

ELİNLE KAVRA, ZİHNİNDE DÖNDÜR: İKİ-DÖRT YAŞ ARASI ÇOCUKLARIN MEKÂNSAL-UZAMSAL BECERİLERİNİ ANLAMAYA YÖNELİK TASARIM YÖNTEM VE ARAÇLARI

Gökçe Elif Baykal, Koç Üniversitesi, Tasarım, Teknoloji ve Toplum Programı

Tilbe Göksun, Koç Üniversitesi, Psikoloji Bölümü

Asım Evren Yantaç, Koç Üniversitesi, Arçelik Yaratıcı Endüstriler Uygulama ve Araştırma Merkezi

Bu çalışmanın amacı, okul öncesi dönemdeki çocukların mekânsal becerilerini (örneğin mental dönüştürme) geliştirmeye yönelik tasarım araç ve uygulama yöntemlerini araştırmaktır. Mevcut çalışmalar, erken dönem öğrenme sürecinde çocuk kullanıcıya sunulan klasik ve dijital materyallerin avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymaktadır. Fakat, bu materyallerin tasarımını okul öncesi dönemde ortaya çıkan farklı ihtiyaç ve becerilere uygun bilgilendirecek yöntem ve araçlar yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada, bilişsel gelişim psikolojisi, etkileşim tasarımı ve oyun tasarımı uzmanlarının yanı sıra son kullanıcı olarak hedeflenen yaş grubuna dâhil çocukların ve ebeveynlerin katılımını öneren çocuk-merkezli tasarım metodu kullanılmaktadır. Çalışma 26-48 ay arasındaki çocukları hedeflemektedir. Bu yaş aralığının belirlenme sebebi, bilişsel gelişim literatüründe özellikle mental dönüştürme becerisinin (örneğin iki ve üç boyutlu nesnelere dönüştürme, katlama, bükme, ölçeklendirme, büyüklük ve şekillerine göre tanıma ve sınıflandırma becerileri) iki ve dört yaş aralığında geliştirilebilmesi açısından belirleyici olması ve gelecekteki STEAM (fen, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik) becerileriyle doğrudan ilişkili olmasıdır. Çalışmaya 14 ebeveyn-çocuk ikilisi ile katılmıştır. Çalışmada iki tip oyun tasarlanmıştır: (1) güdümlü oyun (*guided-play*) ve (2) serbest oyun (*free play*). Güdümlü oyunda, katılımcılara, hikâye destekli mental dönüştürme bulmacaları verilmiş ve çocukların bu bulmacaları çözerken verilen üç boyutlu nesnelere kullanarak ne gibi mental dönüştürme stratejileri kullandığı gözlemlenmiş ve bulmacayı çözemediği durumda ebeveynlerden ne gibi dil ve jest geribildirim aldığı incelenmiştir. Çalışmanın ikinci yarısında çocuklar verilen materyallerle serbest oynarken gözlemlenmiştir. Çalışmalar sonucunda, güdümlü oyunda çocukların mental dönüştürme becerilerinde ortaya çıkan (örneğin ölçeklendirme ve döndürmeyi tamamlamama) farklar ile ebeveynlerden gelen (dil kategorileri ve jest kullanım tipleri) geribildirim ihtiyaçları ortaya çıkarılmıştır. Serbest oyunda ise çocukların materyallerle oynarken ortaya çıkardıkları yaratıcı fikirler gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, oyunun içerik ve format tasarımı ile uygulamanın platformlarına yönelik fikirlere yol gösterecektir. Bu tasarım araştırmasının gelecek aşamalarında, elle tutulan mekânsal beceriler için önerilen geometrik oyuncaklar (tahta bloklar, yap-boz oyuncaklar ve geometrik şekiller) ile eş zamanlı geri bildirim ve etkileşimi artıran dijital materyallerin avantajlarını bir araya getirmek hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mekânsal-uzamsal beceriler; çocuk-nesne etkileşimi; okul öncesi dönem çocukları; öğrenme.

GİRİŞ

Günümüzde doğan çocuklar, dijital ve fiziksel dünyaların iç içe geçtiği hibrit (melez) deneyimler ile büyümektedirler. Çocukların henüz iki yaşına gelmeden teknolojiyi aktif kullanmaya başladığı bilinmektedir (Marco vd., 2013). Bu durum, okul öncesi dönemdeki çocukların öğrenme süreçlerini destekleyecek ne tür teknolojiler üretilmesi gerektiği konusunda bir araştırma açığını ortaya koymaktadır (Hirsh-Pasek vd., 2015; O'Malley ve Fraser, 2004). Fakat günümüze kadar yapılmış teknoloji tasarımı çalışmalarında dört yaşın altındaki çocukların nesnelere etkileşimine ilişkin bilgi ve becerilerini dikkate alan çalışmalar yetersizdir (Antle, 2012; Marco vd., 2013). Bu çalışma, özellikle çocukların elle kavranabilir teknolojiler ile etkileşimlerini inceleyen çocuk-nesne etkileşimi (*Child-Tangible Interaction*) alanındaki boşluğa dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, çocukların erken yaşlarda mekânsal-uzamsal becerilerini geliştirmeyi amaçlayan çocuk-nesne etkileşimine dayalı bir teknoloji tasarımının ilk aşamalarında kullanılan yöntemler ve bulgulardan bahsedilecektir. Bu çalışmada kullanılan yöntemsel yaklaşım, bilişsel gelişim çalışmalarındaki belirli bir yaş ve beceri alanındaki kuram ve bulgular ile teknoloji tasarım sürecine ilişkin araştırma yöntemlerini bir araya getirmektedir. Çalışmada özellikle iki-dört yaş arası çocukların mekânsal-uzamsal becerilerine odaklanılmaktadır, çünkü, bu becerilerin bu yaş aralığında geliştirilmesinin ömür boyu kalıcı ve etkili bir öğrenme sağladığı bulunmuştur (Levine vd., 2012). Ayrıca, mental dönüştürme gibi nesneyi zihinde farklı yönlerde canlandırmayı gerektiren mekânsal-uzamsal becerilerin çok erken yaşlarda gelişiminin, çocukların ilerleyen yaşlarda STEAM (bilim, teknoloji, mühendislik, sanat, matematik) alanlarındaki başarıları ile doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır (Uttal vd., 2013; Wai vd., 2009). Bunların yanında, mekânsal-uzamsal becerilerin geliştirilebilen beceriler olduğu (Uttal vd., 2013) ve erken yaşlarda tahta blok ve yap-boz yapma gibi aktivitelerin bu beceriler üzerinde (örneğin nesnelere farklı yönlerdeki değişimini ve görüntüsünü zihinde canlandırabilme) kalıcı faydaları olduğu bulunmuştur (Verdine vd., 2014). Gelişim psikolojisi ve bilişsel gelişim alanlarında yapılan çalışmalarda, bu becerileri geliştirdiği düşünülen az sayıda da olsa birkaç müdahale yöntemi ve tekniği bulunmaktadır. Örneğin, iç içe geçmiş şekilleri ayırt etme ve tanıma becerisini anlamak için hazırlanan Okul Öncesi Çocuklar için Gizlenmiş Figür Testi (*Preschool Embedded Figure Test*) okul öncesi dönemdeki çocuklarda denenerek güvenilirliği ispatlanmış bir test olarak ortaya çıkmıştır. Bunun yanında, hikâye anlatımı, jest kullanımı ve güdümlü oyun gibi araçların da mekânsal-uzamsal becerilerin iki-dört yaş aralığında geliştirilmesine destek olan araçlar olduğu bulunmuştur.

Bu tasarım araştırmasının temel amacı, bilişsel gelişim alanında mekânsal-uzamsal becerilerin erken yaşta gelişimi konusunda yer alan bulgu ve kuramlardan yola çıkarak, tasarım yöntem ve araçlarına yönelik bilgi üretmektir. Daha önce bahsedildiği gibi, iki-dört yaş arası çocukların mekânsal-uzamsal becerile-

rini anlamaya yönelik geliştirilen yöntem ve araçların kısıtlı olması nedeniyle bu süreçte karşımıza iki temel tasarım araştırma problemi çıkmıştır:

1. Hedeflediğimiz iki-dört yaş arası çocukların mekânsal becerileri ve ihtiyaçları hakkında bilgiyi nasıl ediniz?
2. Bu yaş aralığındaki çocukların fikirlerini tasarım sürecine nasıl dâhil edebiliriz?

Karşımıza çıkan birinci tasarım problemini aşabilmek için, önce yaşa ve mekânsal-uzamsal becerilere uygun oyuncak nesnelere belirledik ve bu nesnelere ile içinde bulmacalar gizli olan hikâye destekli güdümlü-oyun (*guided-play*) geliştirdik. Bu oyunu düşük-maliyetli kâğıt prototipte tasarladık ve ebeveyn-çocuk ikilileri ile gerçekleştirdiğimiz pilot çalışmada test ettik (Baykal vd., 2016). Bu pilot çalışmanın ardından 14 ebeveyn-çocuk ikilisi ile etnografik çalışmayı sürdürdük. İkinci problem için ise çocukların belirlediğimiz oyuncak nesnelere ile serbest oyun (*free play*) oynarken ortaya çıkardıkları yaratıcı fikirlerini ve mekânsal-uzamsal becerilere yönelik davranışlarını (nesnelere şekillere, ebatlara, işlevlere göre dizme vb.) gözlemledik. Bu makalede tasarım sürecinde kullandığımız *güdümlü-oyun ve serbest oyun* ile elde ettiğimiz tasarıma yönelik bilgileri sunacağız.

Tasarım Çalışmasının Temel Aldığı Literatürdeki Bulgular

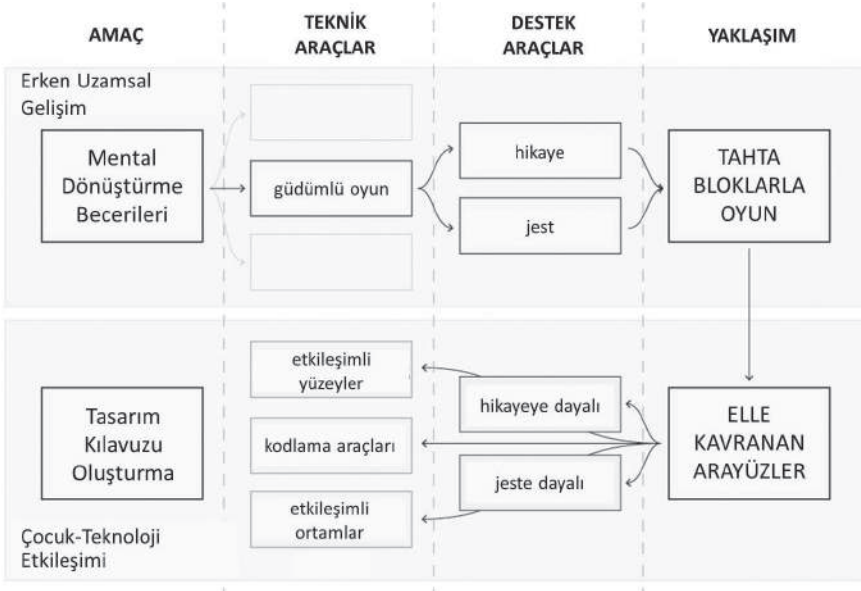
Mekânsal-uzamsal becerilerin diğer zihinsel becerilerden farklı önemli bir bilişsel yeti olduğunu gösteren çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Verdine vd., 2014). Çocuklar mekânsal becerilerini, erken yaşlarda dünyadaki nesnelere kendi içlerindeki özellikleri (örneğin şekil, yön vb.) ve nesnelere arası ilişkileri (örneğin konum, uzaklık vb.) anlamlandırmak için kullanırlar (Newcombe vd., 2013; Uttal vd., 2013; Verdine vd., 2014). Bu nesne içi ve nesnelere arası ilişkileri kavramak gündelik hayatta en çok ihtiyaç duyulan temel becerilerden biridir (Göksun ve Özer, 2016; Newcombe vd., 2013). Çocuklar, mekânsal-uzamsal becerileri çok erken yaşlarda elle kavrayabildikleri nesnelere ile etkileşime girerek deneyimlemektedirler. Farklı şekillerden oluşan tahta bloklar, resmin tamamının parçalarını bir araya getirmeyi gerektiren yap-boz oyunları, farklı oranlarda şekillerin iç içe geçmesine veya bir araya gelerek bir yapı inşa etmesine imkân veren oyuncaklar mekânsal becerilerin temelini oluşturan zihinde döndürme, zihinde canlandırma gibi yetileri çok erken yaşlarda geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Yapılan boylamsal bir çalışmada, okul öncesinde oynanan bu tür oyun ve oyuncağın, çocuğun okula hazırlık sürecine fayda sağladığı ve ileriki yaşlarda STEAM alanlarındaki ilgi ve başarılarını doğrudan etkilediği bulunmuştur (Wai vd., 2009; Wai vd., 2010). Bu konuda yapılan çarpıcı bir çalışma, iki-dört yaş aralığında daha fazla tahta blok ve şekil oyunları ile oynayan çocukların, dört buçuk yaşına geldiklerinde bu tür oyunları oynamayan diğer akranlarına göre daha üstün mental dönüştürme becerilerine sahip olduklarını göstermiştir (Levine vd., 2012).

Çocukların mekânsal becerilerini erken yaşta geliştirmeyi sağlayan oyunlar dışında başka araçlar da bulunmaktadır. Örneğin, nesnelere dönüştürülmesine yönelik elle yapılan *jestlerin* dört yaşındaki çocukların mental dönüştürme becerilerini geliştirdiği bulunmuştur (Ehrlich vd., 2006). Mekânsal becerilerin erken yaşta gelişimini destekleyen bir diğer araç ise, mekânsal kavramları içeren ve bu kavramları neden sonuç ilişkisi bağlamında aktaran *hikâye anlatımı*dır. Örneğin, tahta blok oyunlarında mekânsal kavramları belirten sözcüklerin (örneğin iç, dış, alt, üst, yan vb.) kullanımı çocukların oyundaki mekânsal problemleri çözmelerine yardımcı olduğuna ve mekânsal-uzamsal becerilerini geliştirdiğine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Nachtigäller vd., 2012; Verdine vd., 2014). Ayrıca, tahta blok ve şekil oyunlarının bir hikâye anlatımı eşliğinde oynanmasının, okul öncesi çocukların nesnelere arası ilişkileri kavramalarına yardımcı olduğu bulunmuştur (Casey vd., 2008).

Bu bulgulara dayanarak, okul öncesi dönemdeki çocukların mekânsal becerilerini destekleyebilecek ne tür teknolojiler bulunduğunu veya tasarlanabileceğini saptamak amacıyla çalışmamıza literatür çalışmaları yaparak başladık (Baykal vd., 2017; Baykal vd., 2018). Çocuk-bilgisayar etkileşimi alanında yapılan çalışmalarda, nesne ile doğrudan etkileşime dayalı elle kavranabilen kullanıcı arayüzlerinin (*tangible user interfaces*) özellikle okul öncesi çocuklarının öğrenme sürecini destekleme konusunda diğer teknolojilere göre daha fazla avantaj sunduğu düşünülmektedir (Antle, 2012; Marshall, 2007; O'Malley ve Fraser, 2004). Bu avantajların başında, elle tutulup kavranabilmesi, bedenle bütünleşen bir kavrama ve öğrenme imkânı sağlaması gelmektedir (Ishii ve Ullmer, 1997; Marshall, 2007). Sadece ekrandan oluşan veya klavyeye bağlı diğer teknolojiler ne yazık ki bu tür olanakları yeterince sunamamaktadır. Elle kavranabilen kullanıcı arayüzlerinin, fiziksel nesnelere olan etkileşimi çeşitli dijital temsiller ve geri bildirim özellikleri ile zenginleştirmeleri açısından öğrenme sürecini destekleyen önemli bir potansiyele sahip oldukları düşünülmektedir (Antle, 2012; Marshall, 2007; O'Malley ve Fraser, 2004; Resnick vd. 1998; Zuckerman vd., 2005). Ishii ve Ullmer (1997) bu potansiyel etkileşim tiplerini 3 kategoride açıklamaktadır:

1. İnteraktif yüzeyler (örneğin gündelik fiziksel nesnelere olan etkileşimi artıran dijital masaüstü veya duvara yansıtılan yüzeyler vb.),
2. Parça ve atomların birleşimi (örneğin gündelik nesnelere kendi içlerinde veya birbirleriyle etkileşimini sağlayan teknolojiler vb.),
3. Ambiyans medya (örneğin ortamdaki ışık, ses, hava, hareket gibi fiziksel unsurlar ile etkileşime giren ve ortamı çevreleyen medya teknolojileri vb.).

Bunların yanında hikâyeye-dayalı elle kavranabilen kullanıcı arayüzleri (örneğin KidStory (Stanton vd., 2004), StoryMat (Ryokai ve Cassell, 1999), TellTale (Annany, 2002)) ve jest-dayalı elle kavranabilen kullanıcı arayüzleri (örneğin TICLE (Scarlatos, 2002), Curlybot (Frei vd., 2000), Topobo (Raffle vd., 2004)), çocuk-



Resim 1. Erken yaşlarda mekânsal-uzamsal becerilerin gelişimine yönelik araçlar ile elle kavranabilen kullanıcı arayüzlerinin öğrenme sürecine sunduğu potansiyel olanaklarının birbirini tamamlayan özelliklerini gösteren kavramsal çerçeve

ların çeşitli öğrenme süreçlerini desteklemek amacıyla geliştirilmiştir. Çocuk-bilgisayar etkileşimi alanında öne çıkan bu örnekler, özellikle mekânsal becerilerin erken yaşlarda geliştirilmesi konusunda elle kavranabilen kullanıcı arayüzlerinin önemli potansiyellerini göstermektedir (Baykal vd., 2018). Bu çalışmalardan yola çıkarak, erken yaşlarda mekânsal-uzamsal becerilerin gelişimine ilişkin kuramlar ve öneriler ile öğrenme ve eğitime yönelik geliştirilen, elle kavranabilen kullanıcı arayüzlerinin birbirini tamamlayıcı özelliklerini detaylı irdeleyen alan çalışmamız bir başka kaynakta bulunabilir (Baykal vd., 2018). Çocuklar ile kullanıcı araştırmalarına başlamadan önce, yaptığımız alan çalışmalarından yola çıkarak tasarım çalışmamızın temelini oluşturan aşağıdaki kuramsal ve yöntem dayalı çerçeveyi geliştirdik (Resim 1).

Bu bölümde, tasarım çalışmamızın temelini oluşturan bilgi ve bulgular ile yürütmekte olduğumuz disiplinler arası çalışmanın arasındaki bağlantıyı özetledik. Bunu yaparken, çocukların gelişimsel süreçlerinde mekânsal-uzamsal becerilere yönelik kuramlar ve önerilen teknikler ile çocuk-teknoji etkileşimi alanında ortaya çıkan öğrenmeyi destekleyici yeni teknolojilerin birbirini nasıl bilgilendirebileceğine yönelik bir kavramsal altyapı sunduk. Bir sonraki bölümde, bu iki disiplin arasındaki bilgi aktarımını destekleyen ve hedeflediğimiz iki-dört yaş aralığına yönelik tasarımı geliştirmek için kullandığımız yöntem ve teknikleri açıklayacağız.

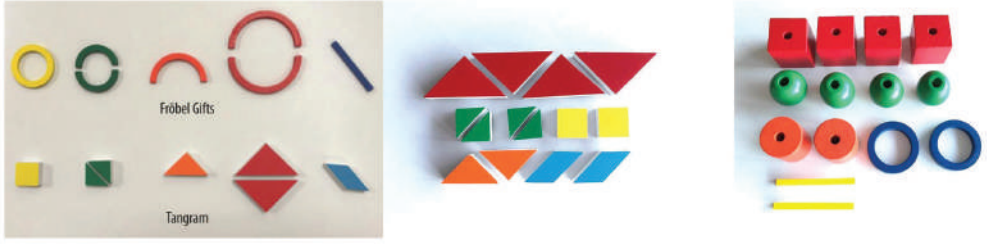
Çocuklardan Bilgi Edinmek için Kullanılan Yöntem ve Araçlar

Okul öncesi dönemdeki çocukların mekânsal-uzamsal becerilerini geliştiren çocuk-nesne etkileşimine dayalı elle kavranabilir bir kullanıcı arayüzü geliştirebilmek için tasarım süreci odaklı araştırma yaklaşımı benimsedik. İlk aşamada karşımıza çıkan tasarım problemi iki-dört yaş arası çocukların mekânsal-uzamsal becerileri (bu çalışmada özellikle mental dönüştürme konusuna odaklanılmıştır) hakkında derinlemesine bilgiyi edinmek için ne gibi bir yöntem kullanılması gerektiği olmuştur. Bu amaçla, gelişim psikolojisi ve bilişsel psikoloji alanında kullanılan teknik ve yöntemleri bir hikâyeye entegre edip, kâğıt prototip üzerinde oyunlaştırma yöntemine adapte ettik. Bu kâğıt prototip üzerine geliştirdiğimiz oyunu 14 ebeveyn-çocuk ikilisi ile test ettik. Bu yöntem, düşük maliyetli bir araç üzerinden, çocukların mental dönüştürme becerilerini ve bu becerileri kullanırken ebeveynlerinden ihtiyaç duydukları farklı geri bildirimleri gözlemlememize imkân sağladı.

Kâğıt prototipin geliştirilmesi: 2-4 yaş arası çocukların mental dönüştürme becerileri hakkında bilgi elde etme amaçlı yapılan etnografik kullanıcı çalışması

Önceki bölümde bahsedildiği gibi, çocuklara yönelik günümüze kadar yapılan etkileşim tasarımı araştırmalarında, dört yaşın altındaki çocukların ihtiyaç ve becerilerini dikkate alan ve inceleyen çalışmalar yetersiz kalmıştır. Bunun başlıca sebebi, bugüne kadar çocukları tasarım sürecine dâhil etmek üzere geliştirilen ve uygulanan yöntemlerin çoğunun çocukların sözlü ifade becerilerini gerektiren (örneğin anket, günlük tutma, mülakat vb.) tekniklere bağlı olmasıdır (Farber vd., 2002; Guha vd., 2004; Marco vd., 2013). Oysa ki bizim hedeflediğimiz iki-dört yaş aralığındaki çocuklar, düşüncelerini henüz sözcüklerle ifade edemeyen veya konuşmaya henüz başlamış çocuklardır. Dört yaşından daha küçük çocukları tasarım sürecine dâhil eden çok az çalışma bulunmaktadır (Barendregt ve Bekker, 2014; Farber vd., 2002; Guha vd., 2004, Hiniker vd., 2017; Marco vd., 2013). Bu çalışmalar, üç yaşındaki çocukların tasarıma ilişkin fikirlerini aktarmak için kullanılan *çizim* (Barendregt ve Bekker, 2014), *kurgusal araştırma* ve *karikatürleme* (Hiniker vd., 2017) ve fiziksel nesnelere gereken şekilde hareket ettirme işlemini tamamlamaya yönlendiren bir çalışmada kullanılan *Oz Büyücüsü* (Marco vd., 2013) gibi tekniklerin uygulamasında zorluk yaşadıklarını belirtmişlerdir.









Okul öncesi dönemdeki çocukların tasarım sürecine dâhil edilmesine yönelik Guha vd. tarafından (2002) geliştirilen *Karma Yöntem (Mixing Method)* çalışmalarında üç temel unsurun öneminden bahsedilir. Bunlar okul öncesi çocuklara (1) elle tutabildikleri *fiziksel nesnelere* ile etkileşim halinde olabildikleri, (2) açık uçlu yerine daha *yapılandırılmış görevler* sunan ve (3) mümkünse kalabalık olmayan grup içinde *bire-bir* çalışabildikleri bir ortam sağlayan teknikler geliştirilmesidir (Guha vd., 2004). Önceki tasarım çalışmalarında dört yaştan daha küçük çocuklara yönelik ortaya çıkan bu kısıtlı bilgilerin ışığında ve önceden sunduğumuz kavramsal çerçeveye dayanarak (Resim 1), amaçladığımız tasarım problemine yö-



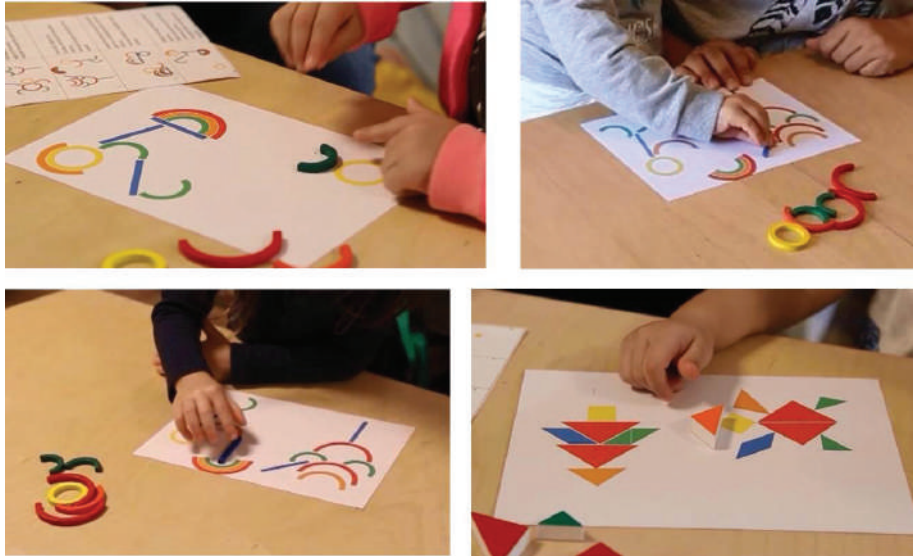
Resim 2. (Sol) güdümlü-oyun (*guided-play*) çalışmasında okul öncesi çocukların mekânsal-uzamsal becerilerini anlamak için kullanılan Fröbel Gifts ve Tangram parçaları; (orta) serbest oyun (*free play*) çalışmasında okul öncesi çocukların mekânsal-uzamsal becerilerini anlamak için kullanılan Tangram ve (sağ) Fröbel Gifts parçaları

nelik bilgi edebilmek için teknik geliştirdik. İki-dört yaş arası çocukların mental dönüştürme becerilerine yönelik kapsamlı bilgi edinmek için kullandığımız kâğıt prototipleri geliştirirken, Guha vd.'nin (2002) önerdiği yukarıda detaylı açıklanan unsurlara yer vermeye dikkat ettik:

1. *Fiziksel nesnelere:* İki-dört yaş aralığına uygun, mekânsal-uzamsal becerileri ortaya koymaya yarayan ve farklı figürler oluşturmaya olanak sağlayan üç boyutlu fiziksel oyuncaklar tanımladık (örneğin tangram ve Fröbel Gifts) (Resim 2).
2. *Yapılandırılmış görevler:* Belirlediğimiz fiziksel nesnelere, bir hikâye bağlamı içerisinde, çocuklara bir neden-sonuç ilişkisi içinde anlamlı gelecek şekilde kullanmalarını sağlayabilmek amacıyla kullandık. Çalışmayı iki oyun türünde kurguladık: (1) Güdümlü oyun (*guided play*) ve (2) serbest oyun (*free play*). Güdümlü oyunda, çocukların nesnelere önceden tasarlanmış hikâyeler içindeki problemi çözmeleri için kullanmalarını sağladık (Resim 2 ve 4). Bunu yaparken çocukların mental dönüştürme becerilerini detaylı inceleyebilmek amacıyla bir önceki bölümde detaylı açıklanan gizlenmiş figür testini *güdümlü oyun* çalışmasının içine hikâye bağlamında entegre ettik (Tablo 1). Bu sayede hem çocukların fiziksel nesnelere tanıma, ayırt etme, döndürme ve yerleştirme gibi becerileri hakkındaki problemleri çözerken sahip oldukları ihtiyaç ve beceriler hakkında detaylı bilgi edindik hem de yapılandırılmış bir görev bağlamında çocukların tasarım çalışmasına katılımlarını sağlamış olduk. Serbest oyunda ise çocuklar verilen fiziksel nesnelere (örneğin Tangram ve Fröbel Gifts) (Resim 2) serbest bir şekilde oynadı. Nesnelere ile oynarken çocuklardan bir hikâye üretmeleri istendi.
3. *Bire-bir çalışma:* Fiziksel nesnelere ile etkileşimi gözlemlememizi sağlayan yapılandırılmış görevleri bir oyun formatında 14 gönüllü ebeveyn-çocuk ikilisiyle uyguladık (Resim 3).

TANGRAM KARTLARI	HİKAYE	FRÖBEL GIFTS KARTLARI	HİKAYE
	HİKAYE 1: Kaplumbağa çok acıkmış. Fakat ağaç çok yüksek. Hadi gel ona ağaçtan bir yaprak verelim.		HİKAYE 1: Kaplumbağa çok acıkmış. Fakat ağaç çok yüksek. Hadi gel ona ağaçtan bir yaprak verelim.
	HİKAYE 2: Çocuk uçurtma uçuruyormuş. Birden çocuğun uçurtmasının parçası ağaca takılmış. Hadi gel çocuğa yardım edelim.		HİKAYE 2: Yağmur yağıyormuş. Birden çocuğun şemsiyesinin sapı ağaca takılmış. Hadi gel çocuğa yardım edelim.
	HİKAYE 3: Zürafaa çok acıkmış. O kadar acıkmış ki yanlışlıkla ağacın gövdesini yemiştir. Hadi gel ağacın gövdesini geri koyalım.		HİKAYE 3: Araba kocaman bir kayanın üzerinden geçmiş ve tekerleğinin biri kayanın üzerinde kalmış. Hadi gel arabayı tamir edelim.
	HİKAYE 4: Çok kuvvetli bir rüzgar esmiş ve evin çatısını dağın tepesine uçurmuş. Hadi gel evin çatısını tamir edelim.		HİKAYE 4: Balığın kuyruğu yanlışlıkla balığın olmasına takılmış. Balık kuyruksuz yüzemaz. Hadi gel balığa yardım edelim.

Tablo 1. Tangram ve Fröbel Gifts parçaları ile oluşturulan güdümlü-oyun için yapılandırılmış görevler, figürler ve çocuklara sunulan hikâye kartları



Resim 3. Ebeveyn-çocuk ikilileri kâğıt prototip üzerinde oynarken çekilmiş görüntüler

Prosedür

Çalışmaya toplamda 14 ebeveyn-çocuk ikilisi katılmıştır. Çalışma katılımcıları, 26-48 ay aralığında, gelişimlerini normal sürdürmekte olan ve ana dilleri Türkçe olan çocuklardır. Her katılımcı ayrı ayrı evlerinde deneye alınmıştır. Çalışmaya

başlamadan önce ebeveyn deney ile ilgili bilgilendirilmiştir. Araştırmacılardan biri, deney boyunca odada bulunmuş ve ebeveyn-çocuk ikilileri oyun sırasında video kaydına alınmıştır.

Kodlama ve analiz

Video kayıtları araştırmacı tarafından kodlanmıştır. Ebeveyn ve çocuğun dil ve jest kullanımları ve oyun boyunca yaptığı mental dönüştürme hareketleri ve hataları ayrı ayrı kodlanmıştır. Kodlanan dil, jest ve oyun davranışı kategorileri bilişsel gelişim alanında ilgili yayınlar referans alınarak belirlenmiştir. Elde edilen dil ve jest kategorilerine ilişkin analizi, yine bilişsel psikoloji alanında özellikle mekânsal-uzamsal dil kategorilerine yönelik geliştirilmiş özel bir kodlama şablonuna (*Spatial Coding Manual*) (Cannon vd., 2007) bağlı olarak yapılmıştır. Bu kodlama ve analizin ileride tasarlamayı amaçladığımız elle kavranabilir arayüz teknolojisinde gerekli olabilecek geri bildirim mekanizmalarının içeriğini oluşturmaya yardımcı olması amaçlanmıştır.

Çocuklar ile Gerçekleştirilen Kullanıcı Çalışmasına İlişkin Sonuçlar

Kâğıt prototip ile ilgili gözleme dayalı sonuçlar

Geliştirdiğimiz kâğıt prototip ile yaptığımız ön test çalışması, çocukların şekilli hikâye kartları üzerindeki mekânsal-uzamsal bulmacaları çözmek için ihtiyaç duydukları dil ve jest gibi araçların yanı sıra kullandıkları mental dönüştürme türleri hakkında fikir vermiştir. Bu çalışma sayesinde, çocukların farklı davranışları ve verilen problemleri (yapılandırılmış görevleri) çözerken kullandıkları farklı ve daha önceden öngöremeyeceğimiz türde düşünce stratejilerini gözlemleyebildik. Örneğin, hikâyedeki kaplumbağanın karnı “çok” acıktığı söylendiği için çocuğun kaplumbağanın ağzına bir yerine iki üçgen birden koyması ve onu yeterince doyurmak istemesi gibi. Buna benzer diğer bir örnek ise, farklı yaşlarda boşluk doldurma kavramının henüz oturmamış olabileceğini ve boşluk olarak gösterilen bir şeklin sembolik olarak doldurulması gereken bir yeri temsil ettiğine yönelik bilginin erken yaşlarda oturmamış olabileceğini fark etmemiz oldu. Bu beceriye bağlı olarak, bazı çocukların boşluk yerine diğer renkli alanlar üzerinde oynadıklarını ve nesnelere bu renkli bölgelere yerleştirme eğiliminde olabildiklerini gördük. Boşluk doldurma bilgisine sahip çocuklarda ise aynı şekilde fakat farklı ebatlarda nesnelere (örneğin küçük yerine büyük veya orta boy üçgen) kullanabildiklerini, doğru nesneyi seçmelerine rağmen döndürme işlemini tamamen doğru tamamlayamayabileceklerini gözlemledik.

Bu çalışmada elde ettiğimiz bilgiler, hazırladığımız görev içerisinde çocukların mental dönüştürmede yapabilecekleri hatalar hakkında detaylı bilgi verdi. Bunun yanında, çalışmaya ebeveynlerin katılması sayesinde çocukların herhangi bir zorluk yaşadıklarında mental döndürme becerilerini kullanabilmek için ne tür dil ve jest kullanımına ihtiyaç duyabileceklerine yönelik veri elde etmemizi sağladı (Baykal vd., 2016). Bu verileri, okul öncesi dönemi çocukların mekânsal-uzamsal

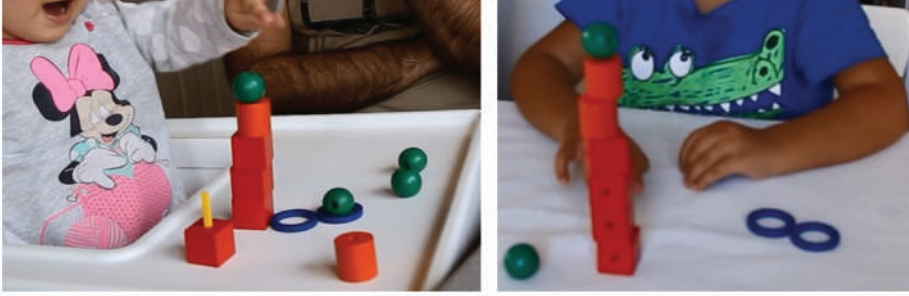
beceri ve gelişimsel ihtiyaçları hakkında bilgisi olmayan bir tasarım ekibine tercüme etmek amacıyla kart tabanlı tasarım aracı içerisinde sunduk. Kart tabanlı tasarım aracını değerlendirdiğimiz çalışma, bir başka kaynakta detaylı olarak incelenebilir (Baykal vd., 2018). (Kart setinin tamamına ise <https://happern.ku.edu.tr/tangible-interactions-for-early-spatial-learning/> adresinden ulaşılabilir.)

Bu çalışmada geliştirilen kâğıt prototipin teknik ve yönetime yönelik bazı kısıtlamaları elbette bulunmaktadır. Örneğin, baskı resim üzerinde çözülmesi gereken bir problem, fiziksel nesne ile çözüldükten sonra hâlâ resim üzerinde görünmektedir. Bu bazı çocuklar için kimi zaman kafa karıştırıcı olmuş ama bir kez sorunu anladıktan sonra devam etmelerine engel olmamıştır. Bu ve benzeri açılardan, kâğıt prototip çalışmasının geliştirilmeye açık olduğu konular vardır. Fakat daha önce de açıklandığı gibi bu yaş aralığındaki çocukların belirli bir alandaki bilgi, beceri ve ihtiyaçlarını anlayabilmek ve tasarım sürecine anlamlı bilgiler sunabilmek açısından bu ön çalışma, farklı disiplinlerden adapte edilerek geliştirilen teknik ve yöntem ile bir araştırma açığına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, bu çalışma, iki-dört yaş arasındaki çocukların tasarım sürecine katılımları için sadece sözel iletişim kurmak gerekmediğine, bunun yerine onların davranış ve düşünce biçimlerini gözlemlenmenin de mümkün olabileceğine dikkat çekmektedir.

Serbest oyun ile ilgili gözleme dayalı sonuçlar

Çalışmamızın serbest oyun (*free play*) kurgusunda ise tasarımın ileriki aşamalarında hikâye içeriğini geliştirmek amacıyla çocukların yaratıcı fikirlerini ve nesnelere ile kullandıkları mekânsal-uzamsal becerileri gözlemledik. Bizim için ilginç olan nokta, çocukların kâğıt prototip ile geliştirilen güdümlü oyun sırasında ortaya çıkan beceri ve ihtiyaçlarındaki bireysel farklılıkların çeşitliliğine karşılık, daha benzer becerileri ve düşünce stratejileri bulunduğunu da gözlemlemek olmuştur. Örneğin, genelde nesnelere ile ilk yapılmaya çalışılan bir kule yapmaktır ve çocuğun yaşı ne olursa olsun, kule yapmaya daha büyük şekli alta koyarak başlarlar. Bu, çocukların şekillerin büyüklüklerine göre bir denge ve sağlamlık oluşturma becerisini edinmiş oldukları konusunda ipucu vermektedir (Resim 4). Bunun yanında çocukların nesnelere genel olarak şekil ve büyüklüklerine göre gruplandırma eğilimi gösterdikleri gözlemlenmiştir.

Çocukların nesnelere kullanarak daha karmaşık yöntemler kullandığı durumlar ise, anlattıkları hikâyeler içerisinde bir mekân veya karakter tasarlamaya çalıştıkları durumlarda gözlemlenmiştir. Bu tür durumlarda benzer şekillerin simetrik kullanımı ile kendi figürlerini tasarladıkları görülmüştür. Örneğin, bir su canavarı tasarlayan 39 aylık bir kız çocuğu tangram şekillerini simetrik bir balık iskeleti olarak dizerken, 30 aylık bir erkek çocuğu dondurmacı ve sırada bekleyen çocuklar kurgusu için şekiller arası benzer bir ilişkilendirme yaparak insan gövdesindeki simetriyi üçgenler ile tasarlamıştır (Resim 5).



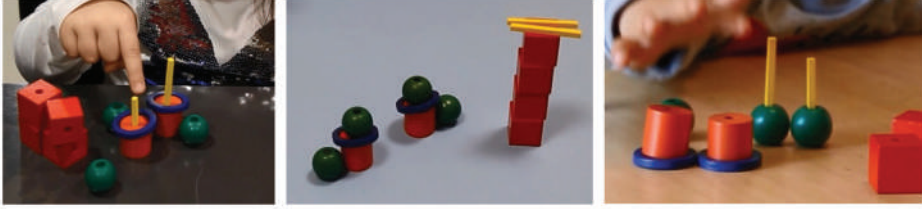
Resim 4. (Sol) 28 aylık bir kız ile (sağ) 34 aylık bir erkek çocuk benzer bir sıralama stratejisi kullanarak nesnelere üstü üste diziyor.



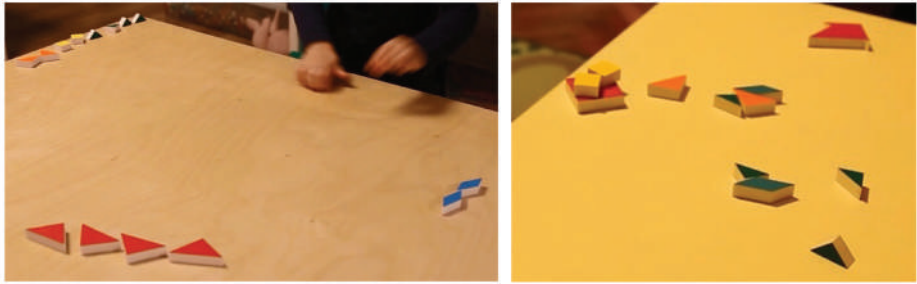
Resim 5. Nesnelere simetrik kullanımına ilişkin örnekler: (sol) 39 aylık bir kız çocuğunun tasarladığı deniz canavarı; (sağ) 30 aylık bir erkek çocuğunun tasarladığı dondurmacıda sıra bekleyen çocuklar

Nesnelere büyüklüklerine göre konumlandırılması ve simetri kullanımı hikâyedeki mekânı tasarlarlarken de çocukların özellikle kullandıkları bir mekânsal-uzamsal ilişkilendirme olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, 43 aylık bir kız çocuğu ortasında bir su havuzu bulunan bir yaşam parkı inşa ederken nesnelere simetrik ve dengeli konumlandırarak mekân tasarımını gerçekleştiriyor (Resim 6).

Benzer şekilde bahçeli bir apartman veya bir dükkânda satılan şekerlemeler tasarlayan çocukların nesnelere kullanım ve konumlandırma yöntemlerinde simetri kullanımı sıkça ortaya çıkmaktadır. Simetrik kullanımların yanında nesnelere şekillerine göre gruplandırmasına yönelik de yaratıcı fikirler geliştirdiklerini gözlemlemek mümkündür. Örneğin, tangram içindeki farklı ebatlarda ve formlardaki üçgenler bir hayvanat bahçesindeki farklı hayvanlar olarak hayal eden ve bu şekilde gruplayıp bir hayvan ailesi olarak kurgulama çözümü, mekânsal-uzamsal becerilerin çok erken yaşlarda soyutlamaya yardımcı bir araç olarak kullanılabilirliğine olabileceğine de işaret ediyor (Resim 7).



Resim 6. 28-43 aylık çocukların hikâyelerindeki mekân tasarımlarında ortaya çıkan nesnelere arası mekânsal-uzamsal ilişkilerdeki benzer kurgular



Resim 7. (Sol) 34 aylık bir kız çocuğunun üçgen ve dörtgen şekilleri bir hayvanat bahçesindeki farklı hayvanlar olarak kullanımı; (sağ) 33 aylık bir kız çocuğunun üçgen ve dörtgen şekiller ile tasarladığı balıklı ve kurbağalı bir göl

Örneklerde de görüldüğü gibi çocukların serbest oyun içerisinde nesnelere etki-kileşimi ve mekânsal-uzamsal becerileri hakkında fikir edinmek için hikâye anlatımı yine güçlü bir araç olarak kullanılabilir. Çocuklar nesnelere hayal ettikleri bir hikâye bağlamı içinde kullanırken aynı zamanda mental dönüştürme becerileri ile işlemden geçirip, ebatlarına, konumlarına ve yönlerine göre yerleştirmeler yapmaktadır. Çalışmaya katılan çocuklardan edinilen izlenime göre karakter ve mekân kurgusu çocukların tasarlamayı tercih ettiği başlıca hikâye unsurları olarak öne çıkmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, iki-dört yaş aralığındaki çocukların mekânsal-uzamsal becerilerini geliştirmeyi hedefleyen, elle kavranabilir bir kullanıcı arayüz sistemini erken tasarım aşamalarında kullandığımız tasarım yöntem ve teknikleri ile bu çalışmalardan ortaya çıkan bilgi ve gözlemsel bulguları sunduk. Bu çalışma temel olarak, teknoloji kullanıcısı olarak hedeflenen fakat hakkında çok az fikir sahibi olduğumuz okul öncesi dönem çocuklarının belirli bir gelişimsel alandaki kullanıcı beceri ve ihtiyaçlarının belirlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Özellikle bu yaş aralığını inceleyen yöntem ve tekniklerine yönelik tasarım araştırması henüz yok denecek kadar azdır. Bu nedenle, çalışmamıza öncelikle bu yaş grubunun mekânsal-uzamsal gelişimlerine yönelik var olan araştırma bulgularını ve bu be-

cerileri geliştirmek için önerilen araç ve teknikleri sunan çalışmalarını incelemekle başladık. Ardından, bu bulgulara yönelik çocuk-teknoloji etkileşimi alanında özellikle öğrenme sürecini desteklediği düşünölen çocuk-nesne etkileşimine dayalı elle kavranabilir kullanıcı arayüzlerinin potansiyel faydalarını ele aldık. İki farklı disiplinde yaptığımız alan çalışması sonucunda tasarım evrenimizin kavramsal çerçevesini ortaya çıkardık.

Tasarım alanında, okul öncesi dönem çocuklarının tasarım sürecine katılımını sağlayan yöntemlerin eksikliği nedeniyle bilişsel gelişim alanında mekânsal-uzamsal becerilerin ölçömlenmesi için geliştirilen ve güvenilirliği kanıtlanmış bazı teknikleri (örneğin gizlenmiş figür testi) ve araçları (örneğin şekilli oyuncaklarla ile oyun, hikâye anlatımı ve amaca yönelik güdümlü oyun) kullandık. Bu tasarım araştırmasında, çocukların şekilli oyuncaklardan oluşan nesnelere ile etkileşimleri sırasında kullandıkları mekânsal-uzamsal becerilerini gözlemek için hikâye anlatımı tekniğinden faydalandık. Hikâye anlatımını nesnelere kullanımı bağlamında iki tür oyun formu içinde kullandık: (1) Güdümlü oyun (*guided-play*) ve (2) Serbest oyun (*free play*). Yapılandırılmış bir göreve bağlı güdümlü oyunu tasarım araştırmalarında kullanılan gözleme dayalı etnografik kullanıcı araştırması için kullandığımız kâğıt prototipe adapte ettik. Bu çalışma, ebeveyn-çocuk ikililerinin fiziksel nesnelere hikâye içinde gizlenen mental döndürme problemleri bağlamında nasıl kullandıklarını, hangi konularda zorlandıklarını, ne tür dil ve jest geri bildirimlerine ihtiyaç duyduklarını ve yürüttükleri çeşitli düşünce stratejilerini inceleme ve analiz etme olanağı sağladı. Serbest oyunda ise çocukların nesnelere arası mekânsal-uzamsal ilişkileri kendi hikâye anlatımları sırasında nasıl kurguladıklarını gözlemek için kullandık.

Gerçekleştirdiğimiz literatür taraması ve ebeveyn-çocuk ikililerinin oyunlarına ilişkin gözlemlerimiz, bu yaş grubu ile hedeflenen tasarım araştırmaları için geçerliliği kanıtlanmış bir ölçömlenme tekniğinin hikâyeleştirme ve nesnelere ile etkileşimlerini gözlemek için yardımcı bir yöntem aracı olabileceği fikrini önermektedir. Bu çalışmada ortaya konan tasarım araştırma sürecinin farklı disiplinler arası bilgi alış-verişinin önemine vurgu yaptığını umuyoruz. Özellikle, takip ettiğimiz yöntemin tasarım alanında daha önce fazla çalışılmamış özel kullanıcı gruplarını hedefleyen çalışmalar için farklı teknik ve araçların değerlendirilmesi konusunda fikir verebileceğini umuyoruz. Bu sayede hem farklı alanlarda ortaya konan bilginin paylaşımının anlam kazanacağına hem de yeni araştırma konularına ufuk açılacağına inanıyoruz.

KAYNAKÇA

Ananny, M. (2002). Supporting Children's Collaborative Authoring: Practicing Written Literacy While Composing Oral Texts. *Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community, bildiriler kitabı* içinde (595-596). International Society of the Learning Sciences.

- Antle, A.N. (2012). Knowledge Gaps in Hands-on Tangible Interaction Research, *International Conference on Multimodal Interaction bildiriler kitabı* içinde (233–240). New York, ABD: ACM.
- Baykal, G.E., Veryeri Alaca, I., Yantaç, A.E. ve Göksun, T. (2018a). A Review on Complementary Natures of Tangible User Interfaces (TUIs) and Early Spatial Learning. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16(2018), 104-113.
- Baykal, G.E., Göksun, T. ve Yantaç, A.E. (2018b). Customizing Developmentally Situated Design Cards (DSD): Informing Designers about Preschoolers' Spatial Learning. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (bildiri no. 592). New York, ABD: ACM.
- Baykal, G.E., Oranç, C., Göksun, T. ve Küntay, A. (2017). Okul Öncesi Dönemde Çocukların Dijital Medya Kullanımı ve Öğrenmeye Etkileri. Aydın, Ç., Göksun, T., Küntay, A.C. ve Tahiroğlu, D. (Ed.), *Aklın Çocuk Hali: Zihin Gelişimi Araştırmaları* (2. Baskı) içinde (417-470). İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.
- Baykal, G.E., Veryeri Alaca, I., Yantaç, A.E. ve Göksun, T. (2016). Developing Transmedia Puzzle Play to Facilitate the Spatial Skills of Preschoolers. *Interaction Design and Children Conference bildiriler kitabı* içinde (631-636). New York, ABD: ACM.
- Barendregt, W. ve Bekker, T. (2013). Exploring the Potential of the Drawing Intervention Method for Design and Evaluation by Young Children. *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (193-198). New York, ABD: ACM.
- Cannon, J., Levine, S. ve Huttenlocher, J. (2007) *A System for Analyzing Children and Caregivers' Language About Space in Structured and Unstructured Contexts*. Chicago: Spatial Intelligence and Learning Center (SILC) Technical Report.
- 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(3), 269–309.
- Ehrlich, S.B., Levine, S.C. ve Goldin-Meadow, S. (2006). The Importance of Gesture in Children's Spatial Reasoning. *Developmental Psychology*, 42(6), 1259.
- Farber, A., Druin, A., Chipman, G., Julian, D. ve Somashekher, S. (2002). How Young can our Technology Design Partners be?. *Participatory Design bildiriler kitabı* içinde (272–277). Roskilde: PDC.
- Frei, P., Su, V., Mikhak, B. ve Ishii, H. (2000). Curlybot: Designing a New Class of Computational Toys. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (129-136). New York, ABD: ACM.
- Guha, M.L., Druin, A., Chipman, G., Fails, J.A., Simms, S. ve Farber, A. (2004). Mixing Ideas: A New Technique for Working with Young Children as Design Partners. *Interaction Design and Children: Building a Community bildiriler kitabı* içinde (35-42). New York, ABD: ACM.
- Göksun, T. ve Özer, D. (2016). Nesnelerdeki Değişim ve Yer-Yön Kavramı: Çocuklarda Mekansal-Uzamsal Algının Gelişimsel Süreçleri. Aydın, Ç., Göksun, T., Küntay, A. ve Tahiroğlu, D. (Ed.), *Bilişsel Gelişim* içinde. (107-130). İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.
- Hiniker, A., Sobel, K. ve Lee, B. (2017). Co-Designing with Preschoolers Using Fictional Inquiry and Comicboarding. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (5767-5772). New York, ABD: ACM.

- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J.M., Golinkoff, R.M., Gray, J.H., Robb, M.B. ve Kaufman, J. (2015). Putting Education in “Educational” Apps Lessons from the Science of Learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3–34.
- Ishii, H. ve Ullmer, B. (1997). Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (234-241). New York, ABD: ACM.
- 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(2), 530.
- Marco, J., Cerezo, E. ve Baldassarri, S. (2013). Bringing Tabletop Technology to All: Evaluating a Tangible Farm Game with Kindergarten and Special Needs Children. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(8), 1577–1591.
- Marshall, P. (2007). Do Tangible Interfaces Enhance Learning? *Tangible and Embedded Interaction bildiriler kitabı* içinde (163-17). New York, ABD: ACM.
- Nachtigäller, K., Rohlfing, K.J. ve McGregor, K.K. (2013). A Story about a Word: Does Narrative Presentation Promote Learning of a Spatial Preposition in German Two-year-olds? *Journal of Child Language*, 40(4), 900–917.
- Newcombe, N.S., Uttal, D.H. ve Sauter, M. (2013). Spatial Development. P. Zelazo (Ed.), *The Oxford Handbook of Developmental Psychology* (Vol.1: Body and Mind) içinde (564-590).
- O’Malley, C. ve Stanton Fraser, D. (2004) *Literature Review in Learning with Tangible Technologies*. (Rapor no. 12). 12 Ocak 2018 tarihinde <http://www.nfer.ac.uk/publications/FUTL69/FUTL69.pdf> adresinden erişildi.
- Raffle, H.S., Parkes, A.J. ve Ishii, H. (2004). Topobo: A Constructive Assembly System with Kinetic Memory. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (647-654). New York, ABD: ACM.
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K. ve Silverman, B. (1998). Digital Manipulatives: New Toys to Think with. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (2841-287). New York, ABD: ACM.
- Ryokai, K. ve Cassell, J. (1999). StoryMat: A Play Space for Collaborative Storytelling. *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (272-273). New York, ABD: ACM.
- Scarlatos, L.L. (2002). TICLE: Using Multimedia Multimodal Guidance to Enhance Learning. *Information Sciences*, 140(1), 85–103.
- Stanton, D., O’Malley, C., Bayon, V., Hourcade, J.P., Sunblad, Y. ve Fast, C. (2004). The KidStory Project: Developing Collaborative Storytelling Tools for Children, with Children. J. Siraj-Blatchford (Ed.), *Developing New Technologies for Young Children* içinde (75-93). UK: Trentham Books Ltd.
- Uttal, D.H., Meadow, N.G., Tipton, E., Hand, L.L., Alden, A.R., Warren, C. ve Newcombe, N.S. (2013). The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352.
- Verdine, B.N., Golinkoff, R.M., Hirsh-Pasek, K. ve Newcombe, N.S. (2014). Finding the Missing Piece: Blocks, Puzzles, and Shapes Fuel School Readiness. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 7–13.

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), 817-835.

Wai, J., Lubinski, D., Benbow, C.P. ve Steiger, J.H. (2010). Accomplishment in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) and its Relation to STEM Educational Dose: A 25-year Longitudinal Study. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 860-871.

Zuckerman, O., Arida, S. ve Resnick, M. (2005). Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives. *Human Factors in Computing Systems bildiriler kitabı* içinde (859–868). New York, ABD: ACM.