, J., ve Cannon, J. (2012). Early puzzle play: A predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental Psychology*, 48, 530–542.
- Lin, H. Y., ve Lee, Y. S. (2010). The effects of spatial short-term memory, spatial working memory and spatial ability on performance in engineering graphics. *Journal of Design*, 15(4), 1–18.
- Loveless, A. (2002). *Literature review in creativity, new technologies and learning*. Future Lab. <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190439/document> adresinden 20.01.2018 tarihinde erişilmiştir.
- Luh, D. B., ve Chen, S. N. (2013). A novel CAI system for space conceptualization training in perspective sketching. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 147–160.
- Lüleburgaz Belediyesi (2015). *2012-2016 Lüleburgaz Belediyesi Stratejik Planı*. <http://www.luleburgaz.bel.tr/upload/stratejik-plan-2012-2016.pdf> adresinden 25.05.2017 tarihinde erişilmiştir.
- Mintz, R., Litvak, S., ve Yair, Y. (2001). 3D-virtual reality in science education: An implication for astronomy teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(3), 293-305.
- Lester, F. K. (Ed.). (2007). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics*. IAP.
- Newcombe, N. S. (2010). Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking. *American Educator*, 34, 29–35.
- Nguyen, L., & Shanks, G. (2009). A framework for understanding creativity in requirements engineering. *Information and software technology*, 51(3), 655-662.
- Norman, K. L. (1994). Spatial visualization—A gateway to computer-based technology. *Journal of Special Education Technology*, 12(3), 195-206.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1), 1-10.
- Özdemir, S., Çetin, E., Çelik, A., Berikan, B. ve Yüksel, A.O. (2017). Furnishing New Generations with Productive ICT Skills to Make Them the Maker of Their Own Future. *Journal of Education and Future*, 11(1). 137-158.

- Pallrand, G. J., ve Seeber, F. (1984). Spatial ability and achievement in introductory physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(5), 507-516.
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., ve Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing*, 18, 57-78.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, New York.
- Papert, S., ve Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1-11.
- Park, J., Kim, D. E., ve Sohn, M. (2011). 3D simulation technology as an effective instructional tool for enhancing spatial visualization skills in apparel design. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 505-517.
- Parlak, B., ve Doğan, N. (2014). Dereceli puanlama anahtarı ve puanlama anahtarından elde edilen puanların uyum düzeyleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(29-2).
- Potter, C. ve Merwe, E. (2001). Spatial ability, visual imagery and academic performance in engineering graphics. In *Proceedings of the international conference on engineering education*. Oslo/Bergen, Norway.
- Presmeg, N. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics. A. Gutierrez ve P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education: Past, present and future* (ss. 205–236). Rotterdam: Sense.
- Pittalis, M., & Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 191-212.
- Rafi, A., Samsudin, K. A., ve Said, C. S. (2008). Training in spatial visualization: The effects of training method and gender. *Educational Technology & Society*, 11 (3), 127-140.
- Resnick, M., ve Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkability. M. Honey ve D. E. Kanter(Eds), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*(ss. 163-181). New York: Routledge.
- Rohrbach, S. (2010). Analyzing the appearance and wording of assessments: understanding their impact on students' perception and understanding, and instructors' processes. In *conference of the Design Research Society* ,(ss. 1-13).
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., ve Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group, 9.
- Selena, N., ve Neil, S. (2017). Making the best of it? Exploring the realities of 3D printing in school. *Research Papers in Education*, 32(5), 578-595.
- Shaughnessy, J. J., Zechmeister, E. B., ve Zechmeister, J. S. (2008). *Research methods in psychology* (8th ed.). New York: McGraw-Hill.

- Smith, G. G., ve Olkun, S. (2005). Why interactivity works: Interactive priming of mental rotation. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 93–111.
- Smith, S., ve Tillman, D. (2015, Mart). Digital fabrication playground: hands-on experimentation with design technologies to enrich learning. *In Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (s. 133-136). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Somyürek, S. (2015). An effective educational tool: Construction kits for fun and meaningful learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1). 25-41.
- Sorby, S. A. ve Baartmans, B. J. (2000). The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 89(3), 301-307.
- Sorby, S. A., Drummer, T., Hungwe, K., ve Charlesworth, P. (2005). Developing 3-D spatial visualization skills for non-engineering students. *In Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition* (Vol. 10, pp. 1-10).
- Sorby, S. A. (2007). Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education*, 13(1), 1-11.
- Stiles, J., ve Stern, C. (2009). Developmental change in spatial cognitive processing: Complexity effects and block construction performance in preschool children. *Journal of Cognition and Development*, 2, 157–187.
- Schrauf, S., ve Berttram, P. (2016). Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient agile and customer-focused. *Strategy&*, 1-32.
- Strong, S., ve Smith, R. (2002). Spatial visualization: Fundamentals and trends in engineering graphics. *Journal of Industrial Technology*, 18, 1–6.
- Şenel, T., Çepni, S., Yıldırım, N., ve Er Nas, S. (2007). Süreç odaklı değerlendirmede kullanılabilecek bir analitik rubriğin geliştirilmesi: Yaşamımızdaki elektrik ünitesi örneği. *Edu 7 Dergisi*, 2(2).
- Şimşek, E., & Yücekaya, G. K. (2014). Dinamik geometri yazılımı ile öğretimin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1).
- The Economist (2013). *The multiplexed metropolis*. <http://www.economist.com/news/briefing/21585002-enthusiasts-think-data-services-can-change-cities-century-much-electricity> adresinden 15.01.2018 tarihinde erişilmiştir.
- Tillman, D., An, S., Cohen, J. D., Kjellstrom, W., & Boren, R. (2014). Exploring Wind Power: Improving Mathematical Thinking through Digital Fabrication. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 23(4), 401-421.

- Tuckey, H., Selvaratnam, M., ve Bradley, J. (1991). Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation, and reflection. *Journal of Chemical Education*, 68(6), 460.
- TÜBİTAK (2016). *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*. Ankara: TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı.
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., ve Chang, A. (2014). Deconstructing building blocks: Preschoolers' spatial assembly performance relates to early mathematical skills. *Child development*, 85(3), 1062-1076.
- Verner, I., ve Merksamer, A. (2015). Digital design and 3D printing in technology teacher education. *Procedia CIRP*, 36, 182-186.
- Vossoughi, S., Escudé, M., Kong, F., ve Hooper, P. (2013, Ekim). Tinkering, learning & equity in the after-school setting. *In annual FabLearn conference*. Palo Alto, CA: Stanford University.
- Wai, J., Lubinski, D., ve Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817.
- Westkämper, E., ve Walter, F. (2014). Towards the re-industrialization of Europe. *A Concept for Manufacturing for, 2030*.
- Willett, R. (2007) Technology, pedagogy and digital production: a case study of children learning new media skills. *Learning, Media and Technology*, 32(2), 167-181.
- Wu, Q., Xu, H., ve Zou, X. (2005). An effective method for 3D geological modeling with multi-source data integration. *Computers & Geosciences*, 31(1), 35-43.
- Yarema, R., Deptuch, G., Hoff, J., Shenai, A., Trimpl, M., Zimmerman, Demarteau, M., Lipton, R. ve Christian, D. (2010). 3D design activities at Fermilab-Opportunities for physics. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 617(1), 375-377.
- Yıldız, B., ve Tüzün, H. (2011). Effects of using three-dimensional virtual environments and concrete manipulatives on spatial ability. *Hacettepe University Journal of Education*, 41, 498-508.