

KÜNDEKÂRİ SÖKME VE YENİDEN OLUŞTURMA SÜREÇLERİNDE 7. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN UZAMSAL YETENEKLERİ

SPATIAL ABILITIES OF SEVENTH-GRADE STUDENTS IN DISASSEMBLING AND REASSEMBLING KÜNDEKÂRİ

Ayten TANIR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Matematik Eğitimi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-4479-5705>

ayten.tnr98@gmail.com

Cenk KEŞAN

Prof. Dr., Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, Buca, İzmir, Türkiye

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2629-8119>

cenk.kesan@deu.edu.tr

Received: July 29, 2026

Accepted: September 28, 2026

Published: October 31, 2026

Suggested Citation:

Tanır, A., & Keşan, C. (2026). Kündekâri sökme ve yeniden oluşturma süreçlerinde 7. sınıf öğrencilerinin uzamsal yetenekleri. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 15(4), 259-283.



Copyright © 2026 by author(s). This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Öz

Bu araştırmanın amacı, uzamsal görselleştirme düzeyleri farklı olan ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin kündekâri sökme ve yeniden oluşturma süreçlerinde kullandıkları uzamsal yetenekleri incelemek ve iki faz arasındaki benzerlik ile farklılıkları ortaya koymaktır. Araştırmada nitel yaklaşım ve bütüncül çoklu durum deseni benimsenmiştir. 2025–2026 eğitim-öğretim yılında Manisa ili Turgutlu ilçesindeki 156 yedinci sınıf öğrencisine Uzamsal Görselleştirme Testi uygulanmış; Kelley'in %27'lik ölçütüne göre oluşturulan düşük, orta ve yüksek düzey gruplarından seçkisiz biçimde üçer öğrenci seçilerek dokuz kişilik çalışma grubu belirlenmiştir. Veriler, parça sayısı ve yapısı bakımından farklılaşan üç kündekâri modelinin sökülüp yeniden birleştirilmesine ilişkin video kayıtlı gözlemler, dereceli puanlama anahtarı ve yarı yapılandırılmış görüşmelerle toplanmış; içerik analiziyle çözümlenmiştir. Sökme fazında öğrenciler en sık yapıyı ayırmadan önce görsel olarak çözümleme, bütünü tanıdık bir şekle benzetme ve görünmeyen iç boşlukları çıkarsama davranışlarını sergilemiştir. Birleştirme fazında ise parçaları üçlü alt gruplara ayırma, iç geometrik yapıyı referans alma ve yönelim kuralını keşfetme öne çıkmıştır. Sökme algısal olarak desteklenen çözümleyici, birleştirme ise sentezleyici ve bellek yüklü bir görevdir; başarısızlıkların en yaygın nedeni sökmede edinilen temsilin korunamamasıdır. Uzamsal görselleştirme düzeyine göre ayrışma yalnızca ilk karşılaşmada gözlenmiştir.

Anahtar Terimler: uzamsal düşünme, uzamsal görselleştirme, kündekâri, etnomatematik, durum çalışması

Abstract

This study examines the spatial abilities that seventh-grade students with differing levels of spatial visualization employ while disassembling and reassembling kündekâri, a traditional interlocking woodwork, and compares the two phases. A holistic multiple-case design was adopted. The Spatial Visualization Test was administered to 156 seventh graders in Turgutlu, Manisa, in 2025–2026; low, medium and high groups were formed using Kelley's 27% criterion, and three students from each group were randomly selected (N = 9). Data were collected through video-recorded observations of the disassembly and reassembly of three kündekâri models differing in the number and arrangement of pieces, a rubric-based observation form and semi-structured interviews, and were analysed through content analysis. During disassembly, students most often analysed the structure visually before taking it apart, likened the whole to a familiar shape, and inferred hidden voids. During reassembly, they partitioned the pieces into subgroups of three, used the internal geometry as a reference, and discovered the orientation rule between groups. Disassembly proved analytic and perceptually supported, whereas reassembly was synthetic and memory-loaded; failures mostly stemmed from not retaining the representation formed during disassembly. Scores separated by spatial visualization level only at first encounter.

Keywords: spatial thinking, spatial visualization, kündekâri, ethnomathematics, case study

Giriş

Uzamsal yetenek, nesnelerin biçimlerini, konumlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini zihinde canlandırma, bu temsilleri koruma ve üzerlerinde dönüştürme işlemleri yapabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Lohman, 1988; McGee, 1979). Thurstone (1938) temel zihinsel yetenekler arasında uzamsal yeteneği ayrı bir faktör olarak konumlandırmış; Carroll (1993) ise geniş ölçekli

faktör analitik çalışmalarında bu yeteneğin görsel algı alanı içinde kendine özgü bir yapı oluşturduğunu göstermiştir. Alanyazında uzamsal yeteneğin bileşenlerine ilişkin farklı sınıflandırmalar bulunmakla birlikte, en yaygın kabul gören ayrım Linn ve Petersen'in (1985) uzamsal algı, zihinsel döndürme ve uzamsal görselleştirme biçimindeki üçlü sınıflandırmasıdır. Bu bileşenler içinde uzamsal görselleştirme; çok adımlı, analitik ve stratejik işlemleri gerektirmesi bakımından diğerlerinden ayrılmakta ve karmaşık problem durumlarıyla en güçlü ilişkiyi kuran bileşen olarak öne çıkmaktadır (Linn & Petersen, 1985; Maier, 1996).

Uzamsal yeteneğin matematik ve geometri başarısıyla ilişkili olduğu çok sayıda araştırmayla ortaya konmuştur (Battista, 1990; Clements & Battista, 1992; Tartre, 1990). Ülkemizde yürütülen çalışmalar da benzer bulgular sunmakta; ortaokul öğrencilerinin uzamsal yetenekleri ile geometri başarıları arasında anlamlı ilişkiler bildirilmektedir (Olkun & Altun, 2003; Turğut, 2007; Turğut & Yılmaz, 2012). Bu ilişkinin kapsamı matematikle de sınırlı değildir; Wai vd. (2009) elli yılı aşkın boylamsal veriye dayanarak uzamsal yeteneğin STEM alanlarındaki başarı ve kariyer tercihleri üzerinde, sözel ve sayısal yeteneklerin ötesinde ek yordayıcı güce sahip olduğunu göstermiştir. Mix ve Cheng (2012) ise uzam ile sayı arasındaki bağın gelişimsel açıdan erken kurulduğunu ve eğitsel açıdan işlenebilir olduğunu vurgulamaktadır.

Uzamsal becerilerin öğretimle geliştirilebilirliği, alandaki en güçlü ampirik dayanaklardan birine sahiptir. Uttal vd.'nin (2013) 217 çalışmayı kapsayan meta-analizi, uzamsal eğitimin orta büyüklükte ve kalıcı kazanımlar ürettiğini; bu kazanımların eğitimi doğrudan verilmeyen görevlere de aktarılabilirdiğini ortaya koymuştur. Blok inşa etkinlikleri (Casey vd., 2008), mühendislik çizimi uygulamaları (Olkun, 2003; Sorby, 2009), origami temelli öğretim (Arıcı ve Aslan-Tutak, 2015; Boakes, 2009; Çakmak vd., 2014), sanal ortamlar (Rafi vd., 2005; Yıldız & Tüzün, 2011) ve somut nesnelerle yürütülen modelleme etkinlikleri (Yurt, 2011) uzamsal becerileri geliştiren bağlamlar olarak bildirilmektedir. Uzamsal eğitimin matematik başarısına dönüştüğünü gösteren deneysel çalışmalar da mevcuttur (Cheng & Mix, 2014; Hawes vd., 2017; Newcombe, 2010; Newcombe & Frick, 2010).

Bu bağlamlar içinde somut materyallerin (manipülatiflerin) ayrı bir yeri vardır. Sowell (1989) ile Carbonneau vd. (2013) manipülatiflerle yürütülen öğretimin matematik başarısına katkı sağladığını; ancak bu katkının materyalin kendisinden çok, materyalin nasıl kullanıldığından kaynaklandığını göstermiştir. Moyer (2001) da öğretmenlerin manipülatifleri çoğu zaman matematiksel içerikten kopuk bir “etkinlik” olarak konumlandığına dikkat çekmektedir. Dolayısıyla somut materyalin uzamsal düşünmeyi işe koşabilmesi için, öğrencinin materyali yalnızca kullandığı değil, üzerinde çözümleme ve yeniden inşa yaptığı görev tasarımlarına gereksinim vardır.

Böyle bir görev tasarımı için elverişli, ancak alanyazında hemen hiç kullanılmamış kültürel bir bağlam künde-kârîdir. Künde-kârî; altıgen, beşgen, sekizgen, eşkenar dörtgen ve çok kollu yıldız gibi geometrik biçimlerde kesilmiş küçük ahşap parçaların çivi ve yapıştırıcı kullanılmadan, yalnızca geçme tekniğiyle birbirine kenetlenmesiyle oluşturulan bir ahşap işçiliği sanatıdır (Mülayim, 1982; Türk Dil Kurumu, t.y.). Anadolu Selçuklu ve Osmanlı mimarisinin minber, kapı ve pencere kanatlarında yüksek düzeyde gelişmiş örnekleri bulunan bu sanat, parçaların birbirini kilitlemesi ilkesine dayandığı için doğrudan geometrik bir mantık taşımaktadır (Hattap, 2019; Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, t.y.). İslam geometrik desenlerinin matematiksel inceliğini ortaya koyan çalışmalar (Abas & Salman, 1995; Lu & Steinhardt, 2007), bu geleneğin yalnızca estetik değil aynı zamanda matematiksel bir birikim taşıdığını göstermektedir. Etnomatematik yaklaşımı ise okul matematiğinin kültürel bağlamlarla ilişkilendirilmesinin öğrenmeyi anlamlı kıldığını savunmakta (D'Ambrosio, 2006); Massarwe vd. (2010) kültürel süslemelerin çözümlenip yeniden inşa edildiği etkinliklerin öğrencilerin geometrik düşünme ve yaratıcı performanslarını artırdığını göstermektedir. Kuş (2019) da sanat temelli bir öğrenme ortamında öğrencilerin şekilleri tanıma, oluşturma, parçalarına ayırma, örüntüleme ve dönüştürme süreçlerini işe koştuklarını ortaya koymuştur. Ülkemizde yürürlükte olan öğretim programı da matematiğin sanat ve estetikle ilişkisinin fark ettirilmesini hedeflemekte (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024); National Council of Teachers of

Mathematics [NCTM] (2000) standartları görselleştirme ve uzamsal muhakemeyi geometri öğreniminin temel bileşenleri arasında saymaktadır.

Kündekâriyi uzamsal düşünme açısından ayrıcalıklı kılan özellik, bir kündekâri modelinin sökülüp yeniden oluşturulmasının birbirinden nitel olarak farklı iki bilişsel görev içermesidir. Sökme fazı, bütünden parçalara giden çözümleyici (analitik) bir görevdir ve öğrenci her adımda görsel-dokunsal geri bildirim almaktadır. Buna karşılık birleştirme fazı, parçalardan bütüne giden sentezleyici bir görevdir; öğrencinin elinde artık çözümlenecek bir bütün yoktur ve sökme sırasında edindiği temsili çalışma belleğinde koruması gerekmektedir (Baddeley, 2000). Van Hiele (1986) kuramı bakımından bu ikili yapı, şekli yalnızca görsel olarak tanıma düzeyinden bileşenleri ve bunlar arasındaki ilişkileri çözümleme düzeyine geçişi gözlemlemeye elverişli bir ortam sunmaktadır. Buna karşın alanyazında kündekâri ile uzamsal düşünmeyi bir araya getiren bir çalışmaya rastlanmamış; sökme ve birleştirme fazlarında işe koşulan uzamsal yeteneklerin karşılaştırmalı olarak incelendiği bir araştırma da bulunamamıştır. Bu araştırma, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Bu ikili yapı, öğrencilerin uzamsal davranışlarının tek bir karşılaşmayla yeterince betimlenemeyeceğine de işaret etmektedir. Alanyazında uzamsal beceriler durağan bir kapasite olarak değil, öğretim ve deneyimle biçimlenebilen bir yapı olarak ele alınmakta (Uttal vd., 2013); göreve özgü strateji bilgisinin tekrarlanan denemelerde genel uzamsal kapasitenin önüne geçebildiği ve kazanımların özellikle başlangıçta düşük performans gösteren öğrencilerde belirginleştiği bildirilmektedir (Sorby, 2009). Bunun yanı sıra kâğıt-kalem ortamında uygulanan uzamsal testler, somut parçaların elde tutulmasını ve hassas biçimde yerleştirilmesini gerektiren üç boyutlu görevlerde belirleyici olabilen görsel-motor bileşeni ölçmemektedir (Carlson vd., 2013; Goldin-Meadow & Beilock, 2010). Bu nedenle sökme ve birleştirme fazlarında işe koşulan uzamsal yeteneklerin, öğrencilerin ön elemelerde belirlenen uzamsal görselleştirme düzeyi kadar uygulama tekrarı bakımından da ele alınması gerekli görülmüştür.

Bu doğrultuda araştırmanın amacı, uzamsal görselleştirme düzeyleri birbirinden farklı olan ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin kündekâri sökme ve yeniden oluşturma süreçlerinde kullandıkları uzamsal yetenekleri derinlemesine incelemek ve bu iki faz arasındaki benzerlik ile farklılıkları ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1. Öğrenciler kündekâriyi parçalarına ayırırken (sökme/analiz fazı) hangi uzamsal yetenekleri kullanmaktadır?
2. Öğrenciler kündekâriyi yeniden oluştururken (birleştirme/sentez fazı) hangi uzamsal yetenekleri kullanmaktadır?
3. Öğrencilerin sökme ve birleştirme fazlarındaki uzamsal performansları, uzamsal görselleştirme düzeylerine ve uygulama tekrarına göre nasıl farklılaşmaktadır?

Yukarıda özetlenen kuramsal çerçeveden hareketle biçimlendirilen üçüncü araştırma sorusu, veri çözümleme sürecinde belirginleşen iki örüntüyle son hâlini almıştır. Nitel araştırmalarda araştırma sorularının alan çalışması ve çözümleme süreci boyunca yeniden odaklanabilmesi, gelişen desen (emergent design) anlayışı çerçevesinde olağan kabul edilmektedir (Creswell, 2021; Lincoln & Guba, 1985; Merriam, 2013). Söz konusu örüntülerden ilki, gözlem formu puan ortalamalarının uygulamalar boyunca yükselmesi ve grup içi dağılımın daralması; ikincisi ise puanların ön elemelerde kullanılan uzamsal görselleştirme testi düzeylerine göre yalnızca ilk uygulamada ayrışmasıdır. Bu örüntüler, ilk iki soruya verilen yanıtların hangi koşullarda değiştiğini göstermesi bakımından üçüncü sorunun kapsamında ayrıca ele alınmıştır.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli ve Deseni

Öğrencilerin kündekâri uygulaması sırasında sergiledikleri uzamsal yetenekleri kendi doğal akışı içinde ve derinlemesine incelemek amaçlandığından, araştırmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiştir (Creswell, 2021; Yıldırım & Şimşek, 2021). Araştırmanın deseni, güncel bir olgunun

kendi gerçek yaşam bağlamı içinde çoklu veri kaynaklarıyla ayrıntılı biçimde betimlenmesine olanak tanıyan durum çalışmasıdır (Merriam, 2013; Yin, 2018). Birden çok durumun ele alındığı ve her bir durumun kendi içinde bütün olarak incelendiği bütüncül çoklu durum deseni kullanılmış (Yin, 2018); uzamsal görselleştirme düzeyi düşük, orta ve yüksek olan öğrenciler birer analiz birimi olarak ele alınarak hem durum içi hem de durumlar arası çözümleme yapılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırmanın katılımcıları, 2025–2026 eğitim-öğretim yılında Manisa ili Turgutlu ilçesinde öğrenim gören 7. sınıf öğrencileridir. Katılımcıların belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme kullanılmış (Patton, 2015); temel ölçüt olarak öğrencilerin uzamsal görselleştirme düzeyi benimsenmiştir. Bu amaçla 156 yedinci sınıf öğrencisine Uzamsal Görselleştirme Testi (UGT) uygulanmıştır. Öğrencilerin test puanları 8 ile 29 arasında değişmiş; ortalama 20.67 (SS = 4.98), ortanca 21.00 olarak hesaplanmıştır. Çarpıklık (-0.38) ve basıklık (-0.62) katsayılarının ± 1 aralığında yer alması, puanların normal dağılımdan aşırı sapma göstermediğine işaret etmektedir (Büyüköztürk, 2020).

Öğrencilerin düzeylere ayrılmasında, eğitimde ölçme ve değerlendirme alanyazınında standart bir uygulama olarak kabul edilen ve Kelley (1939) tarafından önerilen %27'lik alt-üst grup ölçütü esas alınmıştır (Crocker & Algina, 1986; Ebel & Frisbie, 1991; Turgut & Baykul, 2012). Bu doğrultuda 156 öğrencinin puanları sıralanmış; her bir uç grubun büyüklüğü $156 \times 0.27 = 42.12$ hesabıyla 42 olarak belirlenmiştir. En üstteki 42 öğrenci yüksek düzey (24–29 puan; $M = 26.50$, $SS = 1.47$), en alttaki 42 öğrenci düşük düzey (8–18 puan; $M = 14.12$, $SS = 2.55$), dağılımın orta %46'lık dilimini oluşturan 72 öğrenci ise orta düzey (19–23 puan; $M = 21.10$, $SS = 1.85$) grubunu oluşturmuştur. Yüksek ve düşük düzey grupları arasındaki 12.38 puanlık ortalama farkı, grupların uzamsal görselleştirme bakımından belirgin biçimde ayrıştığını göstermektedir. Kesme noktalarında eşit puan alan öğrenciler arasından, grup büyüklüklerinin korunması amacıyla gerekli sayıda öğrenci kod sırası esas alınarak ilgili uç gruba dâhil edilmiştir.

Her düzeyden üçer öğrenci seçilerek çalışma grubu dokuz öğrenciden oluşturulmuştur. Seçimde tipik durum örnekleme mantığı benimsenmiş (Patton, 2015) ve sırasıyla şu ölçütler uygulanmıştır: (a) öğrencinin ait olduğu grubun ortanca puanına sahip olması, (b) puanının kesme noktalarından uzakta bulunması, (c) bu iki ölçütü karşılayan öğrenciler arasından araştırmacı yanlılığını en aza indirmek amacıyla üçer öğrencinin seçkisiz biçimde belirlenmesi. Yüksek düzey grubunun ortanca puanı 27, orta düzey grubunun 21, düşük düzey grubunun 14 olarak hesaplanmış; sırasıyla 9, 14 ve 8 öğrenciden oluşan aday havuzlarından üçer öğrenci seçilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma grubunu oluşturan öğrencilere ilişkin bilgiler

Uzamsal görselleştirme düzeyi	Öğrenci kodu	UGT puanı	z	Yüzdelik sıra
Yüksek	Ö87	27	1.27	88.8
	Ö106	27	1.27	88.8
	Ö116	27	1.27	88.8
Orta	Ö27	21	.07	51.3
	Ö125	21	.07	51.3
	Ö142	21	.07	51.3
Düşük	Ö11	14	-1.34	11.5
	Ö118	14	-1.34	11.5
	Ö135	14	-1.34	11.5

Not. z puanları ve yüzdelik sıralar, testin uygulandığı toplam grubun ($N = 156$) ortalaması ($M = 20.67$) ve standart sapması ($SS = 4.98$) esas alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 1 incelendiğinde, yüksek düzey grubundan seçilen öğrencilerin toplam grup ortalamasının yaklaşık 1.3 standart sapma üzerinde, düşük düzey grubundan seçilenlerin ise yaklaşık 1.3 standart sapma altında yer aldığı; orta düzey grubundan seçilen öğrencilerin ise dağılımın tam merkezinde

konumlandığı görülmektedir. Bu görünüm, dokuz öğrencinin uzamsal görselleştirme sürekliliğinin birbirinden yeterince ayrıışan üç noktasını temsil ettiğini göstermektedir.

Veri Toplama Araçları

Uzamsal Görselleştirme Testi (UGT). Test, Dokumacı Sütçü (2017) tarafından doktora tezi kapsamında geliştirilmiştir. Lohman'ın (1988) uzamsal yetenek sınıflandırması temel alınarak ve alanyazındaki Minnesota Şekil Panosu, WAIS Blok Tasarımı, kâğıt katlama ve MGMP uzamsal görselleştirme testlerinden yararlanılarak hazırlanan araç; "İki Boyutlu Uzamsal Görselleştirme" (14 madde) ve "Üç Boyutlu Uzamsal Görselleştirme" (15 madde) olmak üzere iki faktörden ve dört seçeneqli toplam 29 çoktan seçmeli maddeden oluşmaktadır. Geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları 301 yedinci sınıf öğrencisi üzerinde yürütölmüş; kapsam geçerliğı için uzman görüşüne başvurulmuş, açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleriyle iki faktörlü yapı doğrulanmış ve testin geneline ilişkin KR-20 iç tutarlılık katsayısı .78 olarak hesaplanmıştır (Dokumacı Sütçü, 2017). Doğru yanıtlar 1, yanlış ve boş yanıtlar 0 puanla değerlendirilmekte; testten alınabilecek puanlar 0–29 arasında değişmektedir. Testin kullanımı için ölçeğı geliştiren araştırmacıdan yazılı izin alınmıştır. Test, bu araştırmada bir ön eleme ve gruplama aracı olarak kullanılmıştır.

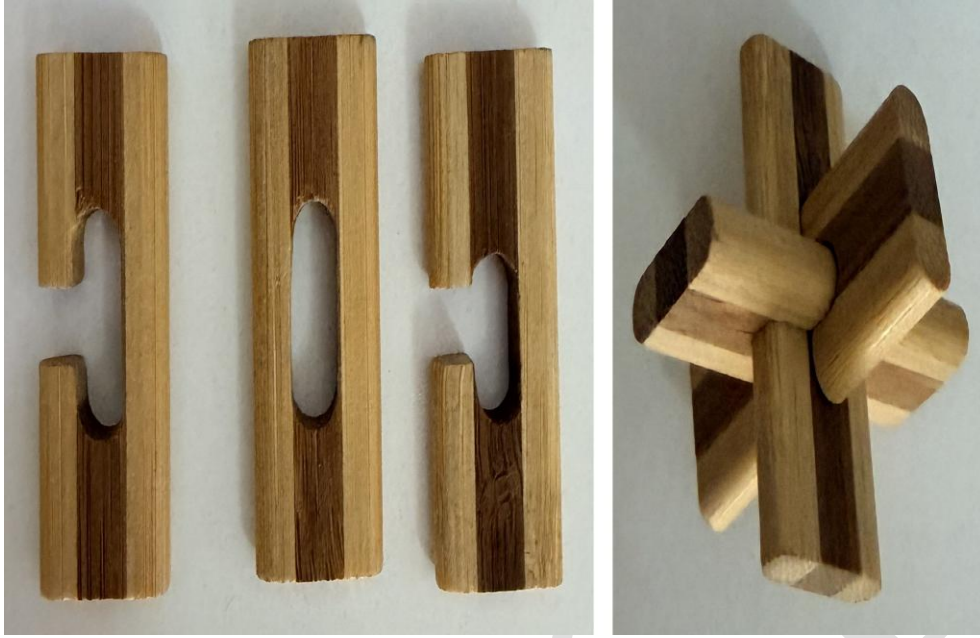
Gözlem. Her bir öğrencinin kündeâriyi inceleme, parçalarına ayırma ve yeniden birleştirme sürecindeki davranışları araştırmacı tarafından doğrudan gözlemlenmiş; süreç, sonradan ayrıntılı çözümleme yapılabilmesi için video ve ses kaydına alınmıştır. Araştırmacı süreç boyunca yönlendirici olmayan, katılımsız gözlemci konumunda yer almıştır (Yıldırım & Şimşek, 2021).

Gözlem Formu (Dereceli Puanlama Anahtarı). Gözlem verilerinin sistematik biçimde değerlendirilmesi amacıyla, araştırmacı tarafından alanyazına ve uzman görüşlerine dayalı olarak geliştirilen dört bölümlü bir gözlem formu kullanılmıştır: (1) parçalama ve birleştirmedeki doğruluğı ve grup içi hız verimliliğini birlikte değerlendiren bölüm (0–6 puan), (2) yalnızca doğruluk/başarı ana puanını içeren bölüm (0–4 puan), (3) öğrencinin inceleme, gruplama ve birleştirme sürecini bütöncöl olarak betimleyen bölüm (0–5 puan) ve (4) zihinsel döndürme/parça ilişkisi, stratejik planlama ve sıralama, uzamsal görselleştirme ile problem çözme esnekliğı/hata düzeltme alanlarını her biri 0–4 puan üzerinden değerlendiren analitik bölüm (0–16 puan). Buna göre her bir kündeâri modelinden alınabilecek en yüksek puan 31'dir. Burada, formun birinci ve ikinci bölümlerinin aynı doğruluk performansını iki farklı ayrıntı düzeyinde ölçtüğü; bu nedenle 31 puanlık toplam içinde doğruluk boyutunun ağırlığının görece yüksek olduğı belirtilmelidir. Toplam puanlar, bu tasarım özelliğı göz önünde bulundurularak yorumlanmalıdır (bk. Sınırlılıklar). Formun kapsam geçerliğı iki alan uzmanının görüşleriyle değerlendirilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu. Uygulamanın ardından her öğrenciyle bireysel görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde; öğrencilerin kündeâriyi sökerken ve birleştirirken izledikleri yol, uygulamayı tamamlayıp tamamlayamadıkları, zorlandıkları durumlar, süreç boyunca neler düşündükleri ve geliştirdikleri özgün stratejilere ilişkin yedi açık uçlu sorudan yararlanılmıştır. Sorular alanyazına dayalı olarak hazırlanmış, uzman görüşleri doğrultusunda düzenlenmiş ve görüşmeler ses kaydına alınmıştır.

Kündeâri Uygulamasının Tasarımı ve Uygulama Süreci

Uygulamada, çivi ve yapıştırıcı kullanılmadan yalnızca geçme tekniğıyle birbirine kenetlenen ahşap kündeâri modelleri kullanılmıştır. Modeller, parça sayısı ve geometrik yapısı bakımından birbirinden farklılaşacak biçimde seçilmiş ve parça sayısı artacak biçimde sıralanmıştır: (a) birbirine dik biçimde geçen üç parçadan oluşan model (3P), (b) altı parçanın kenetlenmesiyle oluşan sivri yüzeyli yıldız biçimli model (6P) ve (c) altı parçanın kenetlenmesiyle oluşan küre benzeri model (6PK). Bu sıralama parça sayısına dayanmakta olup, modeller arasında önsel bir güçlük sırası öngörölmemiştir; bulgular bölümünde göröleceğı üzere üç parçalı model, kısmi başarıya kapalı yapısı nedeniyle altı parçalı modellerden nitelik olarak farklı ve kimi bakımlardan daha zorlayıcı bir güçlük türü oluşturmaktadır. Modellerin uygunluğu ve anlaşılabilirliğı, asıl uygulamadan önce çalışma grubu dışındaki birkaç öğrenciyle yürütölen bir pilot uygulamayla sınanmıştır. Modellerin parçalarına ayrılmış ve birleştirilmiş hâllerine ilişkin görseller Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmuştur.

**Şekil 1.** Üç parçalı künde-kâri modeli (3P)

Not. (a) Modelin parçaları, (b) modelin birleştirilmiş hâli.

**Şekil 2.** Altı parçalı sivri yüzeyli künde-kâri modeli (6P)

Not. (a) Modelin parçaları, (b) modelin birleştirilmiş hâli.

**Şekil 3.** Altı parçalı küre benzeri künde-kâri modeli (6PK)

Not. (a) Modelin parçaları, (b) modelin birleştirilmiş hâli.

Uygulama, her bir öğrenciyle bireysel olarak ve sessiz, uygun bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerden önce birleştirilmiş hâldeki künde-kâriyi incelemeleri, ardından parçalarına ayırmaları (sökme fazı) ve son olarak yeniden birleştirmeleri (birleştirme fazı) istenmiştir. Süreç boyunca öğrenciler, ne düşündüklerini ve neyi neden yaptıklarını sesli biçimde ifade etmeye yönlendirilmiştir (Ericsson & Simon, 1993). Öğrencilerin her iki fazdaki davranışları ile bu fazları tamamlama süreleri kaydedilmiştir.

Uygulamanın işleyişine ilişkin üç noktanın belirtilmesi gerekmektedir. Birincisi, her model her öğrenciye ikişer kez uygulanmıştır. Bunun gerekçesi, kündeğin çivi ve yapıştırıcı içermeyen, tümüyle geçme mantığına dayalı yapısıdır; tek bir denemede gözlenen performansın, öğrencinin yapının çalışma mantığını kavrayıp kavramadığından çok rastlantısal bir eşleşmeyi yansıtmaya olasıdır bulunmaktadır. İkinci uygulama, öğrencinin ilk denemede kurduğu temsili koruyup koruyamadığını ve stratejisini yeniden üretilip üretilmediğini görmeye olanak tanımıştır. Bununla birlikte bu araştırmada yalnızca ilk uygulamanın ardından yapılan görüşmeler yazıya dökülmüş ve çözümlemeye dâhil edilmiştir; ikinci uygulamada sorulan sorular çözümleme dışında bırakılmıştır. Bunun nedeni, ikinci denemede öğrencinin söyleminin görev deneyiminden bağımsız bir ilk karşılaşma verisi olma niteliğini yitirmesidir. İkinci uygulamalar bu araştırmada yalnızca gözlem düzeyinde izlenmiş, kodlama ve alıntılar ilk uygulamalara dayandırılmıştır.

İkincisi, üç parçalı modelde öğrencilere herhangi bir gösterim yapılmamış; öğrenciler modeli doğrudan kendileri incelemiş, sökmüş ve birleştirmeye çalışmıştır. Bu tasarım, öğrencinin hiçbir dışsal ipucu bulunmayan bir ilk karşılaşmada hangi uzamsal davranışları kendiliğinden ürettiğini görmeyi amaçlamıştır. Buna karşılık altı parçalı iki modelde (6P ve 6PK), parça sayısının artması ve yapının tek başına çözülemeyecek ölçüde karmaşılaşması nedeniyle önce araştırmacı modeli bir kez sökmüş ve birleştirmiş; ardından öğrenci kendi denemesini gerçekleştirmiştir. Dolayısıyla üç modelden elde edilen veriler, öğrenci desteği bakımından birebir eşdeğer koşullarda üretilmemiştir; bu durum bulguların yorumlanmasında dikkate alınmıştır.

Üçüncüsü, üç model tüm öğrencilere aynı sırayla (3P, 6P, 6PK) uygulanmıştır. Bu sabit sıra, model etkisi ile uygulama sırası etkisinin birbirinden ayrıştırılamaması sonucunu doğurmaktadır. Buna, altı parçalı modellerde araştırmacı gösteriminin bulunması ve her modelin ikişer kez uygulanmış olması eklendiğinde, modeller arasındaki puan farklarının hangi kaynaktan doğduğu belirlenmemektedir. Bu nedenle üçüncü araştırma sorusuna ilişkin bulgularda modeller arası puan karşılaştırmaları bir güçlük sıralaması olarak yorumlanmamış, yalnızca betimsel biçimde sunulmuştur.

Verilerin Analizi

Video-ses kayıtlı gözlemlerden ve görüşmelerden elde edilen nitel verilerin çözümlenmesinde içerik analizi kullanılmıştır (Yıldırım & Şimşek, 2021). Kayıtlar önce yazılı metinlere dönüştürülmüş; ardından veriler satır satır okunarak kodlanmış, kodlar ortak özelliklerine göre kategorilere ulaşacak biçimde düzenlenmiştir. Kodlama sürecinde, araştırmanın soruları ve alanyazın doğrultusunda belirlenen dört beceri alanı (zihinsel döndürme/parça ilişkisi, stratejik planlama ve sıralama, uzamsal görselleştirme, problem çözme esnekliği/hata düzeltme) bir çerçeve olarak kullanılmış (tüm dengelsel kodlama); bunun yanında doğrudan verilerden ortaya çıkan yeni kodlara da yer verilmiştir (tümevarımsal kodlama). Üçüncü araştırma sorusunun kapsamı da bu tümevarımsal aşamada belirginleşen örüntüler doğrultusunda netleştirilmiş; söz konusu soruya ilişkin çözümleme, giriş bölümünde ortaya konulan kuramsal çerçeveye ilişkilendirilerek yürütülmüştür. Bulgular, öğrencilerin söylemlerinden yapılan doğrudan alıntılarla desteklenerek sunulmuştur. Gözlem formundan elde edilen puanlar ise betimsel istatistiklerle özetlenmiş ve nitel bulgularla ilişkilendirilerek yorumlanmıştır. Araştırmanın nitel desende yürütülmüş olması ve çalışma grubunun dokuz öğrenciden oluşması nedeniyle, sunulan ortalama ve standart sapma değerleri istatistiksel çıkarım amacıyla değil, nitel bulguları destekleyen betimsel göstergeler olarak kullanılmıştır.

Geçerlik, Güvenirlik ve Etik

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik; inandırıcılık, aktarılabirlik, tutarlık ve teyit edilebilirlik ölçütleriyle ele alınmaktadır (Lincoln & Guba, 1985). İnandırıcılığı sağlamak amacıyla veriler gözlem, gözlem formu ve görüşme olmak üzere birden çok kaynaktan toplanarak veri çeşitlenmesine başvurulmuş (Işık & Semerci, 2019); video kayıtları birden çok kez izlenmiştir. Aktarılabirlik için araştırma süreci, çalışma grubu ve uygulama ortamı ayrıntılı biçimde betimlenmiş; bulgular doğrudan alıntılarla zenginleştirilmiştir. Tutarlık ve teyit edilebilirlik için veri toplama araçları, ham veriler ve çözümleme aşamaları belgelendirilerek bir denetim izi oluşturulmuştur.

Kodlama güvenilirliğini sağlamak amacıyla nitel veri setinin %20'si, araştırmacının yanı sıra matematik eğitimi alanında yüksek lisans öğrenimini sürdüren bir başka araştırmacı tarafından bağımsız olarak kodlanmıştır. Kodlayıcılar arası uyum, Miles ve Huberman'ın (1994) [Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)] $\times 100$ formülüyle hesaplanmış; uyum oranı sökme ve birleştirme süreçlerindeki uzamsal yetenek kodlamalarında %91, psikomotor davranışlara ilişkin kodlamalarda %88, görüşme kodlamalarında ise %93 olarak belirlenmiştir. Veri setinin genelinde ortalama uyum %90.67'dir. Görüş ayrılığı yaşanan sınırlı sayıda kod üzerinde iki araştırmacı tartışarak uzlaşmıştır.

Araştırmanın yürütülebilmesi için Dokuz Eylül Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 21.01.2026 tarihli ve 3 sayılı onayı ile Millî Eğitim Bakanlığının ilgili biriminden uygulama izni alınmıştır. Katılım gönüllülük esasına dayanmış; öğrenciler ve velileri bilgilendirilerek gönüllü katılım ve veli onam formları imzalatılmıştır. Katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuş ve raporlaştırmada kod adları kullanılmıştır. Görsellerde öğrencilerin kimliğini belirgin kılacak ayrıntılara yer verilmemiştir.

BULGULAR

Bu bölümde bulgular, araştırma soruları doğrultusunda üç başlık altında sunulmaktadır. Her başlıkta önce içerik analiziyle ulaşılan kategoriler tablolastırılmış, ardından bu kategoriler öğrenci söylemlerinden yapılan doğrudan alıntılarla ve gözlem kayıtlarından seçilen görsellerle betimlenmiştir. Alıntıların sonunda öğrenci kodu ve ilgili künde-kârî modeli (3P, 6P, 6PK) belirtilmiştir.

Sökme (Analiz) Fazında Kullanılan Uzamsal Yetenekler

Birinci araştırma sorusu kapsamında öğrencilerin künde-kârîyi parçalarına ayırırken sergiledikleri uzamsal davranışlar incelenmiş; elde edilen kodlar altı kategori altında toplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Sökme fazında kullanılan uzamsal yeteneklere ilişkin kategori ve kodlar

Kategori	Kod	Öğrenciler	f
Yapıyı sökmeden önce çözümleme	Geçme ve boşluk noktalarını görsel olarak belirleme	Ö106, Ö116, Ö11, Ö125, Ö118, Ö27	6
Gizli yapıyı çıkarsama	Dışarıdan görünmeyen iç boşlukları ve geçme yönünü kestirme	Ö106, Ö27	2
Uzamsal analogi kurma	Bütünü tanıdık bir şekle benzeterek kodlama (artı, yıldız, top, piramit)	Ö87, Ö11, Ö118, Ö27	4
Uzamsal bellek	Sökme sırasını ve parça konumlarını zihinde tutma	Ö106, Ö116, Ö125	3
Parçaları karşılaştırma ve sınıflandırma	Parçaların aynı/farklı olma durumunu ve boyut ilişkilerini çözümleme	Ö106, Ö27, Ö135	3
Uzamsal çözümleme yapamama	Parçaların birbirine hangi noktadan geçtiğini kavrayamama	Ö116, Ö142, Ö135	3

Not. f = ilgili kodu en az bir künde-kârî uygulamasında sergileyen öğrenci sayısı. Bir öğrenci birden çok kategoride yer alabilmektedir.

Tablo 2'ye göre öğrencilerin sökme fazında en sık başvurdukları uzamsal davranış, künde-kârîyi parçalarına ayırmadan önce yapıyı görsel olarak çözümleyerek geçme ve boşluk noktalarını belirlemektir (f = 6). Bu davranış, uzamsal bir göreve doğrudan eyleme geçerek değil, önce bir zihinsel temsil kurarak başlamayı ifade etmektedir. Ö116 bu süreci şöyle açıklamıştır (bk. Şekil 4):

“İlk baktığımda neresinde çıkma yeri var, neresinde boşluk var diye bakıp inceledim. Parçaları birbirinden nasıl çıkarabilirim onu düşündüm.” (Ö116, 3P)



Şekil 4. Bir Öğrencinin üç parçalı kündekâriyi sökmeden önce incelemesi

Not. Öğrenci parçaları ayırmadan önce geçme noktalarını görsel ve dokunsal olarak yoklamaktadır.

Bu davranışın süre kayıtlarına da yansıdığı görülmektedir. Ö116 üç parçalı kündekâriyi 44 saniyede sökmüş; bu süre, aynı modelde en kısa sürede sökme yapan öğrencilerin sürelerinin (7–8 saniye) yaklaşık altı katıdır. Buna karşılık öğrenci birleştirme fazını yalnızca 14 saniyede tamamlayarak o modelde en kısa sürede birleştiren öğrenciler arasında yer almıştır. Bu örüntü, sökme fazına ayrılan sürenin birleştirme fazında geri kazanıldığını göstermektedir.

Öğrencilerin bir bölümü, dışarıdan bakıldığında görünmeyen iç boşlukları zihinsel olarak çıkarsama davranışı sergilemiştir. Bu davranış, uzamsal görselleştirmenin görünen uyarıcının ötesine geçen bileşenine işaret etmesi bakımından önemlidir. Ö106, kündekârinin ilk bakışta bütünüyle kapalı görüldüğünü, ancak parçaları yanlara doğru çektiğinde boşlukların ortaya çıktığını belirtmiştir:

“Parçalar birbirine yapışık duruyor, hiçbirinde boşluk yok gibi duruyor ama boşluklar var, o boşlukları bulmak (...) bir tane boşluk var, o görünüyor. Onu çıkartınca diğer ikisinde boşluk yok gibi duruyor ama çekince varmış aslında, onu göremedim ben. Yanlara çektim, çıktı sonra.” (Ö106, 3P)

Benzer biçimde Ö27, parçaların iç boşluk genişliklerini karşılaştırarak hangi parçanın hangisinin içinden geçebileceğini belirlemiş; böylece boyut-boşluk ilişkisine dayalı bir uzamsal muhakeme yürütmüştür:

“Sonra içlerine baktım şekillerin. Bir tanesinin içi daha genişti, biri daha dardı. Dar olanın içinden diğer parça geçmiyordu. Boşluğu büyük olandan diğer parçalar geçebiliyordu.” (Ö27, 3P)

Dört öğrenci ise kündekârinin bütününe tanıdık bir şekle benzeterek zihinsel bir referans oluşturmuştur. Üç parçalı modeli Ö87, Ö118 ve Ö27 artı işaretine; altı parçalı modeli Ö87 ve Ö118 yıldız; küre benzeri modeli ise Ö118 topa benzetmiştir. Bu benzetmeler, karmaşık üç boyutlu yapının daha kolay hatırlanabilir tek bir bütün hâlinde kodlanmasını sağlamıştır. Ö87 bu benzetmeyi doğrudan bir çalışma ilkesine dönüştürmüştür:

“Kısacası ben burada artı işaretine benzediğini düşündüm hocam. Ona göre yapmaya çalıştım. (...) Artıyı nasıl oluşturabilirim diye düşündüm, zaten sonrası da geldi.” (Ö87, 3P)

Üç öğrenci sökme sırasını bilinçli biçimde zihninde tutmaya çalışarak uzamsal belleğini işe koşturmuş. Ö125, çıkardığı parçaların sırasını ezberlediğini ve bu bilgiyi birleştirme fazında kullandığını ifade etmiştir: “Çektiğim tahtaların sırasını ezberlemeye çalıştım. Sonra onları aklımda tuttum. Daha sonra tekrar birleştirirken bunları kullandım.” (Ö125, 3P). Buna karşılık Ö142 ve Ö11, sökme sırasında parçaların nasıl birleştiğine dikkat ettiklerini belirtmiş, ancak bu bilgiyi birleştirme fazına kadar koruyamadıklarını ifade etmişlerdir. Ö142 bu durumu “Ettim ama birleştirirken dikkat edemedim. Unuttum.” (Ö142, 3P) sözleriyle açıklamıştır. Bu bulgu, sökme fazında uzamsal bilgiyi edinmenin tek başına yeterli olmadığını; bu bilginin birleştirme fazına kadar korunmasının ayrı bir beceri olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Sökme fazında yapıyı hiç incelemeden doğrudan parçalara ayırma davranışı ise en kısa sökme süreleriyle birlikte ortaya çıkmıştır. Üç parçalı kündekâriyi en kısa sürede söken üç öğrenci Ö118 (7 sn), Ö11 (8 sn) ve Ö27 (8 sn) olmuş; ancak bu öğrencilerin hiçbiri sökme sırasında parçaların birbirine nasıl geçtiğine dikkat etmemiştir. Sonuçta Ö11 ve Ö118 kündekâriyi hiç birleştirememiş, Ö27 ise ancak deneme-yanılma yoluyla 12 dakika 3 saniyede tamamlayabilmiştir. Ö11 bu durumu “İncelemiştim ama takarken unuttum ve zor geldi.” (Ö11, 3P) sözleriyle açıklarken, Ö118 güçlüğün kaynağını doğrudan uzamsal alana yerleştirmiştir: “Hocam neyin nereye geçeceğini düşünemedim.” (Ö118, 3P).

Üç öğrenci ise sökme fazında uzamsal çözümleme yapmakta zorlanmıştır. Bu güçlüğün en belirgin örneği, üç parçalı kündekâriyi kendi denetiminde sökmemeyen Ö135'te gözlenmiştir:

“Hocam karşılaştım. Ben bunu bozamadım. Bozamadığım için de neyin nereden çıktığını anlamadım ve yapamadım. Sonradan bozuldu ama kasten olmadı. Kendiliğinden bozuldu.” (Ö135, 3P)

Bu bulgu, kündekâri etkinliğinde sökme ve birleştirme fazlarının birbirinden bağımsız olmadığını; sökme fazında kurulan uzamsal temsilin birleştirme başarısının ön koşulu niteliğinde olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim çalışma grubundaki dokuz öğrencinin tamamı üç modelin de sökme fazını tamamlayabilmişken, birleştirme fazında aynı başarı gözlenmemiştir (bk. Tablo 4).

Birleştirme (Sentez) Fazında Kullanılan Uzamsal Yetenekler

İkinci araştırma sorusu kapsamında öğrencilerin kündekâriyi yeniden oluştururken sergiledikleri uzamsal yetenekler incelenmiş; elde edilen kodlar sekiz kategori altında toplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Birleştirme fazında kullanılan uzamsal yeteneklere ilişkin kategori ve kodlar

Kategori	Kod	Öğrenciler	f
Alt gruplar oluşturma	Parçaları üçlü gruplara ayırarak ara yapılar kurma ve grupları birleştirme	Ö87, Ö106, Ö116, Ö142, Ö11, Ö125, Ö118, Ö135	8
İç geometrik yapıyı referans alma	Piramitlerin tepe noktalarını ve üçgen yüzeylerini hizalama	Ö87, Ö106, Ö11, Ö118, Ö27	5
Bitmiş formu zihinde tutma	Kündekârinin son hâlini zihinde canlandırarak eksik parçaların yerini kestirme	Ö11, Ö125, Ö27	3
Yönelim kuralı keşfetme	Gruplar arasında saat yönü / saat yönünün tersi ilişkisini fark etme	Ö142, Ö125	2
Boyut-boşluk eşleştirme	Delik genişliği ile parça kalınlığını karşılaştırarak geçme sırasını belirleme	Ö106, Ö27	2
Örüntü arama	Yüzeylerdeki çizgilerden örüntü kurmaya çalışma	Ö125	1
Deneme-yanılma	Sistemati bir plan olmaksızın parça konumlarını değiştirerek ilerleme	Ö106, Ö116, Ö142, Ö135	4
Uzamsal temsili koruyamama	Sökme sırasında edinilen bilgiyi birleştirme fazında hatırlayamama	Ö116, Ö142, Ö11, Ö125, Ö118, Ö27	6

Not. f = ilgili kodu en az bir kündekâri uygulamasında sergileyen öğrenci sayısı.

Tablo 3'e göre birleştirme fazında en yaygın kullanılan uzamsal strateji, altı parçalı modellerde parçaları üçlü gruplara ayırarak ara yapılar oluşturmak ve daha sonra bu grupları birleştirmektir (f = 8). Bu strateji, karmaşık bir uzamsal problemin daha küçük ve yönetilebilir alt problemlere bölünmesi olarak değerlendirilebilir. Ö106 bu yaklaşımı şöyle açıklamıştır (bk. Şekil 5):

“Şimdi elime aldım, ondan sonra onu parçalara ayırırken nereden ayıracağıma baktım. Üçlü birleştirdiği için doğru şekilde ayırmam gerekiyordu. Ondandır ayırdıktan sonra parçaları üçlü koydum yine yan yana. İşte onları, parçaları tuttum ve birleştirdim.” (Ö106, 6PK)



Şekil 5. Parçaların üçlü gruplara ayrılarak ara yapıların oluşturulması

Not. Öğrenci altı parçayı iki üçlü gruba indirgeyerek eşzamanlı olarak yönetmesi gereken öge sayısını azaltmaktadır.

Beş öğrenci, künde-kârının dış görünümü yerine iç geometrik yapısını referans almış; parçaların iç yüzeylerinde oluşan piramit biçimli çıkıntıların tepe noktalarını ve üçgen yüzeylerini hizalayarak ilerlemiştir. Bu davranış, öğrencilerin yüzeysel görünümün ötesine geçerek yapının geometrik mantığını kavradıklarını göstermesi bakımından önemlidir:

“Ortasında piramit olacağını anlayıp hepsini o şekilde birleştirdim. Piramidin yüzeylerini ve tepe noktalarını birleştirdim. Bu şekilde orta kısmını oluşturdum.” (Ö11, 6PK)

“Künde-kârî parçalarının iç kısmındaki piramitlerin tepe noktalarını ve üçgen yüzeylerini birleştirmeye gayret ettim, bu şekilde oldu.” (Ö118, 6PK)

Üç öğrenci, künde-kârının bitmiş hâlini zihninde tutarak eksik kalan bölümlerin yerini kestirmiştir. Bu davranış, uzamsal görselleştirmenin en gelişmiş göstergelerinden biri olarak değerlendirilmiştir. Ö27'nin aşağıdaki açıklaması, dış formun zihinsel bir şablon olarak kullanıldığını açıkça ortaya koymaktadır:

“Şeklin dışı aklımdaydı. O iki parçayı tuttuğumda eksik kalan kısımlar zihnimde canlandı. Ona göre diğer parçaları da tek tek yerine getirebildim yani.” (Ö27, 6P)

Yalnızca iki öğrenci, parçaların birbirine geçebilmesi için gruplar arasında bir yönelim ilişkisi bulunması gerektiğini fark etmiştir. Bu bulgu, araştırmada gözlenen en üst düzey uzamsal muhakeme örneğidir. Ö142, oluşturduğu iki üçlü grubun uçlarının birbirine ters yönde bakması gerektiğini keşfetmiş ve bunu genellenebilir bir kurala dönüştürmüştür:

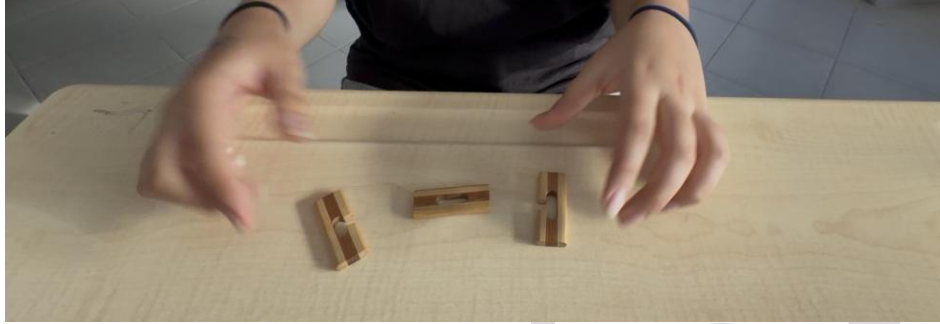
“Bir de üçlü olarak oluşturduğum grupların birbirine geçmesi için bir grubun saat yönünü, diğer grubun ise saat yönünün tersini göstermesi gerektiğini fark ettim.” (Ö142, 6PK)

Ö142'nin bu keşfi gözlem formu puanlarına da yansımıştır. Üç parçalı modelde 31 puan üzerinden yalnızca 5 puan alan öğrenci, yönelim kuralını keşfettiği altı parçalı modelde 30 puanla o modeldeki en yüksek performansı sergilemiştir. Öğrenci bu değişimi kendisi de fark etmiş ve süreci “İlk gördüğümde başta zor dedim. Ama şeklin algoritmasını öğrendiğimizde kolay olduğu anlaşıyor.” (Ö142, 6P) sözleriyle açıklamıştır. Bu örnek, uzamsal performansın yalnızca deneme sayısı ile değil, işe koşulan düşünmenin niteliğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

Öte yandan altı öğrenci, sökme fazında edindiği uzamsal bilgiyi birleştirme fazına taşıyamamıştır. Bu kategori, birleştirme başarısızlıklarının en yaygın nedeni olarak öne çıkmaktadır. Ö27, üç parçalı modelde bu durumu ayrıntılı biçimde betimlemiştir: “Şekli zaten tamamen unuttum. Artı şeklinde olduğunu hatırladım sadece. Aklımda şekli canlanmadı, o zor oldu.” (Ö27, 3P). Öğrenci uzamsal temsiliyi koruyamadığı için birleştirmeyi zihinsel bir plana göre değil, olası eşleşmeleri tek tek

sınayarak gerçekleştirmiş; 8 saniyede söktüğü künde-kâriyi ancak 12 dakika 3 saniyede birleştirebilmiştir. Aynı öğrencinin gözlem formunun analitik bölümünden 16 puan üzerinden yalnızca 7 puan alması, doğru sonuca ulaşmasına karşın stratejik planlama ve uzamsal görselleştirme boyutlarında yetersiz kaldığını göstermektedir.

Benzer biçimde Ö116, parçaları hemen geri birleştirmeyip masaya bırakmasının uzamsal temsilini bozduğunu belirtmiştir: “Parçaları yerine koymaya çalışırken orada bir tık karışıklık oldu ikinci yapışmada. O da hemen geri birleştirmedim için oldu. Yere koydum, sonra geri aldım. Bu yüzden bir aklım karıştı.” (Ö116, 3P). Bu ifade, uzamsal temsilin yalnızca kurulmasının değil, araya giren işlemlere karşı korunmasının da ayrı bir güçlük oluşturduğunu göstermektedir (bk. Şekil 6).

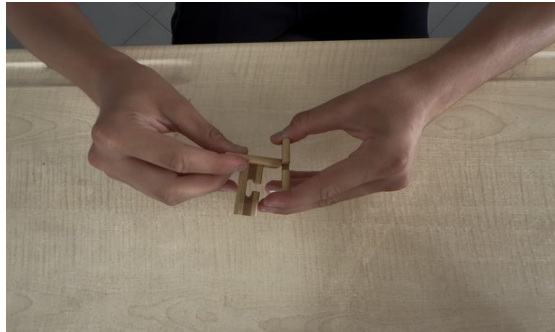


Şekil 6. Sökülen parçaların birleştirme öncesinde masaya yerleştirilmesi

Not. Parçaların sökme sırasına göre dizilmesi, uzamsal bilginin dışsallaştırılmasına yönelik bir davranış olarak değerlendirilmiştir.

Sistematik bir uzamsal plan geliştiremeyen dört öğrenci ise deneme-yanılma yoluyla ilerlemiştir. Ö135, üç parçalı modelde herhangi bir stratejisinin bulunmadığını doğrudan belirtmiştir: “Kendime özgü bir strateji belirlemedim. Hocam zaten elimdeyken bir anda çıktı, hiçbir fikrim olmadan rastgele yapmaya çalıştım. Olmadı.” (Ö135, 3P). Ö125 ise yüzeylerdeki çizgilerden bir örüntü kurmaya çalışmış, ancak bu yaklaşımın sonuç vermediğini fark etmiştir: “Şekillerin üstündeki çizgilere bakarak örüntü oluşturmaya çalıştım ama öyle bir ilişki yoktu.” (Ö125, 6P). Bu örnek, öğrencinin ürettiği uzamsal varsayımı sınayarakelediğini göstermesi bakımından dikkate değerdir.

Birleştirme fazına ilişkin son bir bulgu, uzamsal bilgi ile motor uygulamanın birbirinden ayrışabilmesidir. Üç öğrenci (Ö87, Ö116, Ö11), parçanın nereye yerleşeceğini bildiğini ancak parçaları elinde tutamadığı için uygulamayı tamamlayamadığını belirtmiştir. Ö116 bu durumu açıkça dile getirmiştir: “Parçaların hepsini bir anda tutamadım ve geçiremedim. Parmaklarıma hâkim olamadım. Aslında parçanın nereye gireceğini biliyordum ama takamadım, parçaları tutamadığım için.” (Ö116, 6PK). Benzer biçimde Ö87, küre benzeri modelde son parçayı yerleştiremediğini ve bunun nedeninin uzamsal değil motor bir sınırlılık olduğunu belirtmiştir: “Hocam el becerisinden kaybettim ben.” (Ö87, 6PK). Bu bulgu, birleştirme fazında elde edilen düşük bir puanın tek başına düşük uzamsal yetenek göstergesi olarak yorumlanmaması gerektiğini ortaya koymaktadır (bk. Şekil 7).



Şekil 7. Birleştirme fazında parçaların eşzamanlı olarak tutulması

Not. Parçaların birbirini kilitlemesi, bir parça yerleştirilirken diğerlerinin sabit tutulmasını gerektirmektedir.

Fazlar Arası Karşılaştırma ve Performansın Düzey ile Tekrara Göre Değişimi

Üçüncü araştırma sorusu kapsamında bulgular üç başlıkta sunulmaktadır: (a) iki faz arasındaki benzerlik ve farklılıklar, (b) performansın uygulama tekrarına göre değişimi ve (c) performansın uzamsal görselleştirme düzeyine göre farklılaşması.

Sökme ve Birleştirme Fazlarının Karşılaştırılması

Öğrencilerin üç modeldeki tamamlama durumları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Öğrencilerin künekâri modellerini sökme ve yeniden birleştirme durumları

Öğrenci kodu	3P sökme	3P birleştirme	6P sökme	6P birleştirme	6PK sökme	6PK birleştirme
Ö87	+	+	+	+	+	–
Ö106	+	+	+	+	+	+
Ö116	+	+	+	–	+	–
Ö142	+	–	+	+	+	+
Ö11	+	–	+	+	+	+
Ö125	+	+	+	–	+	+
Ö118	+	–	+	–	+	+
Ö27	+	+	+	+	+	+
Ö135	+	–	+	–	+	–
Toplam	9	5	9	5	9	6

Not. + = ilgili fazı tamamlamıştır; – = tamamlamamıştır. 3P = üç parçalı model; 6P = altı parçalı sivri yüzeyli model; 6PK = altı parçalı küre benzeri model.

Tablo 4 incelendiğinde, her üç modelde de dokuz öğrencinin tamamının sökme fazını tamamladığı; buna karşılık birleştirme fazını üç parçalı modelde beş, altı parçalı modelde beş ve küre benzeri modelde altı öğrencinin tamamlayabildiği görülmektedir. Toplam 27 sökme denemesinin tamamı başarıyla sonuçlanırken, 27 birleştirme denemesinin yalnızca 16'sı (%59) tamamlanabilmiştir. Bu tablo, künekâri etkinliğinde asıl güçlüğün sökme fazında değil, yeniden birleştirme fazında yoğunlaştığını açıkça ortaya koymaktadır.

İki faz arasındaki ilişkinin niteliğini süre verileri daha da belirginleştirmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Öğrencilerin künekâri modellerini sökme ve birleştirme süreleri

Öğrenci kodu	3P sökme	3P birleştirme	6P sökme	6P birleştirme	6PK sökme	6PK birleştirme
Ö87	5 dk 55 sn	12 dk 42 sn	6 sn	7 dk 26 sn	9 sn	×
Ö106	9 sn	1 dk	8 sn	9 dk 6 sn	3 sn	40 sn
Ö116	44 sn	14 sn	15 sn	×	7 sn	×
Ö142	44 sn	×	4 sn	44 sn	5 sn	10 dk 30 sn
Ö11	8 sn	×	2 sn	3 dk 23 sn	3 sn	20 dk 49 sn
Ö125	17 sn	9 sn	9 sn	×	46 sn	2 dk 58 sn
Ö118	7 sn	×	4 sn	×	5 sn	6 dk 35 sn
Ö27	8 sn	12 dk 3 sn	1 dk 29 sn	6 dk 30 sn	24 sn	2 dk 27 sn
Ö135	1 dk 15 sn	×	4 sn	×	6 sn	×

Not. sn = saniye; dk = dakika. × = öğrenci ilgili fazı tamamlamadığı için süre kaydedilmemiştir.

Tablo 5'e göre üç parçalı künekâriyi en kısa sürede söken üç öğrenci Ö118 (7 sn), Ö11 (8 sn) ve Ö27 (8 sn); en kısa sürede birleştiren üç öğrenci ise Ö125 (9 sn), Ö116 (14 sn) ve Ö106 (1 dk) olmuştur. Bu iki listenin hiçbir ortak öge içermemesi, araştırmanın dikkat çekici bulgularından biridir. En hızlı söken üç öğrenciden ikisi künekâriyi hiç birleştirememiş, üçüncüsü ise o modelin en uzun birleştirme süresini kaydetmiştir. Buna karşılık künekâriyi inceleyerek 44 saniyede söken Ö116,

birleştirmeyi 14 saniyede tamamlamıştır. Aynı örüntü altı parçalı modelde de gözlenmektedir: bu modeli en kısa sürede söken Ö118 ve Ö135 birleştirmeyi tamamlayamamış, Ö11 ise ancak deneme-yanılma ile tamamlayabilmiştir.

Bu örüntünün iki istisnası bulunmaktadır ve her iki istisna da nitel verilerle açıklanabilmektedir. Birincisi, altı parçalı modeli 4 saniyede söküp 44 saniyede birleştiren Ö142'dir; öğrencinin hızı dikkatsiz bir sökmenin değil, yönelim kuralını doğrudan kavramanın sonucudur. İkincisi, küre benzeri modelde hem en kısa sökme (3 sn) hem de en kısa birleştirme (40 sn) süresini kaydeden Ö106'dır; bu öğrenci uygulamaya iki model deneyimiyle gelmiş ve gözlem formu toplam puanı bakımından çalışma grubunun en yüksek performansını sergilemiştir. Dolayısıyla belirleyici olan sökmeyle ayrılan sürenin kendisi değil, bu süre içinde yapının çözülmesi çözülmemiştir.

Tablo 2 ile Tablo 3 birlikte değerlendirildiğinde, iki faz arasındaki benzerlik ve farklılıklar Tablo 6'da özetlendiği biçimde belirlenmektedir.

Tablo 6. Sökme ve birleştirme fazlarının uzamsal yetenekler bakımından karşılaştırılması

Karşılaştırma boyutu	Sökme (analiz) fazı	Birleştirme (sentez) fazı
Bilişsel yön	Bütünden parçaya; çözümleme	Parçadan bütüne; sentez
Baskın davranış	Görsel çözümleme, iç boşlukları çıkarsama, analogi kurma	Alt gruplara ayırma, iç geometriyi hizalama, bitmiş formu canlandırma
Geri bildirim	Her adımda görsel-dokunsal geri bildirim mevcut	Geri bildirim yalnızca deneme sonunda; ara adımlar belirsiz
Bellek yükü	Düşük; bütün gözle görülebilir durumda	Yüksek; temsilin araya giren işlemlere karşı korunması gerekli
Tamamlama oranı	27/27 (%100)	16/27 (%59)
Başarısızlığın kaynağı	Geçme noktalarını kavrayamama (f = 3)	Uzamsal temsili koruyamama (f = 6), plansız deneme-yanılma (f = 4)
Ortak bileşen	Parçaların birbirine göre konumunu ve boyut-boşluk ilişkisini çözümleme	Aynı çözümlemenin tersine çevrilerek uygulanması

Not. Tamamlama oranları, dokuz öğrencinin üç model üzerindeki toplam denemeleri esas alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 6'ya göre iki faz, işe koşulan uzamsal çözümlemenin içeriği bakımından ortak bir çekirdeğe sahiptir: her iki fazda da öğrenci parçaların birbirine göre konumunu, geçme noktalarını ve boyut-boşluk ilişkilerini çözümlemek durumundadır. Aradaki temel farklılık, bu çözümlemenin hangi koşullarda yapıldığıdır. Sökme fazında bütün gözle görülebilir durumdadır ve her adım algısal olarak desteklenmektedir; birleştirme fazında ise öğrencinin elinde yalnızca parçalar ve zihninde tuttuğu temsil bulunmaktadır. Bu nedenle sökme fazında hiç görülmeyen bir başarısızlık türü olan “uzamsal temsili koruyamama”, birleştirme fazının en yaygın başarısızlık nedeni haline gelmektedir.

Performansın Uygulama Tekrarına Göre Değişimi

Öğrencilerin gözlem formundan aldıkları puanlar Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Öğrencilerin künde-kârî modellerinden aldıkları gözlem formu puanları

Öğrenci kodu	UGT düzeyi	3P (0–31)	6P (0–31)	6PK (0–31)	Toplam (0–93)
Ö106	Yüksek	28	23	31	82
Ö27	Orta	20	25	29	74
Ö125	Orta	29	12	27	68
Ö11	Düşük	12	27	26	65
Ö87	Yüksek	19	27	17	63
Ö142	Orta	5	30	23	58
Ö116	Yüksek	29	10	14	53
Ö118	Düşük	9	14	26	49
Ö135	Düşük	3	18	12	33

Tablo 7 (Devamı). Öğrencilerin künde-kârî modellerinden aldıkları gözlem formu puanları

Öğrenci kodu	UGT düzeyi	3P (0–31)	6P (0–31)	6PK (0–31)	Toplam (0–93)
M		17.11	20.67	22.78	60.56
SS		10.31	7.35	6.82	15.10

Not. Öğrenciler toplam puana göre büyükten küçüğe sıralanmıştır. M = ortalama, SS = standart sapma (n = 9).

Tablo 7 incelendiğinde iki örüntü öne çıkmaktadır. Birincisi, grup ortalaması üç parçalı modelde 17.11 iken altı parçalı modelde 20.67'ye, küre benzeri modelde ise 22.78'e yükselmiştir. Bu yükselişin bir güçlük artışına karşın gerçekleştiği ileri sürülemez; üç model, aşağıda görüleceği üzere farklı güçlük türleri taşımakta ve eşdeğer koşullarda uygulanmamaktadır (bk. Yöntem). Söz konusu yükseliş bu nedenle modeller arası bir güçlük karşılaştırması olarak değil, öğrencilerin görev deneyimi arttıkça gözlem formunda daha üst düzeyde puanlanan davranışları daha sık sergilemesi olarak okunmalıdır. Aynı yönelim gözlem formunun tüm bölümlerinde gözlenmekte; özellikle uzamsal ve bilişsel becerileri değerlendiren analitik bölümün ortalaması 7.89'dan 10.22'ye ve 11.56'ya yükselmektedir. Birleştirmeyi tamamlayan öğrenci sayısının küre benzeri modelde altıya çıkması da bu yönelimi desteklemektedir. Nitel veriler bu yorumu doğrulamaktadır; Ö135, bir modelden edindiği bilgiyi diğerine aktardığını “Sökerken de önceki yaptığım kürenin aynısı olduğunu fark ettim. Yine üçlü gruplar yaptım...” (Ö135, 6P) sözleriyle ifade etmiştir.

İkincisi, grup içi farklılıklar uygulamalar boyunca azalmıştır. Model puanlarının standart sapması üç parçalı modelde 10.31 iken küre benzeri modelde 6.82'ye inmiştir. Bu daralma en belirgin biçimde bütüncül değerlendirme bölümünde görülmektedir: söz konusu bölümün standart sapması 2.18'den 0.50'ye inmiş, puan aralığı 0–5'ten 4–5'e daralmıştır. Başka bir deyişle, ilk uygulamada bazı öğrenciler künde-kârîyi hiç inceleyemeden dağıtırken (Ö142 ve Ö135 için 0 puan), üçüncü uygulamada tüm öğrenciler yapıyı inceleme, parçaları gruplama ve geçme noktalarını belirleme davranışlarını sergileyebilmiştir. Bu görünüm, künde-kârî etkinliğinin başlangıçtaki uzamsal düzey farklarını kısmen telafi edici bir işlev görebileceğini düşündürmektedir. Ancak uygulamalar arasında model yapısı, gösterim desteği ve tekrar sayısı birlikte değiştiğinden söz konusu daralmanın kaynağı belirlenememektedir; bu olasılık ancak kontrol gruplu ve model sırasının dengelendiği desenlerle sınanabilir.

Tablo 7'de dikkat çeken bir başka bulgu, en az parçadan oluşan üç parçalı modelin grup ortalaması bakımından en düşük puanların alındığı model olmasıdır (M = 17.11). Bu modelde dört öğrenci 12 puanın altında kalmış; Ö135 yalnızca 3, Ö142 ise 5 puan alabilmiştir. Nitel bulgular bu durumun nedenini açıklamaktadır: üç parçalı künde-kârî, tek bir geçme mantığının çözülmesine dayalı “ya hep ya hiç” nitelikli bir yapıdadır ve bu mantık çözülemediğinde öğrenci hiç ilerleyememektedir. Buna karşılık altı parçalı modellerde üçlü gruplama stratejisi kısmi ilerlemeye olanak tanımakta ve taban puanları yükseltmektedir; nitekim en düşük toplam puan altı parçalı modelde 10, küre benzeri modelde 12 iken üç parçalı modelde 3'tür. Bu bulgu, uzamsal görevlerde güçlüğü parça sayısından çok yapının çözümlenebilirliğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla modellerin parça sayısına göre sıralanması bir güçlük sıralaması anlamına gelmemekte; üç parçalı model, az parçalı olmasına karşın kısmi başarıya kapalı yapısıyla ayrı bir güçlük türü oluşturmaktadır.

Öğrencilerin bireysel seyirleri incelendiğinde üç farklı örüntü ortaya çıkmaktadır. Birinci örüntüde yer alan Ö11, Ö118 ve Ö27 uygulamalar boyunca düzenli biçimde yükselmiştir (örneğin Ö118: 9 → 14 → 26). İkinci örüntüde yer alan Ö142, ilk uygulamadaki 5 puanlık performansından sonra yönelim kuralını keşfetmesiyle 30 puana ulaşmış; bu durum tek bir uzamsal içgörünün performansı köklü biçimde değiştirebileceğini göstermiştir. Üçüncü örüntüde ise ilk uygulamada 29 puan alan Ö116 ve Ö125'in ikinci uygulamada sırasıyla 10 ve 12 puana gerilediği görülmektedir. Bu gerilemenin kaynağı nitel verilerde açıkça görülmektedir; her iki öğrenci de altı parçalı modelde parçaları elde tutamamaktan yakınmıştır (Ö116: “Tutamadığım için dağıldı ve elimden düştü.”; Ö125: “Parçalar çok dik kesilmişti. Tutmakta çok zorlandım.”). Dolayısıyla bu öğrencilerin puan kaybı uzamsal değil motor kaynaklıdır.

Performansın Uzamsal Görselleştirme Düzeyine Göre Farklılaşması

Çalışma grubunu oluşturan dokuz öğrencinin gözlem formu puanları, UGT'den elde edilen düzeylerine göre incelenmiştir. Her düzeyde yalnızca üç öğrenci bulunduğundan düzey ortalamaları hesaplanmamış ve düzeyler arasında ortalama karşılaştırması yapılmamıştır; üç kişilik gruplarda tek bir öğrencinin puanı grup ortalamasını belirleyici biçimde değiştirebildiğinden, bu ortalamalar örneklem dalgalanmasından ayırt edilebilir nitelikte değildir. Bu nedenle inceleme, puanların düzeyler içinde ve düzeyler arasında nasıl dağıldığı ile öğrencilerin bireysel seyirleri üzerinden yürütülmüş; her öğrencinin puanı ayrı ayrı sunulmuştur (Tablo 8).

Tablo 8. Öğrencilerin gözlem formu puanlarının uzamsal görselleştirme düzeyine göre bireysel dağılımı

UGT düzeyi	Öğrenci kodu	3P (0–31)	6P (0–31)	6PK (0–31)	Toplam (0–93)	Birleştirmeyi tamamlama
Yüksek (UGT = 27)	Ö87	19	27	17	63	2/3
	Ö106	28	23	31	82	3/3
	Ö116	29	10	14	53	1/3
Orta (UGT = 21)	Ö27	20	25	29	74	3/3
	Ö125	29	12	27	68	2/3
	Ö142	5	30	23	58	2/3
Düşük (UGT = 14)	Ö11	12	27	26	65	2/3
	Ö118	9	14	26	49	1/3
	Ö135	3	18	12	33	0/3

Not. Puanlar her modelde 31 üzerinden verilmiştir. Birleştirmeyi tamamlama sütunu, öğrencinin üç modeldeki birleştirme denemelerinden kaçını tamamladığını göstermektedir. Her düzeyde yalnızca üç öğrenci bulunması nedeniyle düzey ortalaması ve standart sapması hesaplanmamıştır.

Tablo 8 incelendiğinde, puanların uzamsal görselleştirme düzeyine göre dağılımının uygulamalar boyunca aynı görünümü korumadığı dikkat çekmektedir. İlk uygulamada (3P) yüksek ve düşük düzey grupları birbirinden ayırmıştır: düşük düzeydeki üç öğrencinin puanları (12, 9 ve 3) yüksek düzeydeki üç öğrencinin puanlarının (29, 28 ve 19) tamamının altında kalmış; iki grubun puan aralıkları hiç örtüşmemiştir. Orta düzey grubu ise 5 ile 29 arasında değişen puanlarla her iki aralığa da yayılmıştır. Bununla birlikte bu ayrışmanın, 3P modelinin kısmi başarıya kapalı yapısıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir; bu modelde tek geçme mantığını çözemeyen öğrenci hiç ilerleyememekte ve puanı taban değerlere yaklaşmaktadır. Dolayısıyla ilk uygulamadaki ayrışma, yalnızca uzamsal görselleştirme düzeyinin değil, model yapısının da bir sonucu olabilir.

İkinci ve üçüncü uygulamalarda bu ayrışma gözlenmemiştir. Altı parçalı modelde üç düzeyin puan aralıkları tümüyle örtüşmüş; o modeldeki en yüksek puanı orta düzeyden Ö142 (30) alırken, düşük düzeyden Ö11 (27) yüksek düzeydeki iki öğrencinin (23 ve 10) önünde yer almıştır. Küre benzeri modelde de benzer bir görünüm ortaya çıkmış; düşük düzeydeki iki öğrenci (26 ve 26) yüksek düzeydeki iki öğrencinin (17 ve 14) üzerinde puan almıştır. Buna göre ikinci uygulamadan itibaren öğrencilerin gözlem formu puanları UGT düzeylerine göre sıralanamamaktadır.

Üç model üzerinden hesaplanan toplam puanlarda da düzeyler arası bir sıralama ortaya çıkmamıştır; düşük düzeyden Ö11 çalışma grubunun dördüncü en yüksek toplam puanını (65/93) alarak yüksek düzeydeki iki öğrencinin (63 ve 53) önüne geçmiştir. Buna karşılık birleştirmeyi tamamlama sayıları düşük düzey grubunda görece geride kalmıştır: bu gruptaki üç öğrenci dokuz birleştirme denemesinin üçünü tamamlarken, yüksek düzeyde altı, orta düzeyde yedi deneme tamamlanmış; hiçbir modeli birleştiremeyen tek öğrenci de (Ö135) bu grupta yer almıştır. Dokuz öğrenciyle yürütülen bir çalışmada bu görünüm bir eğilimden öteye taşınmaz. Bununla birlikte söz konusu eğilim, UGT

düzeyinin ayırt ediciliğinin yüksek ile orta düzey arasında değil, düşük düzey ile diğer düzeyler arasında sürüyor olabileceği yönünde sınanmaya değer bir varsayım oluşturmaktadır.

Bireysel seyirler bu görünümü daha da belirginleştirmektedir. Düzey içi yayılımın en geniş olduğu grup, üç parçalı modelde 5 ile 29 arasında puan alan orta düzey grubudur. Bu yayılımın kaynağı, ilk uygulamada çalışma grubunun en düşük ikinci puanını (5) alan, yönelim kuralını keşfettiği ikinci uygulamada ise 30 puanla tüm çalışma grubunun en yüksek performansına ulaşan Ö142'dir. Bu durum, tek bir uygulamadan elde edilen puanın öğrencinin uzamsal yeterliği hakkında güvenilir bir gösterge oluşturmadığını göstermektedir. Buna karşılık düşük düzeydeki Ö135, üç uygulamada da grubun en düşük puanları arasında kalmış ve hiçbir modeli birleştirememiştir. Aynı düzeydeki Ö11'in ise çalışma grubunun dördüncü en yüksek toplam puanını alması, UGT puanının künde-kâri performansını her zaman yordamadığını ortaya koymaktadır. Düzey içindeki bu çeşitlilik, uzamsal görselleştirme düzeyinin bireysel performansı açıklamakta tek başına yeterli olmadığını göstermektedir.

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmanın birinci sorusuna ilişkin en belirgin bulgu, dokuz öğrenciden altısının künde-kâriyi parçalarına ayırmadan önce yapıyı görsel olarak çözümleyerek geçme ve boşluk noktalarını belirlemiş olmasıdır. Bu davranış, uzamsal bir göreve doğrudan eyleme geçerek değil, önce bir zihinsel temsil kurarak başlamayı ifade etmektedir. Chi vd. (1981), uzmanların problem çözmeye başlamadan önce problemi temsil etmeye acemilere kıyasla belirgin biçimde daha fazla zaman ayırdıklarını, acemilerin ise yüzeysel özelliklere dayanarak hızla işleme geçtiklerini ortaya koymuştur. Flavell (1979) ise etkinlik öncesinde plan kurmayı ve süreci izlemeyi üstbilişsel düzenlemenin temel bileşenleri olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmada sökmeden önce inceleme yapan öğrencilerin birleştirmeyi de büyük ölçüde tamamlayabilmiş olması, künde-kâri etkinliğindeki başarının yalnızca zihinsel döndürme kapasitesiyle değil, süreç öncesi çözümleme alışkanlığıyla da ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Bulgu, Van Hiele (1986) kuramı bakımından da anlamlıdır: öğrenciler şekli yalnızca görsel olarak tanıma düzeyinden, bileşenlerini ve bunlar arasındaki ilişkileri inceleme düzeyine geçebilmişlerdir.

Öğrencilerin dördünün künde-kârinin bütününi artı işareti, yıldız ya da top gibi tanıdık bir şekle benzeterek zihinsel bir referans oluşturmaları, karmaşık üç boyutlu bir yapının tek bir anlamlı birim hâlinde kodlanması (öbekleme) olarak yorumlanabilir. Görsel-uzamsal çalışma belleğinin sınırlı kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda bu strateji işlevseldir (Baddeley, 2000). Kuş (2019), sanat temelli bir öğrenme ortamında öğrencilerin şekilleri tanıma, oluşturma ve parçalarına ayırma, örüntüleme ve dönüştürme süreçlerinden yararlandığını belirlemiştir; bu çalışmada gözlenen benzetme yoluyla tanıma, parçalara ayırma, gruplama ve yeniden oluşturma davranışları söz konusu süreçlerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bazı öğrencilerin dışarıdan görünmeyen iç boşlukları ve geçme yönünü kestirmesi ise uzamsal görselleştirmenin görünen uyarıcının ötesine geçen bileşenine işaret etmektedir (McGee, 1979). Ö27'nin parçaların iç boşluk genişliklerini karşılaştırarak hangi parçanın hangisinin içinden geçebileceğini belirlemesi, nesne temelli bir uzamsal dönüştürmenin somut örneğidir (Hegarty & Waller, 2004; Shepard & Metzler, 1971).

İkinci araştırma sorusu kapsamında en yaygın kullanılan strateji, altı parçalı modellerde parçaları üçlü gruplara ayırarak ara yapılar kurmak olmuştur ($f = 8$). Sweller vd. (1998), aynı anda işlenmesi gereken öge sayısının artmasının çalışma belleği üzerindeki yükü artırdığını; bu öğelerin daha üst düzey birimler hâlinde öbeklenmesinin ise öğrenmeyi kolaylaştırdığını belirtmektedir. Öğrencilerin altı parçayı iki üçlü gruba indirgemesi tam da bu türden bir yük azaltma davranışıdır ve altı parçalı modellerde taban puanların yükselmesini açıklamaktadır. Beş öğrencinin künde-kârinin dış görünümü yerine iç geometrik yapısını referans alması, öğrencilerin yüzeysel görünümün ötesine geçerek yapının geometrik mantığını kavradıklarını göstermektedir. Üç öğrencinin bitmiş formu zihninde tutarak eksik parçaların yerini kestirmesi ise uzamsal görselleştirmenin çok adımlı ve analitik doğasıyla doğrudan örtüşmektedir (Linn & Petersen, 1985; McGee, 1979).

Araştırmada gözlenen en üst düzey uzamsal muhakeme örneği, üçlü grupların birbirine geçebilmesi için bir grubun saat yönünü, diğerinin saat yönünün tersini göstermesi gerektiğini keşfeden Ö142'de

ortaya çıkmıştır. Öğrencinin bu ilişkiyi bir “algoritma” olarak adlandırması, tekil denemelerden genellenebilir bir kurala geçişi göstermektedir. Bu keşfin ardından gözlem formu puanının 5'ten 30'a yükselmesi, uzamsal performansın yalnızca deneme sayısı ile değil düşünmenin niteliğiyle ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Harput (2019) da üstün zekâlı ve normal zekâlı öğrenciler arasındaki temel farkın işe koşulan düşüncenin niteliğiyle ilgili olduğunu ortaya koymuştur. Massarwe vd. (2010) ise kültürel süslemelerin çözümlenip yeniden inşa edildiği etnomatematik etkinliklerinin öğrencilerin yaratıcı performansını artırdığını göstermiştir; bu araştırmadaki kural keşfi de böyle bir çözümleme–yeniden inşa döngüsünün ürünüdür.

Üçüncü araştırma sorusu bakımından ilk dikkat çeken bulgu, sökme ve birleştirme fazlarının güçlük bakımından belirgin biçimde ayrışmasıdır: 27 sökme denemesinin tamamı tamamlanırken, birleştirme denemelerinin yalnızca %59'u tamamlanabilmiştir. Birleştirme başarısızlıklarının en yaygın nedeni ise sökme sırasında edinilen uzamsal bilginin korunamaması olmuştur ($f = 6$). Bu bulgu kuramsal açıdan önemlidir; çünkü söz konusu güçlük bir zihinsel döndürme yetersizliğinden çok, görsel-uzamsal bilginin çalışma belleğinde tutulmasıyla ilgilidir. Baddeley (2000), görsel-uzamsal bilginin sınırlı kapasiteli bir alt sistemde tutulduğunu ve araya giren başka işlemlerin bu bilgiyi bozabileceğini belirtmektedir. Nitekim Ö116'nın parçaları hemen geri birleştirmeyip masaya bırakmasının ardından karışıklık yaşadığını belirtmesi, tam da böyle bir bozulmaya işaret etmektedir. Ceylan (2023) da sekizinci sınıf öğrencilerinin uzamsal düşünme gerektiren gerçek yaşam problemlerini anlamakta güçlük yaşamadıklarını, ancak cisimleri zihinde canlandırma aşamasında kısmen yetersiz kaldıklarını ortaya koymuştur. Bu araştırmanın bulguları, söz konusu yetersizliğin yalnızca canlandırma ile değil, canlandırılan temsilin korunmasıyla da ilgili olabileceğini göstermektedir. Bu durum öğretimsel açıdan, öğrencilerin sökme sırasında edindikleri bilgiyi dışsallaştırmaya (parçaları sökme sırasına göre dizme, gruplama, not alma, fotoğraflama) yönlendirilmelerinin işlevsel olabileceğini düşündürmektedir.

Süre verileri, künde-kârı uygulamasında hız ile başarı arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığını ortaya koymuştur. Üç parçalı modeli en kısa sürede söken üç öğrenci ile en kısa sürede birleştiren üç öğrencinin hiçbir ortak öge içermemesi bu durumun en açık göstergesidir. Bu bulgu, Chi vd.'nin (1981) temsil kurmaya ayrılan sürenin bir gecikme değil bir yatırım olduğu yönündeki saptamasıyla tutarlıdır. Bulgunun ölçme aracı açısından da bir sonucu vardır: gözlem formunda hız için öngörülen bonus puanın, süreç niteliğini değerlendiren ölçütlerden bağımsız biçimde yorumlanmaması gerekmektedir.

Gözlem formu puan ortalamalarının uygulamalar boyunca 17.11'den 20.67'ye ve 22.78'e yükselmesi, birleştirmeyi tamamlayan öğrenci sayısının artması ve model puanlarının standart sapmasının 10.31'den 6.82'ye inmesi, öğrencilerin künde-kârının çalışma mantığını uygulama içinde öğrendiklerini ve bu öğrenmeyi sonraki modellere aktardıklarını düşündürmektedir. Bu örüntü, uzamsal becerilerin eğitimle geliştirilebilir olduğunu ve kazanımların eğitimi doğrudan verilmeyen görevlere de aktarılabilirliğini ortaya koyan Uttal vd.'nin (2013) meta-analiziyle; blok inşa etkinliklerinin uzamsal görselleştirmeyi geliştirdiğini gösteren Casey vd.'nin (2008) çalışmasıyla; somut materyallerin uzamsal gelişime katkısını ortaya koyan Yıldız ve Tüzün (2011) ile Yurt (2011) çalışmalarıyla ve uzamsal eğitimin matematik becerisini artırdığını gösteren Cheng ve Mix (2014) ile Hawes vd.'nin (2017) bulgularıyla aynı yöndedir. Bununla birlikte bu araştırma nitel desende, dokuz öğrenciyle ve kontrol grubu olmaksızın yürütülmüştür; ayrıca modeller tüm öğrencilere aynı sırayla uygulanmış ve altı parçalı modellerde öğrenciler öncesinde bir gösterim izlemiştir. Ayrıca üç model güçlük bakımından önsel olarak sıralanabilir nitelikte değildir; üç parçalı model kısmi başarıya kapalı yapısıyla en düşük puanların alındığı model olmuştur. Dolayısıyla söz konusu yükseliş, artan güçlüğü karşın elde edilmiş bir kazanım ya da bir eğitim etkisi olarak değil, öğrencilerin süreç içindeki gelişimine ilişkin betimsel bir gösterge olarak yorumlanmalıdır.

Uzamsal görselleştirme düzeyine göre oluşan ayrışmanın yalnızca ilk uygulamada gözlenmesi, her düzeyde üç öğrenci bulunan bu çalışmada sınanmış bir sonuç değil, açıklanmayı bekleyen bir örüntüdür. Söz konusu örüntü iki biçimde yorumlanabilir. Birinci yorum, testin ölçtüğü becerinin göreve özgü olmayan genel bir uzamsal kapasite olması ve bu kapasitenin yalnızca öğrencinin göreve

ilişkin hiçbir deneyimi bulunmadığı ilk karşılaşmada belirleyici olmasıdır. Uygulama tekrarlandıkça göreve özgü strateji bilgisi devreye girmekte ve başlangıçtaki kapasite farkının yerini almaktadır. Bu yorum, uzamsal açıdan zenginleştirilmiş öğretimin özellikle başlangıçta düşük performans gösteren öğrencilerde etkili olduğu yönündeki sonuçlarla tutarlıdır (Sorby, 2009; Uttal vd., 2013). İkinci yorum, künde-kâri görevinin yalnızca uzamsal değil aynı zamanda motor bir bileşen içermesi ve bu ikinci bileşenin UGT tarafından ölçülmemesidir. Nitekim yüksek düzey grubunda yer alan Ö87 ve Ö116'nın sonraki uygulamalardaki gerilemesi, görüşme verilerinde açıkça motor güçlüklerle bağlanmaktadır. Kâğıt-kalem ortamında uygulanan bir uzamsal test, öğrencinin parçaları elinde tutma ve hassas biçimde yerleştirme becerisi hakkında bilgi vermemektedir. Bu durum, Carlson vd.'nin (2013) görsel-uzamsal entegrasyon ile görsel-motor koordinasyon arasında yaptıkları ayrımın ölçme düzeyindeki karşılığıdır ve el becerisine dayalı görevlerde tek bir uzamsal testin yordayıcı gücünün sınırlı kalacağını göstermektedir. Goldin-Meadow ve Beilock (2010) de eylemin düşünmeyi biçimlendirdiğini, bedensel deneyimin zihinsel temsillerle karşılıklı etkileşim içinde olduğunu vurgulamaktadır. Bununla birlikte düşük düzeydeki üç öğrencinin dokuz birleştirme denemesinden yalnızca üçünü tamamlayabilmesi ve hiçbir modeli birleştiremeyen tek öğrencinin bu grupta yer alması, UGT'nin tümüyle yordayıcılıktan yoksun olmadığını düşündürmektedir. Ancak bu görünüm dokuz öğrenciye dayandığından, ayırt ediciliğin yüksek ile orta düzey arasında değil düşük düzey ile diğer düzeyler arasında sürdüğü savı, düzey başına daha çok katılımcının yer aldığı çalışmalarla sınanmayı gerektirmektedir.

Son olarak, öğrencilerin süreç içinde simetri, yönelim, hizalama ve grup oluşturma gibi dönüşüm geometrisi kavramlarını kendiliğinden kullanmaları, künde-kârinin somutlaşmış bir geometri olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Hattap, 2019; Mülayim, 1982). D'Ambrosio (2006) okul matematiğinin kültürel bağlamlarla ilişkilendirilmesinin öğrenmeyi anlamlı kıldığını savunmakta; Lu ve Steinhardt (2007) ise İslam mimarisindeki yıldız-çokgen desenlerinin matematiksel inceliğini ortaya koymaktadır. Bu araştırmanın bulguları, söz konusu kültürel-geometrik mirasın ortaokul düzeyinde işlevsel bir öğrenme bağlamına dönüştürülebileceğini göstermekte; matematiğin sanat ve estetikle ilişkisinin fark ettirilmesini amaçlayan öğretim programıyla (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024) ve görselleştirme ile uzamsal muhakemeyi temel beceriler arasında sayan NCTM (2000) standartlarıyla örtüşmektedir. İlgili alanyazında künde-kâri ile uzamsal düşünmeyi bir araya getiren bir çalışmaya rastlanmamış olması nedeniyle, bulguların alanyazına özgün bir katkı sunduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, uzamsal görselleştirme düzeyleri farklı olan dokuz yedinci sınıf öğrencisinin üç künde-kâri modelini sökme ve yeniden oluşturma süreçlerinde kullandıkları uzamsal yetenekler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar şu biçimde özetlenebilir.

Sökme fazında öğrencilerin en sık başvurdukları uzamsal davranış, yapıyı parçalarına ayırmadan önce görsel olarak çözümleyerek geçme ve boşluk noktalarını belirlemektir. Bunu bütünü tanıdık bir şekle benzeterek kodlama, görünmeyen iç boşlukları çıkarsama, sökme sırasını zihinde tutma ve parçaları karşılaştırıp sınıflandırma davranışları izlemektedir. Birleştirme fazında ise parçaları üçlü alt gruplara ayırarak ara yapılar kurma en yaygın strateji olmuş; bunu iç geometrik yapıyı referans alma, bitmiş formu zihinde tutma ve gruplar arasındaki yönelim kuralını keşfetme izlemiştir.

İki faz, çözümlenen uzamsal içerik bakımından ortak bir çekirdeğe sahip olmakla birlikte bilişsel talepleri bakımından belirgin biçimde ayrılmaktadır. Sökme, her adımı algısal olarak desteklenen çözümleyici bir görevdir ve tüm öğrenciler tarafından tamamlanabilmektedir. Birleştirme ise sentezleyici ve bellek yüklü bir görevdir; denemelerin yalnızca %59'u tamamlanabilmiş ve başarısızlıkların en yaygın nedeni sökme sırasında edinilen uzamsal temsilin korunamaması olmuştur. Buna bağlı olarak sökme hızı ile birleştirme başarısı arasında doğrusal bir ilişki bulunmamış; sökme fazında yapıyı inceleyerek daha uzun süre harcayan öğrenciler birleştirmede büyük ölçüde başarılı olmuştur.

Gözlem formu puanları uygulamalar boyunca yükselmiş ve grup içi farklılıklar azalmıştır. Modeller aynı sırayla, farklı gösterim koşullarında ve güçlük bakımından önsel olarak sıralanamayacak bir yapıda uygulandığından bu yükseliş, artan güçlüğü karşın elde edilmiş bir kazanım olarak değil, betimsel bir gösterge olarak sunulmuştur. Uzamsal görselleştirme düzeyine göre bir ayrışma ise

yalnızca ilk karşılaşmada gözlenmiş; sonraki uygulamalarda öğrencilerin puanları düzeylere göre sıralanamamıştır. Düşük düzeydeki öğrencilerin birleştirmeyi tamamlama sayılarının üç uygulamada da geride kalması, testin ayırt ediciliğinin yüksek ile orta düzey arasında değil, düşük düzey ile diğer düzeyler arasında sürüyor olabileceğini düşündürmektedir. Her düzeyde yalnızca üç öğrenci bulunması nedeniyle bu görünüm, sınanmış bir sonuç değil, sonraki çalışmalarda sınanması gereken bir varsayım olarak değerlendirilmelidir.

Bu sonuçlar doğrultusunda şu öneriler geliştirilebilir. Öğretim uygulamaları bakımından künde-kârî modelleri, dönüşüm geometrisi, simetri, çokgenler ve üç boyutlu cisimler konularının işlenişinde uzamsal düşünmeyi işe koşan somut bir bağlam olarak kullanılabilir. Etkinlik tasarımı, öğrencinin kısmi başarı deneyimleyebileceği aşamalı görevlerin yeğlenmesi; öğrencilerin sökme sırasında edindikleri uzamsal bilgiyi dışsallaştırmaya yönlendirilmesi (parçaları sökme sırasına göre dizme, gruplama, kısa not alma) ve sökme öncesinde inceleme için ayrı bir süre tanınması önerilmektedir. Ölçme bakımından, el becerisine dayalı görevlerde öğrenci performansının yalnızca kâğıt-kalem temelli bir uzamsal testle yordanmaması; süreç odaklı gözlem araçlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Araştırma bakımından ise künde-kârî temelli etkinliklerin uzamsal beceriler üzerindeki etkisinin kontrol gruplu ve ön test-son test desenli çalışmalarla sınanması, farklı sınıf düzeylerinde ve daha büyük çalışma gruplarıyla yinelenmesi ve model sırasının dengelendiği (karşıt dengelemeli) desenlerle sıra etkisinin denetlenmesi önerilmektedir.

Sınırlılıklar

Bu araştırma birtakım sınırlılıklar taşımaktadır. Birincisi, araştırma nitel desende ve dokuz öğrenciyle yürütülmüştür; bulgular genellenebilir nitelikte değildir. İkincisi, üç künde-kârî modeli tüm öğrencilere aynı sırayla uygulanmış olduğundan model etkisi ile uygulama sırası etkisi birbirinden ayırtılamamaktadır. Üçüncüsü, üç parçalı modelde öğrenciler herhangi bir gösterim izlemeden çalışırken, altı parçalı iki modelde önce araştırmacının gösterimi gerçekleşmiştir; bu nedenle modeller arası puan karşılaştırmaları eşdeğer koşullara dayanmamaktadır. Buna ek olarak üç parçalı model, kısmi başarıya kapalı yapısıyla altı parçalı modellerden farklı bir güçlük türü taşıdığından, modellerin parça sayısına göre sıralanması bir güçlük sıralaması olarak değerlendirilemez. Dördüncüsü, her model ikişer kez uygulanmış olmakla birlikte yalnızca ilk uygulamaların görüşme verileri çözümlemeye dâhil edilmiştir. Beşincisi, her uzamsal görselleştirme düzeyinde yalnızca üç öğrenci yer aldığından düzeyler arası karşılaştırmalar ortalamalar üzerinden değil bireysel puanlar üzerinden yürütülmüş; düzey farklarına ilişkin çıkarımlar sınanmış sonuçlar değil, sonraki çalışmalara yönelik varsayımlar niteliğinde sunulmuştur. Altıncısı, veriler tek bir ilçedeki 7. sınıf öğrencilerinden ve tek bir öğretim yılında toplanmıştır. Son olarak, gözlem formunun ilk iki bölümü aynı doğruluk performansını iki farklı ayrıntı düzeyinde ölçtüğünden toplam puan içinde doğruluk boyutunun ağırlığı görece yüksektir; bu durum toplam puanların yorumlanmasında dikkate alınmalıdır.

Finansman

Bu araştırma için herhangi bir birey veya kurumdan finansman alınmamıştır.

Etik ve Çıkar Çatışması

Bu araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 21.01.2026 tarihli ve 3 sayılı kararı ile Millî Eğitim Bakanlığında alınan uygulama izni doğrultusunda yürütülmüştür. Katılımcılardan ve velilerinden gönüllü katılım ve veli onam formları alınmıştır. Bu makale, İkinci yazarın tez danışmanlığında yürütülen ve ilk yazarın Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nde yaptığı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Yazarlar araştırmanın tüm süreçlerinde etik kurallara uygun davranıldığını ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Yazar Katkı oranı

Ayten TANIR (%60): Uygulamaların yürütülmesi, verilerin analiz edilmesi ve makalenin yazılması. Cenk Keşan (%40): Araştırma probleminin belirlenmesi makalenin gözden geçirilmesi ve danışmanlık. Tüm yazarlar makalenin son hâlini okumuş ve onaylamıştır.

Veri Erişilebilirliği

Bu çalışmanın bulgularını destekleyen veriler, sorumlu yazardan talep üzerine temin edilebilir.

Sorumlu Yazar

Ayten TANIR, ayten.tnr98@gmail.com

KAYNAKÇA

- Abas, S. J., & Salman, A. S. (1995). *Symmetries of Islamic geometrical patterns*. World Scientific.
- Arıcı, S., & Aslan-Tutak, F. (2015). The effect of origami-based instruction on spatial visualization, geometry achievement, and geometric reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 179–200. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9487-8>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 47–60. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.21.1.0047>
- Boakes, N. J. (2009). Origami instruction in the middle school mathematics classroom: Its impact on spatial visualization and geometry knowledge of students. *RMLE Online*, 32(7), 1–12. <https://doi.org/10.1080/19404476.2009.11462060>
- Büyüköztürk, Ş. (2020). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (26. baskı). Pegem Akademi.
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380–400. <https://doi.org/10.1037/a0031084>
- Carlson, A. G., Rowe, E., & Curby, T. W. (2013). Disentangling fine motor skills' relations to academic achievement: The relative contributions of visual-spatial integration and visual-motor coordination. *The Journal of Genetic Psychology*, 174(5–6), 514–533. <https://doi.org/10.1080/00221325.2012.717122>
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A., & Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26(3), 269–309. <https://doi.org/10.1080/07370000802177177>
- Ceylan, Z. (2023). 8. sınıf öğrencilerinin uzamsal düşünme becerisi gerektiren gerçek yaşam problemlerini çözme durumları [8th grade students solving of real-life problems requiring spatial thinking skills] [Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi] Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi.
- Cheng, Y. L., & Mix, K. S. (2014). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2–11. <https://doi.org/10.1080/15248372.2012.725186>
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. ve Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121–152. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* içinde (s. 420–464). Macmillan.
- Creswell, J. W. (2021). *Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni* (M. Bütün ve S. B. Demir, Çev. Ed.; 6. baskı). Siyasal Kitabevi.
- Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. Holt, Rinehart and Winston.
- Çakmak, S., Işıksal, M., & Koç, Y. (2014). Investigating effect of origami-based instruction on elementary students' spatial skills and perceptions. *The Journal of Educational Research*, 107(1), 59–68. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.753861>
- D'Ambrosio, U. (2006). *Ethnomathematics: Link between traditions and modernity* (A. Keppel, Çev.). Sense Publishers.
- Dokumacı Sütçü, N. (2017). *Zekâ oyunlarının ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine ve uzamsal yetenek öz-değerlendirmelerine etkisi* [The effects of mind games on secondary school 7th grade students' spatial abilities and spatial ability self-reports] [Yayınlanmamış Doktora tezi]. Dicle Üniversitesi
- Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5. baskı). Prentice Hall.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (Gözden geçirilmiş baskı). MIT Press.

- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Goldin-Meadow, S., & Beilock, S. L. (2010). Action's influence on thought: The case of gesture. *Perspectives on Psychological Science*, 5(6), 664–674. <https://doi.org/10.1177/1745691610388764>
- Harput, D. (2019). *Üstün zekâlı ve normal zekâlı ortaokul öğrencilerinin uzamsal düşünme yeteneklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi* [Investigation of spatial thinking skills as a comparison of gifted and non-gifted students] [Yayınlanmamış Yüksek Lisans tezi]. Erciyes Üniversitesi.
- Hattap, E. S. (2019). Geometric patterns and the art of kundekari in traditional Turkish woodworking. F. Bianconi & M. Filippucci (Ed.), *Digital wood design: Innovative techniques of representation in architectural design* içinde (s. 463–478). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8_17
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., Naqvi, S., & MacKinnon, S. (2017). Enhancing children's spatial and numerical skills through a dynamic spatial approach to early geometry instruction: Effects of a 32-week intervention. *Cognition and Instruction*, 35(3), 236–264. <https://doi.org/10.1080/07370008.2017.1323902>
- Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32(2), 175–191. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2003.12.001>
- Işık, E., & Semerci, Ç. (2019). Eğitim alanı nitel araştırmalarında veri üçgenlemesi olarak odak grup görüşmesi, bireysel görüşme ve gözlem. *Turkish Journal of Educational Studies*, 6(3), 53–66.
- Kelley, T. L. (1939). The selection of upper and lower groups for the validation of test items. *Journal of Educational Psychology*, 30(1), 17–24. <https://doi.org/10.1037/h0057123>
- Kuş, M. (2019). *Playing with mathematics in the arts studio: Students' visual-spatial thinking processes in the context of a studio thinking based-environment* [Yayınlanmamış Doktora tezi]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479–1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- Lohman, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* içinde (Cilt 4, s. 181–248). Lawrence Erlbaum.
- Lu, P. J., & Steinhardt, P. J. (2007). Decagonal and quasi-crystalline tilings in medieval Islamic architecture. *Science*, 315(5815), 1106–1110. <https://doi.org/10.1126/science.1135491>
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability – How to make solid geometry solid? E. Cohors-Fresenborg, K. Reiss, G. Toener, & H.-G. Weigand (Ed.), *Selected papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics 1996* içinde (s. 63–75). Gesellschaft für Didaktik der Mathematik.
- Massarwe, K., Verner, I., & Bshouty, D. (2010). An ethnomathematics exercise in analyzing and constructing ornaments in a geometry class. *Journal of Mathematics and Culture*, 5(1), 1–20.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889–918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- Merriam, S. B. (2013). *Nitel araştırma: Desen ve uygulama için bir rehber* (S. Turan, Çev. Ed.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. baskı). SAGE.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Ortaokul matematik dersi öğretim programı (5, 6, 7 ve 8. sınıflar)* [Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli]. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Mix, K. S., & Cheng, Y. L. (2012). The relation between space and math: Developmental and educational implications. J. B. Benson (Ed.), *Advances in child development and behavior* içinde (Cilt 42, s. 197–243). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394388-0.00006-X>
- Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47(2), 175–197. <https://doi.org/10.1023/A:1014596316942>
- Mülayim, S. (1982). *Anadolu Türk mimarisinde geometrik süslemeler: Selçuklu çağı*. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*.
- Newcombe, N. S. (2010). Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking. *American Educator*, 34(2), 29–35.
- Newcombe, N. S., & Frick, A. (2010). Early education for spatial intelligence: Why, what, and how. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102–111. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2010.01089.x>

- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1), 1–10.
- Olkun, S. ve Altun, A. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişki. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(4), 86–91.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4. baskı). SAGE.
- Rafi, A., Anuar, K., Samad, A., Hayati, M., & Mahadzir, M. (2005). Improving spatial ability using a web-based virtual environment (WbVE). *Automation in Construction*, 14(6), 707–715. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.12.003>
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>
- Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459–480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
- Sowell, E. J. (1989). Effects of manipulative materials in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(5), 498–505. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Tartre, L. A. (1990). Spatial orientation skill and mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(3), 216–229. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.21.3.0216>
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. University of Chicago Press.
- Turgut, M. F. ve Baykul, Y. (2012). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (4. baskı). Pegem Akademi.
- Turğut, M. (2007). *İlköğretim II. kademedeki öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin incelenmesi* [Investigation of 6, 7 and 8 grade students' spatial ability] [Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Turğut, M. ve Yılmaz, S. (2012). *İlköğretim 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerinin incelenmesi*. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 19, 69–79.
- Türk Dil Kurumu. (t.y.). Kündekârı. Güncel Türkçe Sözlük içinde. Erişim tarihi: 18 Ağustos 2026 tarihinde <https://sozluk.gov.tr> adresinden erişildi.
- Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi. (t.y.). Alâeddin Camii. Erişim tarihi: 18 Ağustos 2026 tarihinde <https://islamansiklopedisi.org.tr/alaeddin-camii> adresinden erişildi.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. Academic Press.
- 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. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, B. ve Tüzün, H. (2011). Üç-boyutlu sanal ortam ve somut materyal kullanımının uzamsal yeteneğe etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 498–508.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6. baskı). SAGE.
- Yurt, E. (2011). *Sanal ortam ve somut nesneler kullanılarak gerçekleştirilen modellemeye dayalı etkinliklerin uzamsal düşünme ve zihinsel çevirme becerilerine etkisi* [The effects of modeling-based activities created via virtual environment and concrete manipulatives on spatial thinking and mental rotation abilities] [Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi

EXTENDED ABSTRACT

Spatial ability is the capacity to mentally represent the shapes, locations and mutual relations of objects, to retain these representations and to transform them (Lohman, 1988; McGee, 1979). Spatial visualization, which requires multi-step and analytic processing, is the component most strongly associated with complex problem situations (Linn & Petersen, 1985). Spatial ability is linked to achievement in mathematics, geometry and STEM fields (Battista, 1990; Wai et al., 2009), and meta-analytic evidence indicates that spatial skills are malleable and that gains transfer to untrained tasks (Uttal et al., 2013). Manipulatives contribute mainly through the way they are used (Carbonneau et

al., 2013), which calls for tasks in which students analyse and rebuild a structure. Kündekâri, the traditional woodworking art in which geometrically cut pieces interlock without nails or glue, offers such a context (Hattap, 2019; Mülâym, 1982), yet no study bringing it together with spatial thinking was found. Disassembling and reassembling a model involves two qualitatively different tasks: disassembly moves from whole to parts with visual and tactile feedback at every step, whereas reassembly moves from parts to whole and requires the representation formed during disassembly to be held in working memory (Baddeley, 2000). This study examined the spatial abilities employed in the two phases by seventh-grade students with differing levels of spatial visualization, the similarities and differences between the phases, and how performance varies with spatial visualization level and repeated application. A qualitative approach and a holistic multiple-case design were adopted (Merriam, 2013; Yin, 2018). The Spatial Visualization Test developed by Dokumacı Sütçü (2017) was administered to 156 seventh graders in Turgutlu, Manisa, in 2025–2026. Using Kelley's (1939) upper–lower 27% criterion, low, medium and high groups were formed, and three students holding the median score of each group were randomly selected, yielding a study group of nine. Data were collected through video-recorded observations, an observation form in rubric format scored out of 31 per model, and semi-structured interviews. Three wooden models differing in the number and arrangement of pieces were used: a three-piece model (3P), a six-piece star-shaped model (6P) and a six-piece sphere-like model (6PK). Each model was applied twice, but only the interviews following the first application were analysed. No demonstration preceded the three-piece model, whereas the researcher demonstrated the six-piece models once. Students thought aloud throughout (Ericsson & Simon, 1993). Content analysis combined deductive coding based on four skill areas with inductive coding; inter-coder agreement averaged 90.67% (Miles & Huberman, 1994). Ethics approval and official permission were obtained and participation was voluntary. In the disassembly phase six categories emerged. The most frequent behaviour was analysing the structure visually before separating it, identifying joints and gaps and forming a representation before acting ($f = 6$). Four students encoded the whole by likening it to a plus sign, a star or a ball; two inferred internal voids that were not externally visible; three held the disassembly order in memory; and three classified pieces by size and gap width, while three could not analyse the structure spatially. Timing data were revealing: the three fastest disassemblers of the three-piece model (7–8 seconds) had ignored how the pieces interlocked and two could not reassemble it at all, whereas a student who examined the model for 44 seconds reassembled it in 14 seconds. In the reassembly phase eight categories emerged. The most widespread strategy was partitioning the pieces into subgroups of three, building intermediate structures and then joining them ($f = 8$), which reduces the number of elements handled simultaneously. Five students took the internal geometry rather than the external appearance as their reference, aligning the apexes and triangular faces of the pyramid-shaped protrusions; three retained the finished form as a mental template; and two discovered that the subgroups must point in opposite rotational directions. This was the highest level of spatial reasoning observed: the student who formulated it as an algorithm rose from 5 to 30 points out of 31. The most common cause of failure was the inability to retain the information acquired during disassembly ($f = 6$), followed by unplanned trial and error ($f = 4$). Three students knew where a piece belonged but could not hold the pieces steadily enough to insert it, showing that a low reassembly score is not by itself an indicator of low spatial ability. The phases differed sharply in difficulty: all 27 disassembly attempts were completed, whereas only 16 of 27 reassembly attempts (59%) were. Both require analysis of relative positions and size–gap relations, but they differ in the conditions of that analysis: disassembly is perceptually supported, reassembly memory-loaded. Mean rubric scores rose across the three applications (17.11; 20.67; 22.78) and the spread of scores narrowed (SD 10.31 to 6.82), suggesting that students learned the working logic of kündekâri within the activity and transferred it to later models. This rise cannot be read as improvement against increasing difficulty: the models were always administered in the same order, the six-piece models were preceded by a demonstration, and the three-piece model — closed to partial success — produced the lowest scores of all three. The pattern is therefore reported descriptively. Scores separated by spatial visualization level only at first encounter, where the three low-level students (12, 9 and 3) scored below all three high-level students (29, 28 and 19); from the second application onwards the three distributions overlapped completely and scores could no longer

be ordered by level. Because each level comprised only three students, group means were not computed and this pattern is offered as a hypothesis to be tested rather than as a result. The low-level students nevertheless completed only three of their nine reassembly attempts, and the only student who reassembled none of the models belonged to that group. Success in this context therefore depends not only on rotational capacity but also on the habit of analysing before acting, consistent with expert–novice research showing that time spent representing a problem is an investment rather than a delay (Chi et al., 1981). Chunking behaviours, both likening the whole to a familiar shape and grouping pieces in threes, reduce load on visuospatial working memory (Baddeley, 2000; Sweller et al., 1998). Instructionally, students should be given time to examine the structure before disassembly and encouraged to externalise what they acquire. Because the task also carries a motor component that a paper-and-pencil test does not measure (Carlson et al., 2013), manual performance should not be predicted from such a test alone. The study is limited by its qualitative design, nine participants and the fixed order of models. Nevertheless, künde-kârî appears to be a productive middle-school learning context that engages spatial thinking and links mathematics with cultural heritage and art.